ACTUALIZACIÓN DEL
ATLAS DE RIESGOS
DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENOS GEOLÓGICO, ASTRONÓMICO,
HIDROMETEOROLÓGICO, QUÍMICO-TECNOLÓGICO,
SANITARIO-ECOLÓGICO Y SOCIO-ORGANIZATIVO

2025

Diseño de portada:
CIATEC, 2024.

C.P. Lorena del Carmen Alfaro García
Presidenta Municipal

Lic. Rodolfo Gómez Cervantes
Secretario del H. Ayuntamiento

Lic. Luis Ricardo Benavides Hernández
Secretario de Seguridad Ciudadana Municipal

T.U.M. Israel René Martínez Negrete
Coordinador Municipal de Protección Civil de Irapuato

Mtra. Teresita del Carmen Gallardo Arroyo
Directora General del Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN) de Irapuato, Gto.

DR © Instituto Municipal de Planeación de Irapuato Gto.
Blvd. Villas de Irapuato #1460 – 5, Col Ejido Irapuato
Plaza Provincia Cibeles, Irapuato, Gto. Mx.
462 625 9999 implan@implanirapuato.gob.mx www.implanirapuato.gob.mx

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación

CIATEC

Dra. Mariana Arce Osuna
Directora General

Dr. Sergio Alonso Romero
Director de Investigación y Soluciones Tecnológicas

M.C. José de Jesús Esparza Claudio
Coordinador del Grupo de Medio Ambiente y Biotecnología

Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Líder de proyecto

M.C. Norma Liliana Cruz Ortiz
Responsable Fenómenos Geológico y Astronómico
M.C. José de Jesús Torres García
Dr. Alfonso Álvarez Manilla Aceves
Colaboradores

Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Responsable Fenómeno Hidrometeorológico
M.C. José Roberto Regalado Arreola
Colaborador

Dr. David Alfonso Camarena Pozos
Responsable Fenómeno Químico-Tecnológico
Dra. Flora Itzel Beltrán Ramírez
Colaboradora

Dra. Oriana Landa Cansigno
Responsable Fenómeno Sanitario-Ambiental
Ing. Catalina Leticia De La Rosa Juárez
Dr. Domancar Orona Tamayo
Dra. Elizabeth Quintana Rodríguez
M.C. José de Jesús Esparza Claudio
Dr. José Octavio Saucedo Lucero
Ing. Miroslava Alejandra Silva Goujon
Colaboradores

Dr. Néstor Corona Morales
Responsable Fenómenos Socio-Organizativo

Ing. Luis Gerardo Ramos Frausto
Apoyo cartográfico

Ing. Brenda del Carmen Orta González
Ing. Fátima Itzel López Saldaña
Gestión administrativa

Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, CIATEC AC
Omega 201, Col. Industrial Delta
C.P. 37545, León, Gto. Mx.
477 710 0011 atencionaclientes@ciatec.mx www.ciatec.mx

A G R A D E C I M I E N T O S

Agradecemos el apoyo de las dependencias y entidades federales, estatales y municipales que a continuación se mencionan por el otorgamiento de información para el desarrollo del presente proyecto, así como su asistencia y comentarios referentes a la problemática de los fenómenos geológico y astronómico en el municipio de Irapuato, durante el desarrollo del taller participativo.

- Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipal
- Dirección General de Sustentabilidad
- Dirección General de Desarrollo Urbano
- Dirección General de Obras Públicas
- Dirección General de Desarrollo Social y Humano
- Dirección General de Salud
- Dirección General de Servicios Públicos
- Dirección General de Movilidad y Transporte
- Dirección de Comunicación Social
- Dirección de Desarrollo Rural
- Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF)
- Junta de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Irapuato (JAPAMI)
- Instituto Municipal de Vivienda (IMUVII)

PRESENTACIÓN

Las bases teóricas para la Actualización del Atlas de Riesgos del Municipio (**ARM**) de Irapuato, ya sean fenómenos naturales o antropogénicos, se derivan de lo establecido en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (**GCMEANR**), publicada en el Diario Oficial de la Federación el 8 de noviembre de 2016, así como en lo establecido en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos 2014, del Centro Nacional de Prevención de Desastres (**CENAPRED**).

El presente atlas de riesgos está conformado por seis capítulos:

I. Medio físico y social
II. Fenómenos Geológico y Astronómico
III. Fenómeno Hidrometeorológico
IV. Fenómeno Químico – Tecnológico
V. Fenómeno Sanitario – Ecológico
VI. Fenómeno Socio – Organizativo.

Derivado de la identificación de los componentes de cada fenómeno mencionado, así como la reciente inclusión del fenómeno astronómico, presentes en el territorio irapuatense, se procedió a realizar una recopilación e investigación documental primaria de datos en las principales dependencias oficiales que cuentan con información del municipio, en los tres ámbitos de gobierno: federal, estatal y municipal, así como instituciones educativas. Posteriormente los datos se procesaron de acuerdo de las guías metodológicas del CENAPRED con base a los niveles aplicables de cada caso, zonificando las áreas de incidencia de los fenómenos, las áreas de vulnerabilidad, así como el grado de riesgo predominante.

Se llevaron a cabo algunos estudios técnicos y documentales del territorio municipal para determinar las zonas de peligro para cada fenómeno. Posteriormente, con base en la identificación del peligro, se realizaron recorrido de campo con el fin de analizar la vulnerabilidad existente de los diversos sistemas expuestos, así como la pre identificación

de Zonas de Riesgo (**ZR**) para los dos fenómenos perturbadores, basados en la elaboración de un Sistema de Información Geográfica (**SIG**) con el fin de generar tanto cartografía digital como mapas impresos.

Una vez elaborada la cartografía se realizó un análisis completo de riesgos, señalando las zonas más propensas a sufrir procesos destructivos, y cuantificando población, áreas, infraestructura y equipamiento con probable afectación. Los mapas finales representan el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos desarrollados. Los mapas se presentan en un anexo aparte, en el orden asignado por la GCMEANR; en caso de no tener la presencia o existencia de algún fenómeno en la zona, éste no se desarrolló, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se realizó.

Finalmente, las propuestas de acciones y obras están enfocadas a la reducción y mitigación de riesgos con el fin de que sirvan como instrumentos normativos y preventivos en materia de gestión integral de riesgos para la óptima planeación del territorio irapuatense.

La elaboración y actualización de los Atlas de Riesgos Municipales (ARM) es una herramienta estratégica para el fortalecimiento de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres (**GIRD**) en México. El documento del CENAPRED (2016) establece lineamientos técnicos mínimos que deben seguirse para garantizar que los ARM sean instrumentos confiables, útiles y actualizados.

Fundamento metodológico del ARM

Las metodologías incluidas en la GCMEANR permiten llevar a cabo una identificación sistemática y georreferenciada de peligros y riesgos que amenazan al territorio municipal. Estas metodologías deben articular el análisis físico, social, económico y ambiental, de tal forma que reflejen las condiciones reales de vulnerabilidad y exposición del municipio frente a fenómenos perturbadores. La guía propone una estructura metodológica dividida en:

- Diagnóstico territorial básico (medio físico y socioeconómico).
- Identificación de peligros (naturales, tecnológicos y antrópicos).

- Análisis de vulnerabilidades.
- Integración de escenarios de riesgo.

Cada una de estas fases requiere el uso de herramientas técnicas como SIG, modelado de fenómenos (hidrometeorológicos, geológicos, químicos, etc.), análisis multicriterio, interpretación cartográfica, e integración de fuentes estadísticas y documentales oficiales.

Importancia de las metodologías aplicadas

El empleo de metodologías sólidas y actualizadas tiene múltiples implicaciones técnicas, operativas y normativas:

- Fiabilidad y objetividad: a través de metodologías científicas se garantiza que los análisis del ARM se basen en datos verificables, técnicas replicables y supuestos claramente definidos.
- Planeación preventiva: permiten generar insumos clave para la planeación del desarrollo urbano, uso de suelo, obras públicas y proyectos de infraestructura, evitando ubicar asentamientos o infraestructuras en zonas de alto riesgo.
- Identificación de zonas prioritarias: a través del análisis espacial se pueden reconocer las zonas con mayor concentración de peligros, exposición o vulnerabilidad, lo que permite orientar acciones de reducción de riesgo, evacuación, monitoreo o intervención estructural.
- Facilitación de la toma de decisiones: sirve como herramienta de apoyo para las autoridades municipales, estatales y federales en la gestión de emergencias, en la inversión pública y en el diseño de políticas públicas.
- Cumplimiento normativo: las metodologías estandarizadas responden a lineamientos técnicos oficiales, lo cual asegura la congruencia con el Sistema Nacional de Protección Civil (**SINAPROC**) y con la Ley General de Protección Civil (**LGPC**).

Enfoque integral y participación interinstitucional

El documento enfatiza que las metodologías deben incorporar un enfoque integral, multisectorial e interinstitucional, lo cual implica la coordinación entre dependencias municipales, estatales, federales, instituciones académicas y centros de investigación. Además, debe promoverse la actualización periódica del atlas para incorporar nuevos

datos, riesgos emergentes y transformaciones territoriales (crecimiento urbano, cambio climático, nuevas infraestructuras, etc.).

Herramientas técnicas recomendadas

Entre las herramientas metodológicas clave mencionadas en la GCMEANR se encuentran:

- Cartografía temática multiescala.
- Modelos digitales de elevación y pendientes.
- Datos censales y geoespaciales del INEGI.
- Inventarios de amenazas históricas.
- Instrumentación geotécnica y monitoreo en campo.
- Simulaciones de amenazas como inundaciones, flujos de lodo o dispersión de sustancias peligrosas.

ÍNDICE DE TOMOS

Tomo I		Página
Conceptualización del atlas	.....	**1**
Fenómenos Geológico y Astronómico	.....	**77**
Fenómeno Hidrometeorológico	.....	**337**
Tomo II		
Fenómeno Químico-Tecnológico	.....	**685**
Fenómeno Sanitario-Ecológico	.....	**989**
Fenómeno Socio-Organizativo	.....	**1353**
Tomo III		
Compendio de mapas	.....	**Anexo A**

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

CONCEPTUALIZACIÓN DEL ATLAS

2025

Responsable del capítulo:
Ing. Norma Claudia Calderón Rosas

Índice

I. Conceptualización del ARM ..... - 9 -
I.1 Introducción ..... - 10 -
I.2 Antecedentes ..... - 11 -
I.3 Declaratorias de desastre, de emergencia y de contingencia climatológica ..... - 12 -
I.4 Objetivo ..... - 14 -
I.5 Alcance ..... - 14 -
I.6 Marco teórico ..... - 15 -
II. Aspectos cartográficos ..... - 19 -
II.1 Zona de estudio ..... - 19 -
II.2 Mapa base ..... - 19 -
III. Caracterización del medio físico ..... - 23 -
IV. Caracterización sociodemográfica ..... - 37 -
IV.1 Dinámica demográfica ..... - 37 -
IV.1.1 Población en zona urbana ..... - 40 -
IV.1.2 Población en zona rural ..... - 40 -
IV.2 Distribución de la población ..... - 41 -
IV.2.1 Distribución de la población en el ámbito urbano ..... - 41 -
IV.2.2 Distribución de la población en el ámbito rural ..... - 59 -
IV.3 Proyección de la población ..... - 61 -
IV.4 Educación ..... - 63 -
IV.5 Población económicamente activa ..... - 63 -
IV.6 Discapacidad y salud ..... - 65 -
IV.7 Marginación ..... - 67 -
IV.8 Características de la vivienda ..... - 71 -
V. Bibliografía ..... - 75 -

Índice de figuras

Figura 1: Disposición media anual de acuíferos en Guanajuato. .....- 10 -

Figura 2: Identificación de cartas topográficas escala 1:50,000 para el municipio de Irapuato. - 20 -

Figura 3: Zona peatonal sobre la calle Leandro Valle en la ciudad de Irapuato.....- 37 -

Figura 4: Crecimiento de la zona urbana de Irapuato 1984 – 2024. .....- 62 -

Figura 5: Crecimiento de la zona urbana de Irapuato 1984 – 2024. .....- 65 -

Índice de gráficas

Gráfica 1: Declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológica a nivel nacional 2005-2024.....- 13 -

Gráfica 2: Declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológica por municipio 2005-2024.....- 14 -

Gráfica 3: Porcentaje de población en zona urbana y rural.....- 38 -

Gráfica 4: Pirámide poblacional en el ámbito urbano y rural. .....- 38 -

Gráfica 5: Porcentaje de población por género por polígono urbano. .....- 40 -

Gráfica 6: Pirámide poblacional por género en el ámbito rural. .....- 41 -

Gráfica 7: Población total por polígono urbano.....- 42 -

Gráfica 8: Proyección de la población del municipio de Irapuato 1990 – 2040.....- 61 -

Gráfica 9: Nivel de escolaridad de la población de 15 años y más.....- 63 -

Gráfica 10: Asistencia escolar por grupo de edad. .....- 63 -

Gráfica 11: Porcentaje de PEA por ámbito y por género.....- 65 -

Gráfica 12: Porcentajes con respecto a la población total (ámbito urbano) por tipo de discapacidad.....- 66 -

Gráfica 13: Porcentaje de población urbana con o sin afiliación a servicios de salud.....- 67 -

Gráfica 14: Porcentaje de población urbana afiliada por institución.....- 67 -

Gráfica 15: Porcentaje de viviendas sin acceso a servicios básicos. .....- 72 -

Gráfica 16: Porcentaje de disponibilidad de bienes en la vivienda por ámbito. .....- 72 -
Gráfica 17: Porcentaje de disponibilidad de TIC en la vivienda por ámbito. .....- 73 -

Índice de mapas

Mapa 1: Mapas base del municipio de Irapuato. .....- 21 -
Mapa 2: Límites geográficos de la zona de estudio. .....- 28 -
Mapa 3: Fisiografía del municipio de Irapuato. .....- 29 -
Mapa 4: Climatología del municipio de Irapuato. .....- 30 -
Mapa 5: Geología del municipio de Irapuato. .....- 31 -
Mapa 6: Edafología del municipio de Irapuato. .....- 32 -
Mapa 7: Hidrografía del municipio de Irapuato. .....- 33 -
Mapa 8: Hidrología del municipio de Irapuato. .....- 34 -
Mapa 9: Uso de suelo y vegetación del municipio de Irapuato. .....- 35 -
Mapa 10: ANP Cerro de Arandas y corredores biológicos. .....- 36 -
Mapa 11: Delimitación de zonas urbanas y rurales.....- 39 -
Mapa 12: Distribución de la población a nivel manzana en el ámbito urbano del municipio de Irapuato.....- 43 -
Mapa 13: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Irapuato.... - 44 -
Mapa 14: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Roque.- 45 -
Mapa 15: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de La Calera. - 46 -
Mapa 16: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Cristóbal. .....- 47 -
Mapa 17: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Lo de Juárez. .....- 48 -
Mapa 18: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Aldama.- 49 -

Mapa 19: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Cuchicuato. ..... - 50 -
Mapa 20: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de El Carrizal Grande. ..... - 51 -
Mapa 21: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Valencianita. ..... - 52 -
Mapa 22: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Tomelopitos. ..... - 53 -
Mapa 23: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Cuarta Brigada. ..... - 54 -
Mapa 24: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de El Carrizalito. ..... - 55 -
Mapa 25: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Santa Elena de la Cruz. ..... - 56 -
Mapa 26: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Antonio el Rico. ..... - 57 -
Mapa 27: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de La Caja.- 58 -
Mapa 28: Distribución de la población en el ámbito rural del municipio de Irapuato. ..- 60 -
Mapa 29: Índice de marginación del municipio de Irapuato. ..... - 70 -

Índice de tablas

Tabla 1: Temporalidad de fenómenos en el territorio nacional. ..... - 11 -
Tabla 2: Nivel de análisis por componente geológico y astronómico. ..... - 14 -
Tabla 3: Cronología del marco legal en materia de protección civil ..... - 16 -
Tabla 4: Coordenadas UTM límite del municipio de Irapuato. ..... - 19 -
Tabla 5: Elementos geográficos incluidos en el mapa base del ARM Irapuato. ..... - 19 -
Tabla 5: Caracterización del medio físico del municipio de Irapuato. ..... - 24 -
Tabla 6: Localidades bajo el ámbito rural con más de 1,000 habitantes. ..... - 59 -
Tabla 7: Población económicamente activa total y por género. ..... - 64 -

Tabla 8: Número de AGEB urbanas por grado de rezago social. .....- 68 -

I. CONCEPTUALIZACIÓN DEL ARM

El presente ARM está dirigido a autoridades y dependencias del municipio de Irapuato relacionadas, directa o indirectamente, con la gestión de riesgos, como son:

- Protección Civil de Irapuato.
- IMPLAN Irapuato.
- Secretaría de Seguridad Ciudadana Municipal.
- Dirección General de Desarrollo Urbano.
- Dirección General de Sustentabilidad.
- Dirección General de Obras Públicas.
- Dirección General de Salud.
- Dirección General de Educación.
- Dirección General de Servicios Públicos.
- Dirección General de Movilidad y Transporte.
- Dirección General de Desarrollo Rural.
- DIF Irapuato.
- Junta de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Irapuato, JAPAMI.
- Instituto Municipal de Vivienda, IMUVII.

Con la presente actualización del ARM se prevé generar información que apoye a la valoración del riesgo tanto de manera preventiva y de desarrollo para:

- Establecer estrategias de prevención ante una emergencia derivada de la ocurrencia de un fenómeno de origen geológico o astronómico.
- Evaluar las posibles pérdidas humanas y/o materiales por nivel de peligro.
- Generar información para una óptima toma de decisiones respecto a los planes de desarrollo urbano.
- Contribuir con información para la orientación y concientización de la población ante los peligros presentes en el municipio.

I.1 Introducción

Los diversos relieves topográficos presentes en el territorio mexicano han dado la pauta histórica para la creación de espacios naturales, que hasta cierto punto se consideraron aptos para el establecimiento de centros urbanos. No obstante, el crecimiento demográfico a nivel nacional, desde mediados del siglo XX hasta nuestros días, ha generado importantes modificaciones a estos espacios naturales, permitiendo el incremento de desastres naturales y el aumento de zonas riesgo. Actualmente, algunas zonas de riesgo han sido identificadas, en la gran mayoría aún se desconoce el potencial de peligro, poniendo en riesgo a la población presente. El estado de Guanajuato, ubicado en la parte central de México, se tienen identificadas zonas de riesgos afectadas en su gran mayoría por fenómenos naturales, mismos que desencadenan caídas de roca, derrumbe y deslizamientos, entre otros.

Por lo general, uno de los principales factores a considerar en el desarrollo urbano de cualquier centro poblacional es la cercanía a los recursos para su subsistencia. En el pasado, el establecimiento de la zona urbana de Irapuato fue óptimo, desde el punto de vista urbano, por haberse ubicado sobre una planicie fácilmente accesible, pero que desafortunadamente, debido a su marco geológico e hidrológico, la llanura elegida presentaba la problemática de inundaciones. Por otro lado, dada la vocación agrícola del municipio, se han presentado problemas históricos de abatimiento del acuífero Irapuato-Valle, generando problemas de origen geológico, (CONAGUA, 2023).

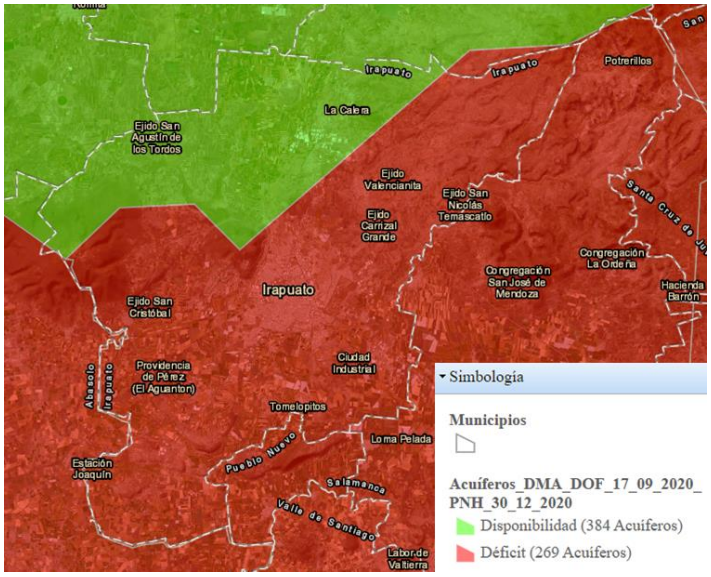


Figura 1: Disposición media anual de acuíferos en Guanajuato.

Fuente: (CONAGUA, 2023).

I.2 Antecedentes

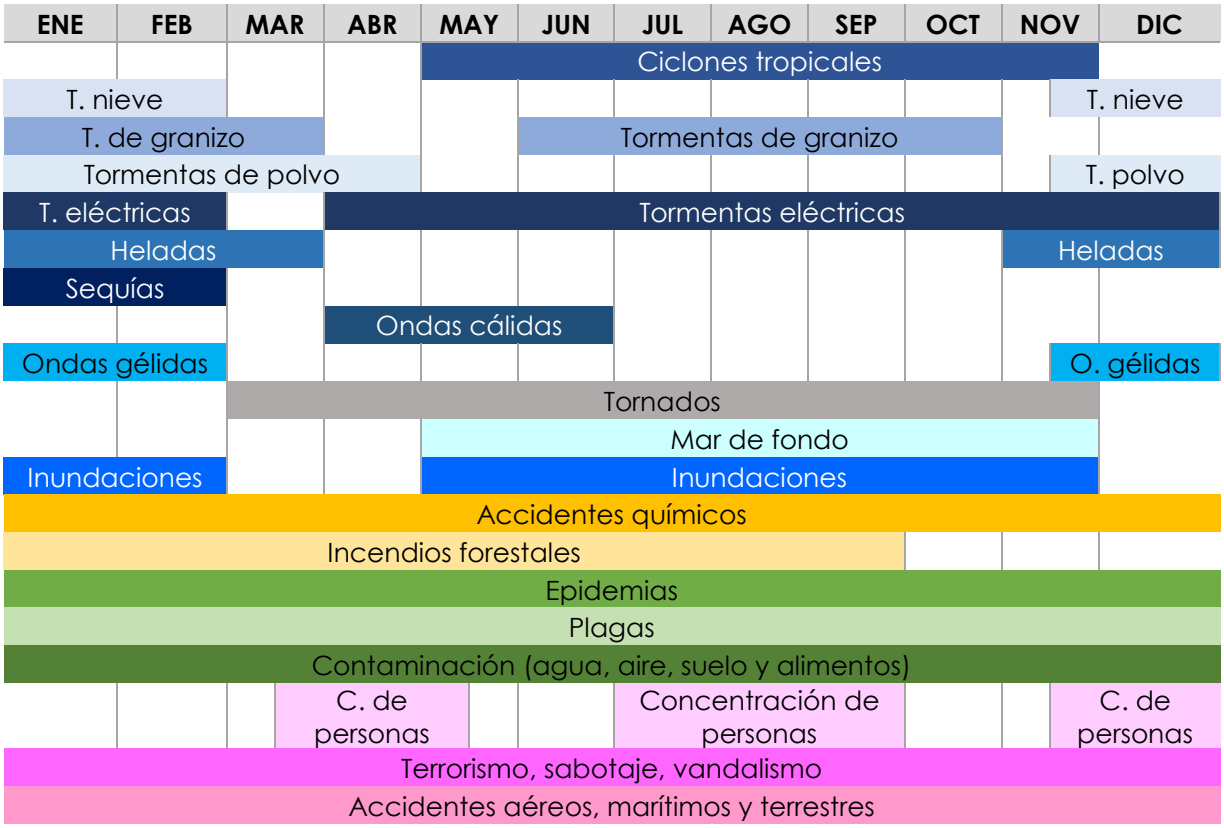
Durante el año de 2013, CIATEC, A.C. desarrolló el Atlas de Riesgos Municipal para la ciudad de Irapuato, Gto. En dicho estudio se detectaron los peligros y riesgos para los cinco fenómenos relevantes del municipio, tomando en consideración las metodologías incluidas en el documento titulado "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011", además de atender las recomendaciones de CENAPRED para su publicación.

Durante el presente año, IMPLAN Irapuato solicitó a la Dirección de Investigación y Soluciones Tecnológicas del CIATEC la propuesta de actualización del fenómeno geológico, así como el análisis y desarrollo del fenómeno astronómico (a realizarse por primera vez en el municipio de Irapuato), con base en la GCMEANR (DOF, 2016), y continuar con el estudio de los riesgos presentes, para que sea posible identificar las eventualidades que puedan generar riesgo, así como desarrollar la planeación y ejecución mediante acciones de prevención, encaminadas a reducir y/o eliminar futuros daños.

Finalmente, cabe hacer mención que no todos los fenómenos geológicos son predecibles, lo que implica mantener una vigilancia y monitoreo permanente de todos ellos, ya que existe la posibilidad de que ocurran eventos concatenados, es decir, que uno desencadene a otro, por ejemplo: la ocurrencia de fuertes precipitaciones en una zona montañosa que dé lugar a un deslizamiento de tierra, o la continua extracción de agua en los acuíferos sin un tiempo de recuperación que dé lugar a eventos de subsidencia. Bajo dicho contexto, en la T se presenta la temporalidad de ocurrencia de los fenómenos naturales y antropogénicos en México.

Tabla 1: Temporalidad de fenómenos en el territorio nacional.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Hundimientos regionales											
Agrietamiento del terreno											
				Deslizamiento de laderas							
Licuación de suelos											
Sismos											
Tsunamis											
Vulcanismo											
Karst											
Clima espacial											



Fuente: CENAPRED, 2024.

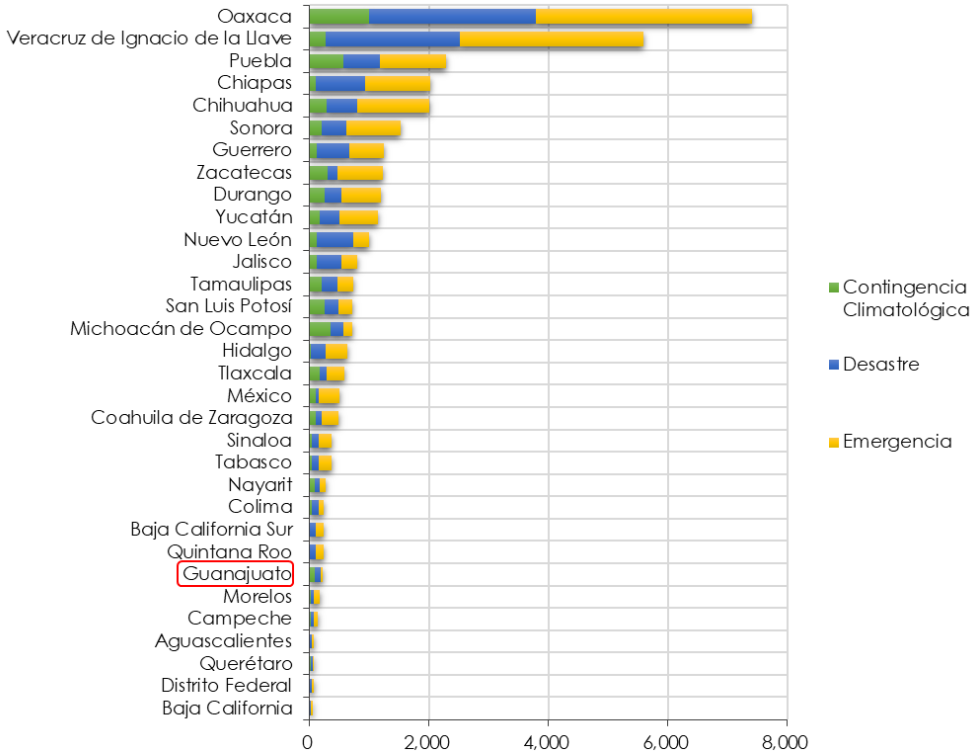
I.3 Declaratorias de desastre, de emergencia y de contingencia climatológica

Las declaratorias de desastre, de emergencia y de contingencia climatológica son documentos mediante los cuales la Secretaría de Gobernación (SG), para las dos primeras, o la SAGARPA, en el caso de la tercera, declaran formalmente y mediante publicación en el Diario Oficial de la Federación (DOF), en zona de desastre natural, de emergencia o contingencia climatológica a determinados municipios, así como a los órganos político-administrativos en las demarcaciones territoriales, para que se pueda tener acceso a los recursos de los fondos de atención respectivos. Las declaratorias son emitidas a solicitud de las entidades federativas, a través de sus gobernadores o jefe de gobierno, o las dependencias federales a solicitud de sus titulares.

Cada declaratoria responde a aspectos diferentes ante un evento perturbador: la **declaratoria de emergencia** está dirigida a la atención de la vida y la salud de la población, la **declaratoria de desastre** tiene por objeto proporcionar recursos para la reconstrucción de los daños sufridos en las viviendas y la infraestructura pública; en tanto

que el objetivo específico de la **declaratoria de contingencia climatológica** (o de desastre natural en el sector agropecuario) es apoyar a productores agropecuarios, pesqueros y acuícolas, de bajos ingresos, para reincorporarlos a sus actividades en el menor tiempo posible ante la ocurrencia de contingencias climatológicas atípicas, relevantes, no recurrentes e impredecibles.

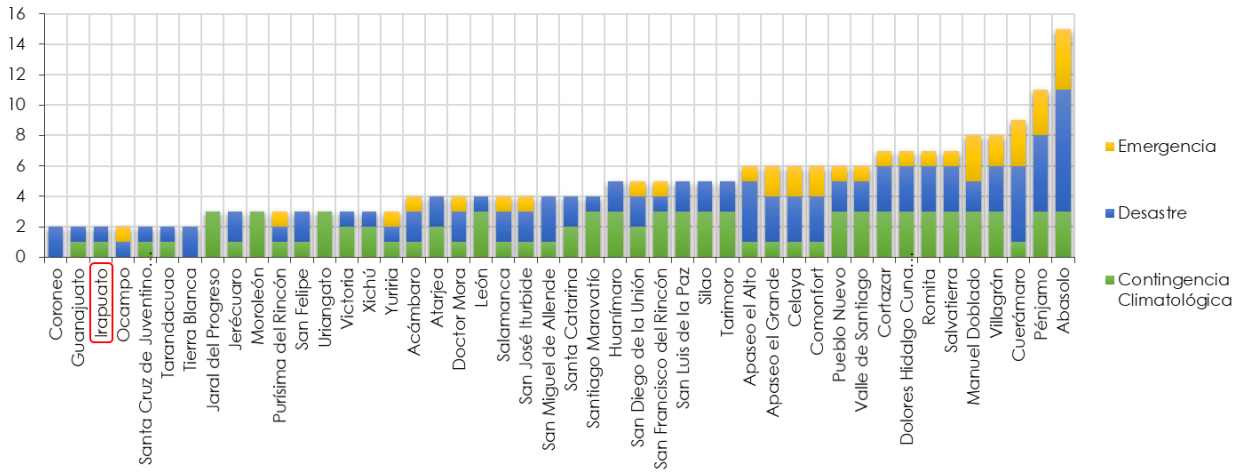
En la Gráfica 1, se presentan las declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológicas ocurridas en el territorio nacional dentro del periodo 2005 al primer trimestre del 2024; como se puede observar, el estado de Guanajuato se posiciona en los últimos lugares con un total de 222 declaratorias, de las cuales 88 corresponden a declaratorias de contingencia climatológica, 97 a declaratorias de desastre y 37 a declaratorias de emergencia.



Gráfica 1: Declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológica a nivel nacional 2005-2024
Fuente: (CENAPRED, Declaratorias, 2024).

Para el caso de municipio de Irapuato, en la Gráfica 2 se puede observar que solo se tienen reportadas 2 declaratorias:

1) Declaratoria de desastre hidrometeorológico, en específico por sequía, publicada en el DOF el 23 de marzo de 2012.
2) Declaratoria de contingencia climatológica por fenómeno hidrometeorológico, en específico por heladas, publicada en el DOF el 9 de abril del 2013.



Gráfica 2: Declaratorias de desastre, emergencia y contingencia climatológica por municipio 2005-2024.
Fuente: (CENAPRED, Declaratorias, 2024).

I.4 Objetivo

Actualizar el ARM de Irapuato en sus fenómenos Geológico y Astronómico, de acuerdo a la GCMEANR, y sus respectivos anexos, para constituirlo como una base de información confiable y oportuna que permita fortalecer los programas municipales en materia de riesgos sobre los cuales las autoridades tomen decisiones referentes a la implementación de medidas de prevención, mitigación y atención de desastres.

I.5 Alcance

El alcance de la presente propuesta corresponde a la zona de estudio comprendida dentro del marco geoestadístico del municipio de Irapuato, para los componentes de los fenómenos geológico y astronómico que a continuación se enlistan:

Tabla 2: Nivel de análisis por componente geológico y astronómico.

Fenómeno	Componente	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
Geológico	Inestabilidad de laderas	✓	✓	✓
	Licuación de suelos	✓	✓	✓

Fenómeno	Componente	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
	Karstificación	✓	✓	✓
	Sismicidad	✓	✓	✓
	Vulcanismo	✓	✓	✓
	Hundimientos (subsidencia) y agrietamientos del terreno	✓	✓	✓*
Astronómico	Colisiones con material asteroidal o cometario	✓	✓	
	Tormentas solares	✓		
Hidrometeorológico	Inundaciones fluviales	✓	✓	✓
	Tormentas eléctricas	✓	✓	✓
	Tormentas de granizo	✓	✓	✓
	Sequías	✓	✓	✓
	Ondas cálidas	✓	✓	✓
	Heladas	✓	✓	✓
	Tormentas tropicales	✓	✓	✓
Químico-Tecnológico	Almacenamiento de sustancias peligrosas	✓	✓	✓
	Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	✓	✓	✓
	Transporte por ductos de sustancias peligrosas	✓	✓	✓
	Incendios forestales	✓	✓	✓
Sanitario-Ecológico	Contaminación del agua	✓	✓	
	Contaminación del aire	✓	✓	
	Contaminación del suelo	✓	✓	
	Epidemias	✓	✓	
	Plagas	✓	✓	✓
Socio-Organizativo	Terrorismo	✓	✓	✓
	Concentración masiva de personas	✓	✓	✓
	Accidentes terrestres	✓	✓	✓
	Interrupción de servicios básicos e infraestructura estratégica	✓	✓	✓

✓*: Estimación de daños

Fuente: elaboración propia.

I.6 Marco teórico

Los ARM constituyen uno de los instrumentos que el gobierno federal ha beneficiado en los últimos años dada la problemática por el cambio climático a nivel mundial, con la

finalidad de prevenir pérdidas humanas y apoyar el ordenamiento de los asentamientos humanos. Su elaboración conlleva la actualización de metodologías derivado de a) los cambios geomorfológicos propios del planeta, y b) la ocurrencia de conatos tecnológicos, sanitarios y sociales que afectan a la población.

En México, la entidad municipal es el principal nivel de atención a la regulación territorial y en el que se concretan las políticas de ordenamiento territorial, dadas sus atribuciones de zonificación del uso de suelo y jurisdicción sobre el otorgamiento de servicios públicos básicos e infraestructura. En ese sentido, el municipio es también el otorgante primario de los servicios de protección civil y, por lo tanto, el primer responsable en términos de estructura gubernamental de prevenir, gestionar y mitigar los riesgos ante los peligros naturales y antropogénicos. Sin embargo, las tareas asociadas a la protección civil municipal se dan en el marco de un entramado legal, institucional y financiero un tanto disgregado, que en muchas ocasiones sobrepasa las capacidades de respuesta de los gobiernos locales.

Ante esta situación, organismos del gobierno federal, como el CENAPRED, la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL) y la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) desde 1988 han generado instrumentos legales para promover esfuerzos en la atención de las diferentes facetas de la gestión de riesgos.

Tabla 3: Cronología del marco legal en materia de protección civil.

Año	Secretaría de Gobernación	CENAPRED	SEDESOL/SEDATU	Marco legal
1988				Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente
1990	Programa Nacional de Protección Civil 1990-1994			
1991	Atlas Nacional de Riesgos			
1993				Ley General de Asentamientos Humanos
1994	Sistema municipal de protección civil. Guía para su implementación		Guía práctica para la identificación de áreas de riesgo y vulnerabilidad en centros urbanos a través de la	

Año	Secretaría de Gobernación	CENAPRED	SEDESOL/SEDATU	Marco legal
			regulación del uso del suelo.	
1998	Guía cartográfica para el levantamiento de riesgos a nivel municipal Guía técnica para la implementación del plan municipal de contingencias Manual de organización y operación del Sistema Nacional de Protección Civil			
2000				Ley General de Protección Civil
2001		Diagnóstico de peligros e identificación de riesgos de desastres en México: Atlas Nacional de Riesgos de la República Mexicana.	Programa Nacional de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio 2001-2006	
2002	Programa Nacional de Protección Civil 2001-2006			
2004		Guías básicas para elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos	Guía metodológica para la elaboración de Atlas de peligros naturales a nivel ciudad (identificación y zonificación)	
2008	Programa Nacional de Protección Civil 2008-2012			
2009			Programa Nacional de Desarrollo Urbano 2009-2012	
2010	Programa Municipio Seguro resistente a desastres		Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos Guía metodológica	

Año	Secretaría de Gobernación	CENAPRED	SEDESOL/SEDATU	Marco legal
			para elaborar Programas Municipales de Ordenamiento Territorial	
2011			Bases para la Estandarización en la Elaboración y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011	
2012			Guía municipal de acciones frente al cambio climático. Con énfasis en desarrollo urbano y ordenamiento territorial	Ley General de Protección Civil Ley General de Cambio Climático
2014				Reglamento de la Ley General de Protección Civil
2016		Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos		

Fuente: CENAPRED 2024.

II. ASPECTOS CARTOGRÁFICOS

II.1 Zona de estudio

La zona de estudio corresponde a los límites geoestadísticos del municipio de Irapuato, el cual se ubica entre las coordenadas de la Tabla 4.

Tabla 4: Coordenadas UTM límite del municipio de Irapuato.

	N 2,306,971.3994	
W 235,327.3179		277,179.4176 **E**
	2,268,842.7940 **S**	

Fuente: elaboración propia.

II.2 Mapa base

El mapa base es un elemento fundamental definido por las características geográficas de la zona de estudio; está compuesto por capas vectoriales (puntos, líneas y/o polígonos), las cuales representan los siguientes aspectos:

Tabla 5: Elementos geográficos incluidos en el mapa base del ARM Irapuato.

Tema	Contenido	Fuente de información
Geográficos	Coordenadas límite extremas (Este, Norte), colindancias estatales y/o municipales, límite urbano y rural,	Cartas topográficas 1:50,000 (claves F14C52, F14C53,

Tema	Contenido	Fuente de información
	localidades, climas, aspectos fisiográficos, uso de suelo y vegetación, hidrografía, hidrología, geología, entre otros.	F14C62, F14C63 y F14C72) de INEGI, (ver Figura 2).
Socio-estadístico	Población y vivienda, proyecciones demográficas, marginación, pobreza, salud, educación, vivienda, entre otros.	Censo de Población y Vivienda 2020, de INEGI. Índice de marginación del Consejo Nacional de Población (CONAPO).
Económico	Unidades económicas, agricultura y zonas industriales.	Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE). Información específica municipal.
Infraestructura	Vías de comunicación (carreteras, caminos, vía férrea), aeropuertos, ductos, líneas de transmisión, subestaciones eléctricas, pozos, servicios básicos, servicios educativos, servicios hospitalarios.	Cartas topográficas 1:50,000, (INEGI). Red Nacional de Caminos, (INEGI). Información específica municipal.

Fuente: elaboración propia.

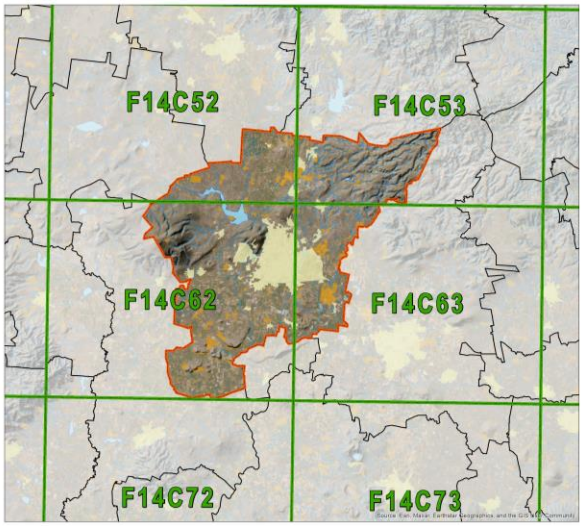
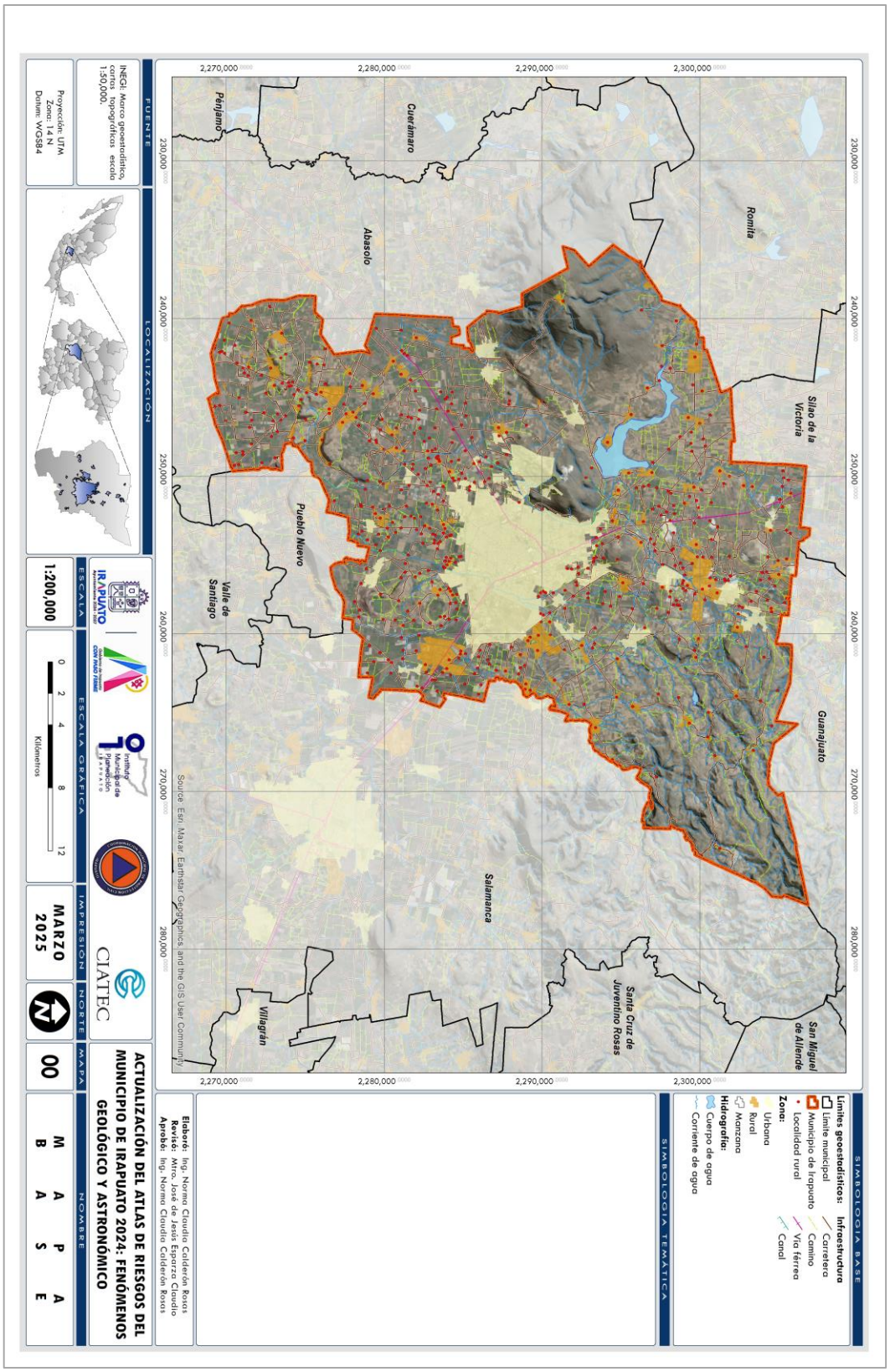


Figura 2: Identificación de cartas topográficas escala 1:50,000 para el municipio de Irapuato.

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el mapa base el cual que servirá para representar los resultados del análisis de los fenómenos geológico y astronómico. Cabe hacen mención que la totalidad de los mapas pueden ser consultados en el Anexo A, tanto del documento impreso como digital.



Mapa 1: Mapas base del municipio de Irapuato.

III. CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO FÍSICO

Los criterios de selección de lugares aptos para asentamiento humanos han ido cambiando a lo largo de la historia; desde las primeras sociedades primitivas, las cuales mantuvieron una dependencia directa con el entorno natural para su subsistencia, hasta nuestra actualidad, donde los avances tecnológicos permiten que el asentamiento y la estructuración de la ciudad moderna se rijan por directrices políticas, demandas sociales, entramado de comunicaciones, necesidades funcionales, entre otras.

La descripción del medio físico es un elemento básico a considerar dentro del análisis de riesgos, no sólo por constituir el marco donde el crecimiento urbano se plantea, sino también para conseguir una mejor eficacia en su gestión. La Tabla 6, muestra un resumen de las principales características del medio físico natural del territorio irapuatense.

Tabla 6: Caracterización del medio físico del municipio de Irapuato.

Tema	Subtema	Descripción	Fuente
Ubicación geográfica (ver Mapa 2)	Coordenadas	Coordenadas UTM: En X, entre 235,327.32 m y 277,179.42 m En Y, entre 2,306,971.40 m y 2,268,842.79 m. Altitud media 1,730 m.s.n.m.	Marco Geoestadístico. Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, Marco Geoestadístico, 2020)
	Colindancias	Norte: con los municipios de Romita, Silao de la Victoria y Guanajuato. Este: con el municipio de Salamanca. Sur: con los municipios de Pueblo Nuevo y Abasolo. Oeste: con el municipio de Abasolo	
	Superficie	851.6552 km^2, lo que corresponde al 2.81% de la superficie estatal.	
	Localidades	549 localidades rurales	
Fisiografía (ver Mapa 3)	Provincia	Eje Neovolcánico 98.78% Mesa del Centro 1.22%	Conjunto de datos vectoriales Fisiográficos. Continuo Nacional serie I, escala: 1:1'000,000, Edición 2001 Provincias fisiográficas, Subprovincias, fisiográficas y Topoformas
	Subprovincia	Bajío Guanajuatense 98.78% Sierras y Llanuras del Norte de Guanajuato 1.22%	
	Sistema de topoformas	Llanura aluvial 66.28% Meseta basáltica con lomerío 16.25% Lomerío de aluvión antiguo con mesetas 4.28% Sierra alta escarpada 1.22% Sierra volcánica de laderas tendidas 6.45% Lomerío de basalto 4.99%	
Clima (ver Mapa 4)	Temperatura media anual	De 18°C a 20°C	INEGI, Conjunto de datos vectoriales escala 1:250,000 Unidades climáticas, Temperatura media anual, Precipitación media anual
	Precipitación media anual	700 mm a 800 mm	
	Clima	(A)C(w0)(w): Templado subhúmedo 95.01% C(w1)(w): Templado subhúmedo 2.30% C(w0)(w): Templado subhúmedo 2.70%	
Geología (ver Mapa 5)	Roca	Ígnea: Andesita 0.54%, Basalto 15.67%, Brecha volcánica 2.06%, Ígnea extrusiva acida 14.02%, Toba 1.18%. Sedimentaria: Arenisca 3.28%, Arenisca-Conglomerado 6.38%, Caliza 0.81%, Caliza-Lutita 1.01%.	SMAOT, Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato

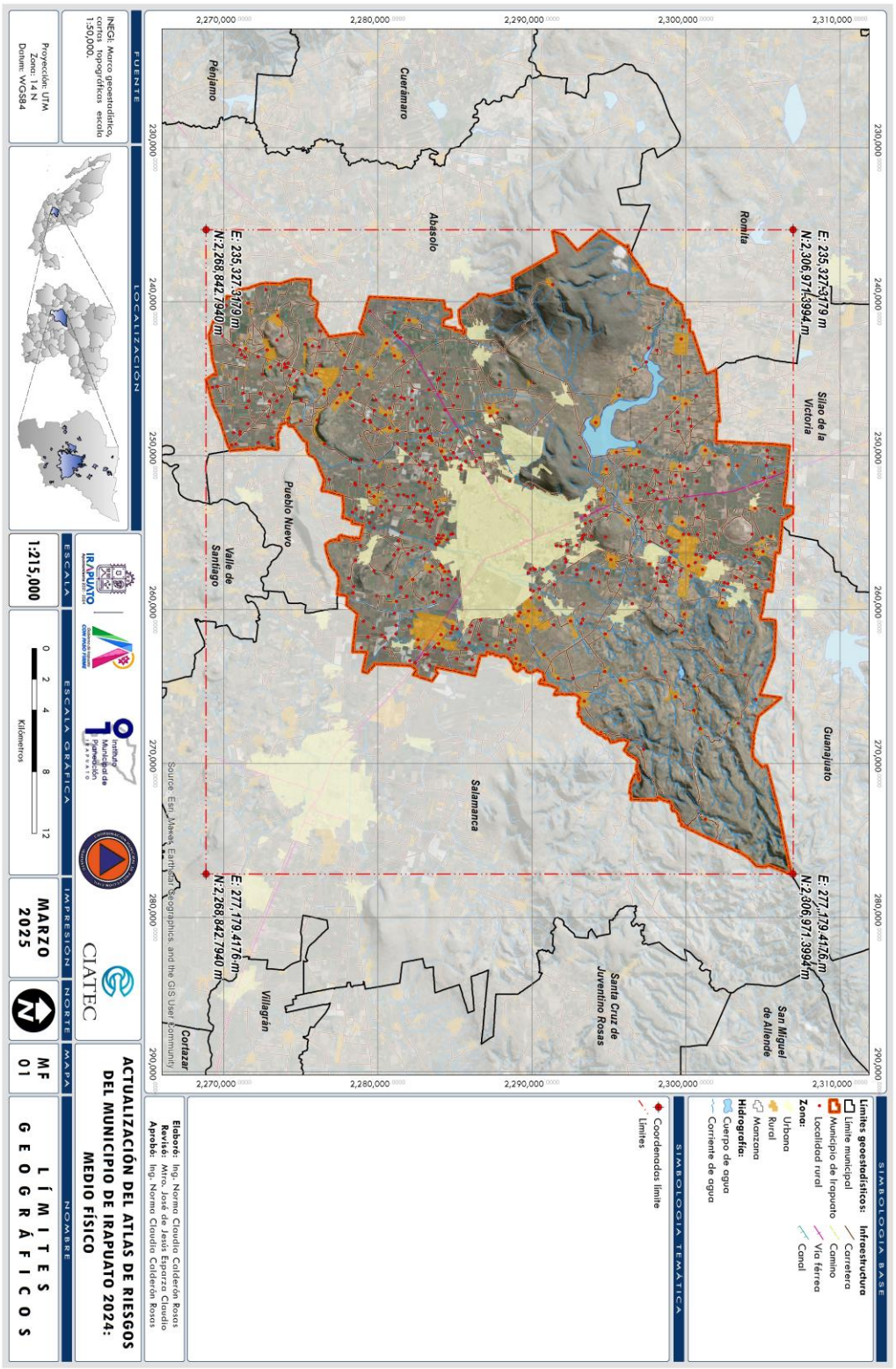
Tema	Subtema	Descripción	Fuente
		Suelo: Aluvial 54.39%, Residual 0.66%.	
Edafología (ver Mapa 6)	Suelo principal	Vertisol (VR) 68.59% Phaeozem (PH) 18.92% Cambisol (CM) 3.89% Chernozem (CH) 3.01% Regosol 0.33%	INEGI, Conjunto de Datos Vectorial Edafológico. Escala 1:250 000 Serie II Continuo Nacional Guanajuato, Querétaro
Hidrografía (ver Mapa 7)	Región hidrológica	RH12 Lerma-Santiago 100.00%	INEGI, Red hidrográfica edición 2.0. Cuenca R. Lerma - Salamanca. Región H. Lerma – Santiago
	Cuenca	RH12B R. Lerma-Salamanca 100.00%,	
	Subcuenca	R. Salamanca - R. Ángulo (RH12Bb) 0.09% A. Temascatío (RH12Bc) 14.94% R. Guanajuato (RH12Bd) 71.99% R. Turbio – Corralejo (RH12Bg) 12.99%	
	Corrientes de agua	R. Turbio, R. Laja, R. Temascatío, R. Guanajuato	
	Cuerpos de agua	P. del Conejo, P. San José, Bordo El Porvenir, Bordo Guadalupe	
Hidrología (ver Mapa 8)	Acuífero	Irapuato – Valle 72.40% Pénjamo – Abasolo 0.30% Silao – Romita 27.31%	SMAOT, Subsistema de Información Geográfica y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato
Uso de suelo y vegetación (ver Mapa 9)	Uso de suelo	Agricultura de riego 43.64% Agricultura de temporal 16.65% Asentamiento humano 3.88% Cuerpo de agua 0.49% Frutales 0.10% Industria 1.23% Infraestructura mixta 1.63% Invernaderos 0.93% Sitio de disposición final de residuos sólidos 0.04% Sitio de extracción 0.02% Sitio de extracción de materiales pétreos 0.52% Terracería 0.30% Vialidad pavimentada 0.56% Zona inundable 0.00% Zona sin vegetación 0.00% Zona sin vegetación aparente 0.07% Zona urbana 6.71%	SMAOT, Subsistema de Información Geográfica y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato

Tema	Subtema	Descripción	Fuente
	Vegetación	Bosque de encino 0.27% Bosque de encino perturbado 0.19% Bosque mixto de pino-encino perturbado 1.09% Matorral crasicaule 0.04% Matorral crasicaule perturbado 0.83% Matorral subtropical 1.15% Matorral xerófilo 2.56% Matorral xerófilo perturbado 5.44% Pastizal inducido 2.68% Pastizal natural 5.41% Selva baja caducifolia 0.18% Selva baja caducifolia perturbada 0.30% Vegetación riparia 0.39% Vegetación secundaria arbustiva herbácea 2.69%	
Áreas naturales protegidas y zonas de recarga (ver Mapa 10)	Estatal	ANP Cerro de Arandas 48.162612 km^2 Categoría 1 Área de Uso Sustentable: constituye un sitio de recarga importante para el acuífero Silao-Romita, un refugio importante para aves residentes y migratorias, es una zona de percheo importante para la Mariposa Monarca en su tránsito por el Estado de Guanajuato, tiene la presencia de monumentos naturales de relevancia histórica como el Cerro del Piloncilllo y parte del Cerro de Arandas, donde se han encontrado vestigios arqueológicos. Alberga 205 especies de fauna con 50 especies en alguna categoría de riesgo y/o endémicas y 245 especies de flora, con 3 especies en categoría de riesgo en la NOM-059-SEMARNAT-2010.	SMAOT, Subsistema de Información Geográfica y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato
	Municipal	ANP Los Encinos, declarada como zona de conservación ecológica, es un ecosistema diverso con bosques de encino, selva baja caducifolia, pastizal y agricultura de temporal. Alberga una importante diversidad de flora y fauna, incluyendo 17 familias y 35 especies de plantas (11 endémicas) y más de 50 especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos.	Dirección General de Sustentabilidad de Irapuato

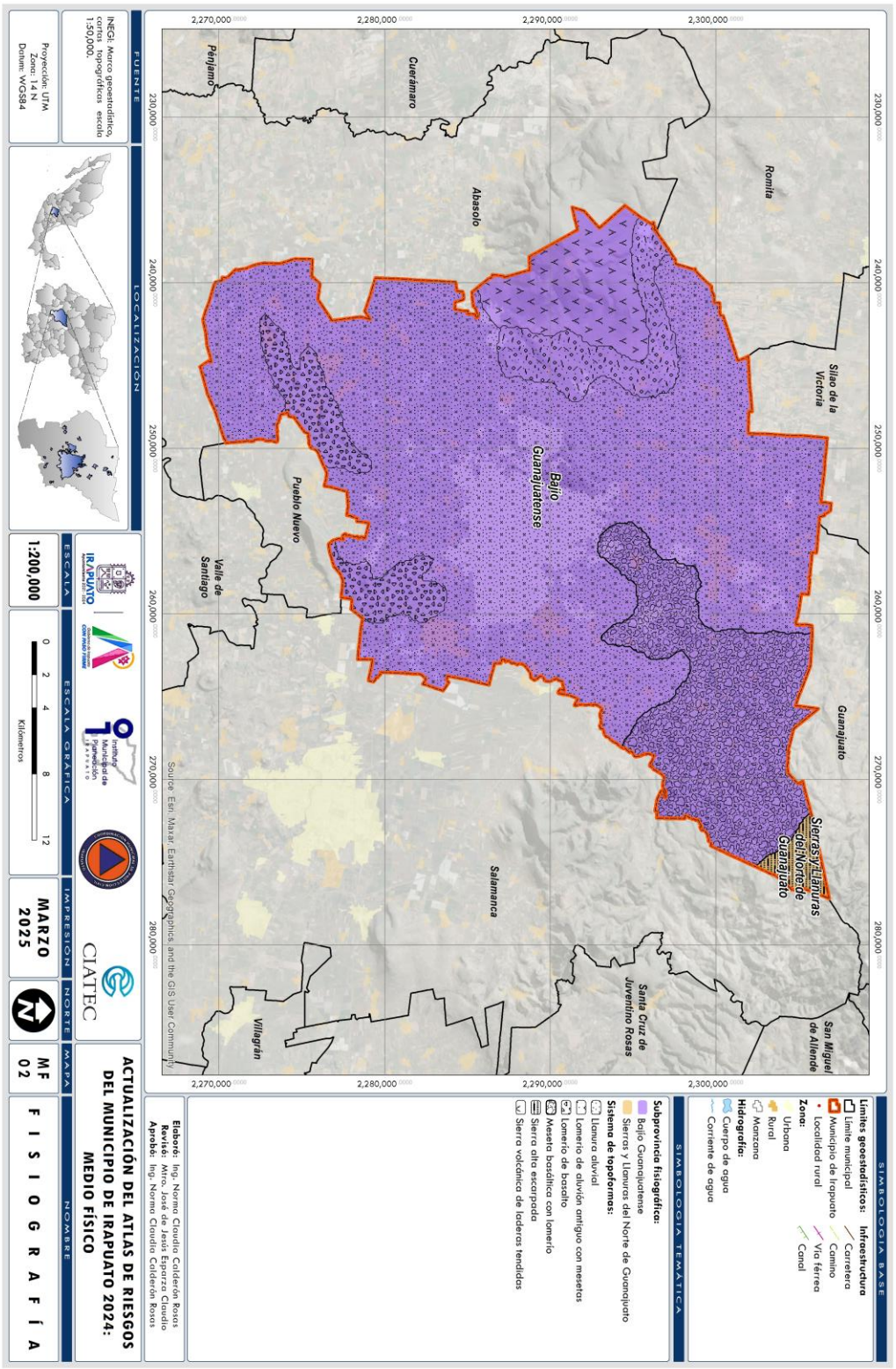
Tema	Subtema	Descripción	Fuente
		Zona de Recarga de Mantos Acuíferos "La Cañada"; contempla las comunidades El Garbanzo, El Comederito, Cañada de la Muerte, Rancho El Roble, Santa Rosa Temascatío, Estancia del Copal, San Nicolás de Temascatío. Cumple con el Código Territorial para el Estado de Guanajuato y sus Municipios, es un área de alto potencial de infiltración, se ubica entre dos Unidades de Gestión Ambiental y Territorial (UGAT) con vocación de conservación de ecosistemas y recuperación de zonas degradadas, presenta una biodiversidad bilógica importante, sin asentamientos humanos ni conflictos por la tenencia de la tierra.	

Fuentes: (INEGI, Datos, 2020), (SMAOT, 2021).

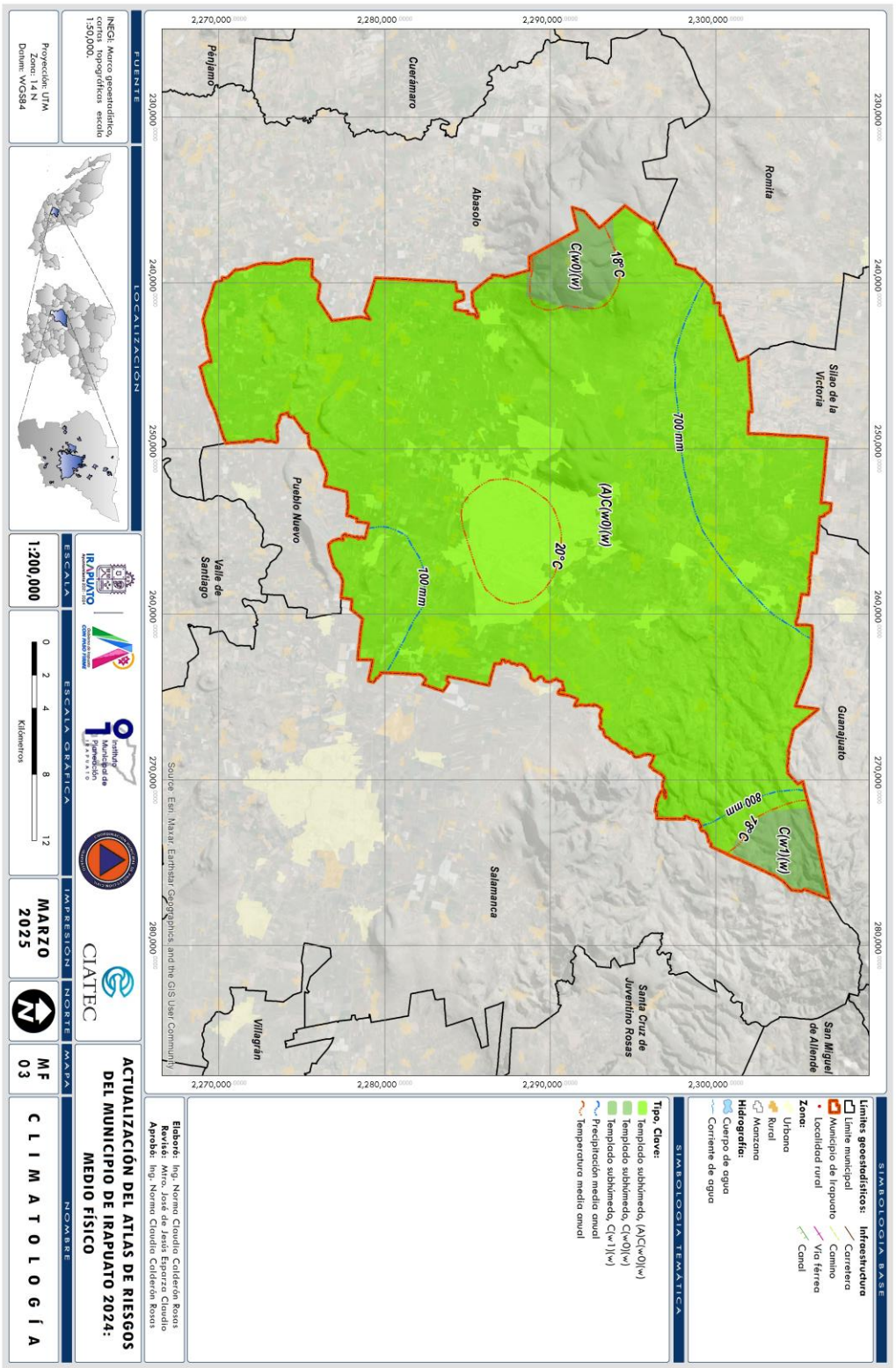
A continuación, se presentan los mapas correspondientes a los temas mencionados en la Tabla 6; cabe hacer mención que el Mapa 2 engloba los temas de coordenadas, colindancias, superficie y localidades.



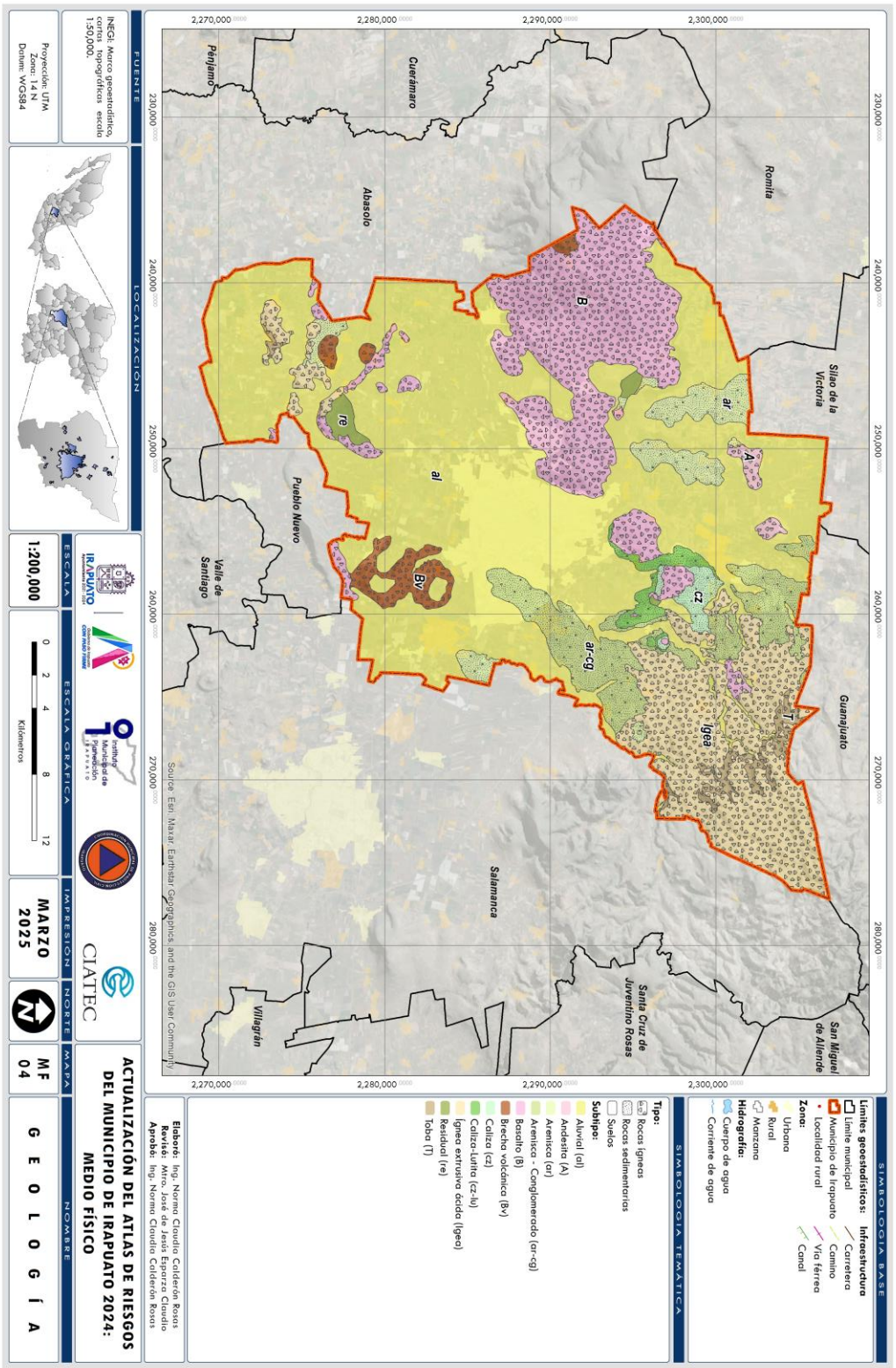
Mapa 2: Límites geográficos de la zona de estudio.



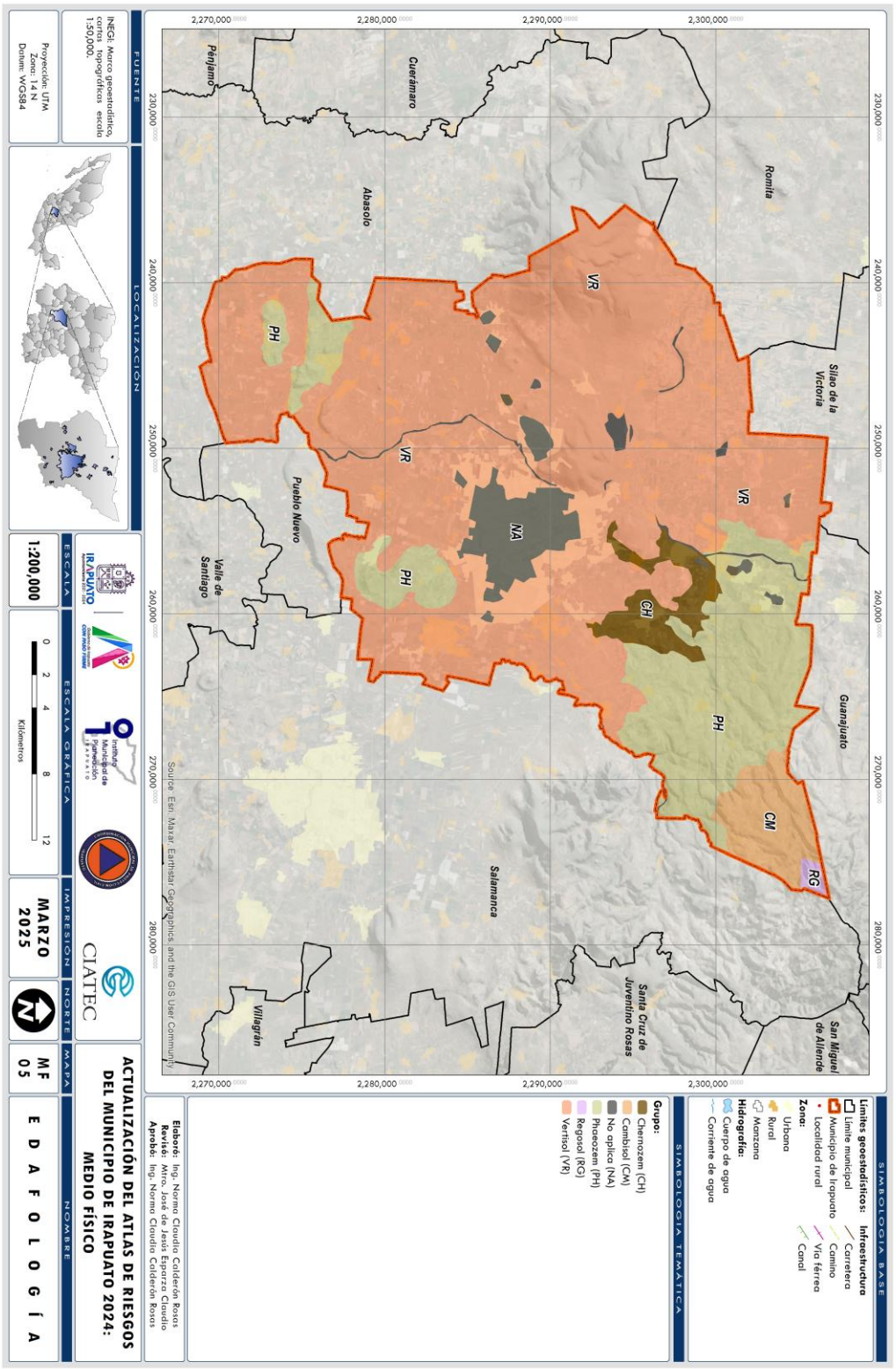
Mapa 3: Fisiografía del municipio de Irapuato.



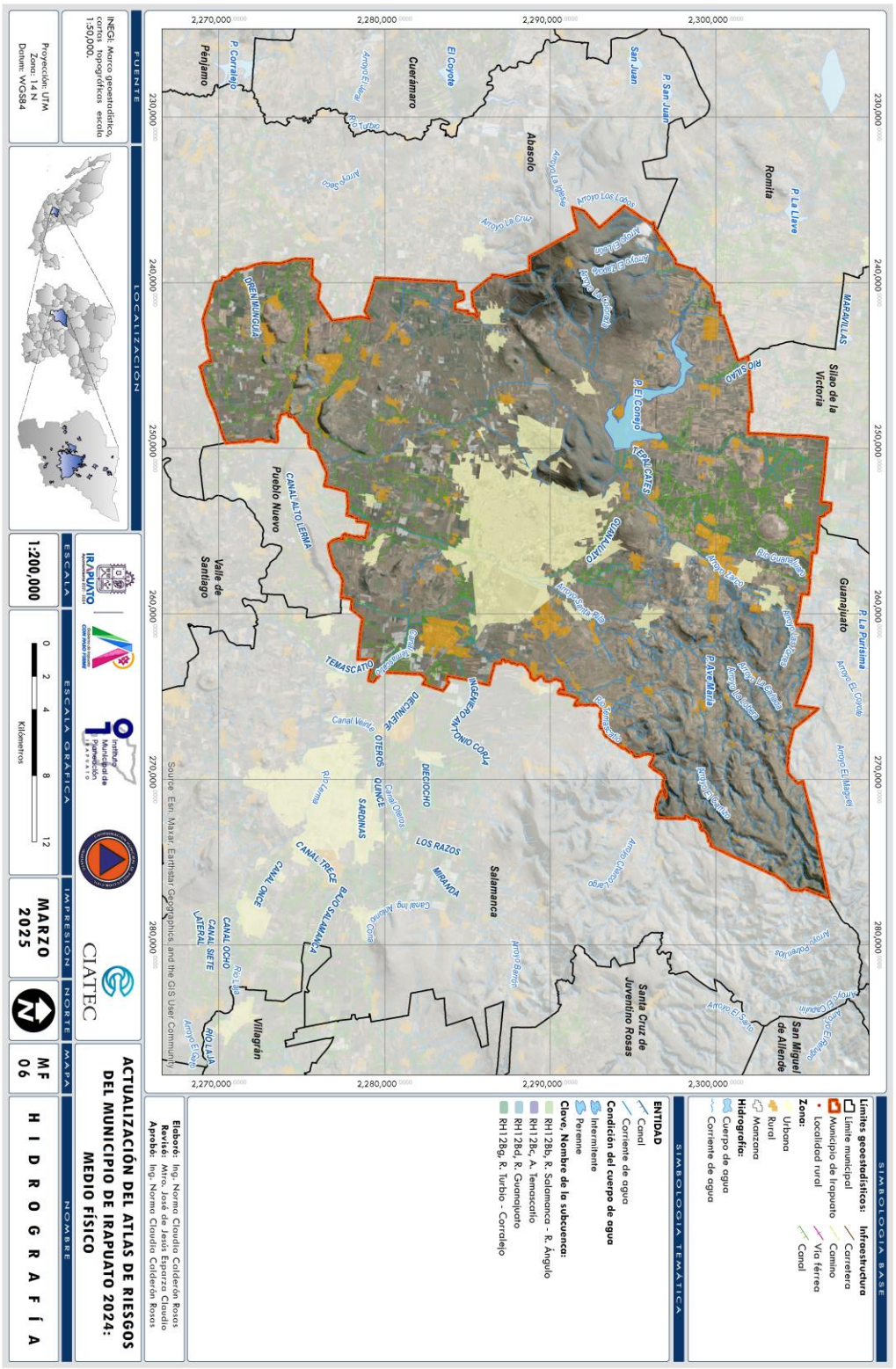
Mapa 4: Climatología del municipio de Irapuato.



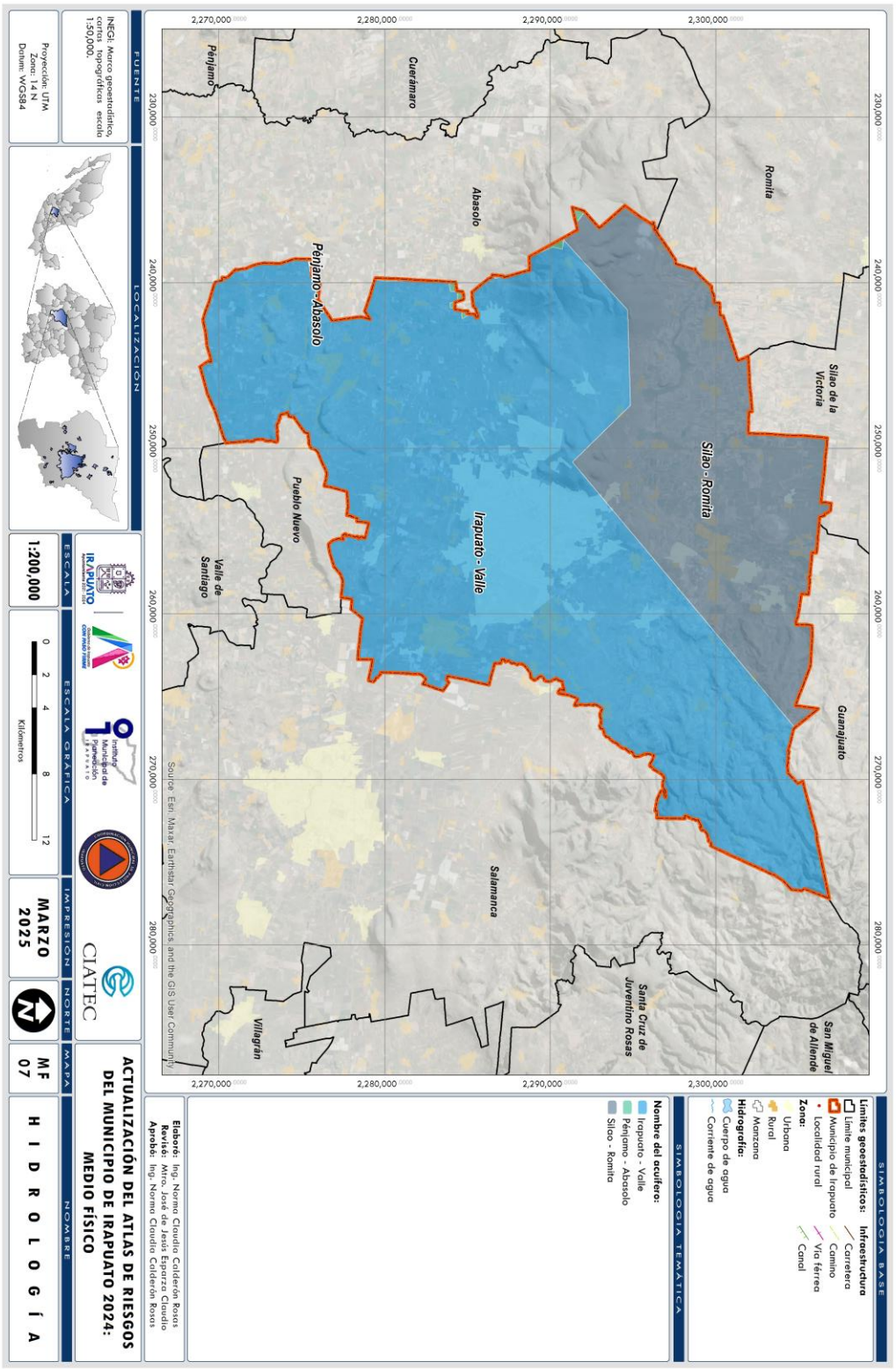
Mapa 5: Geología del municipio de Irapuato.



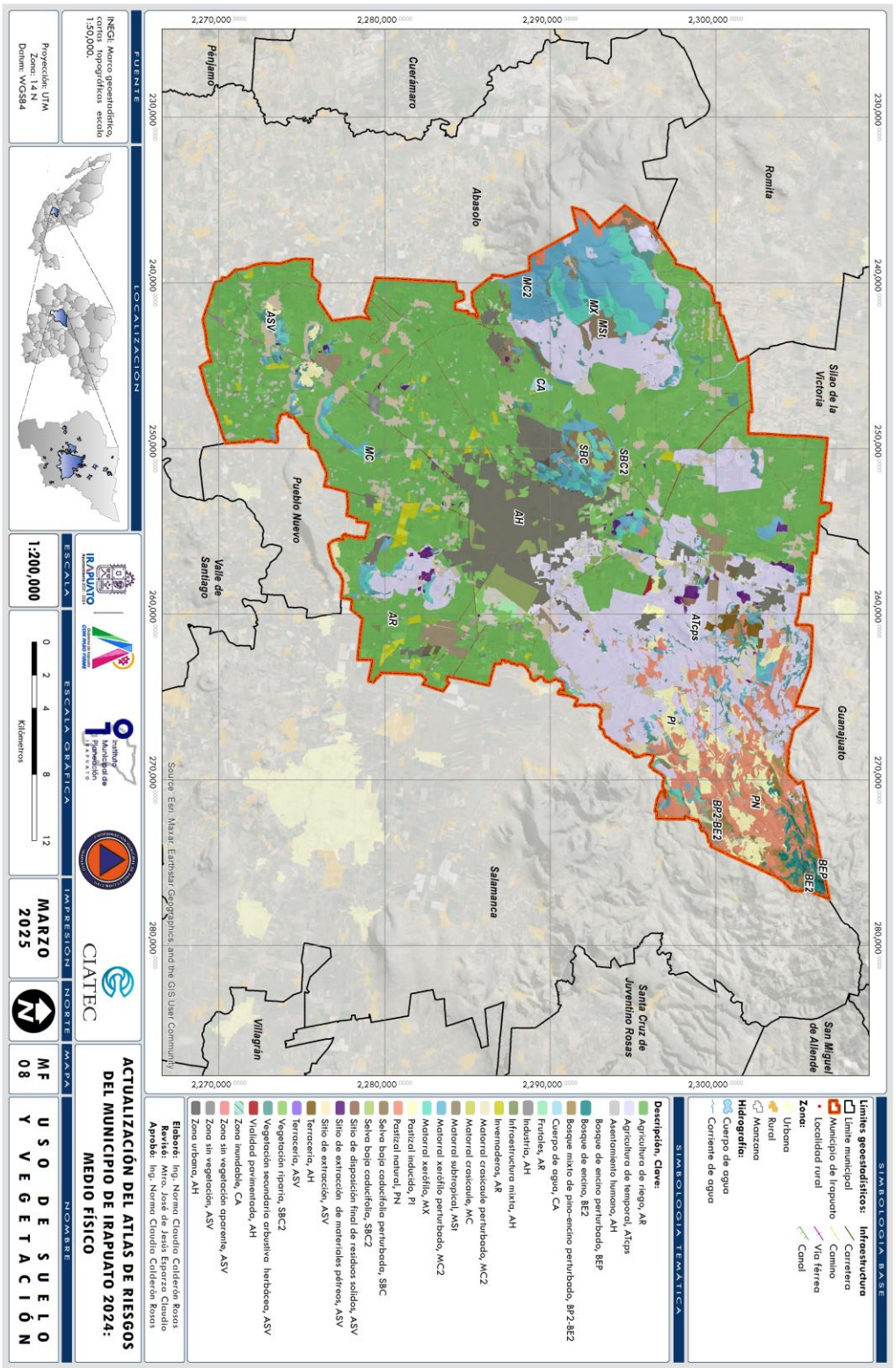
Mapa 6: Edafología del municipio de Irapuato.



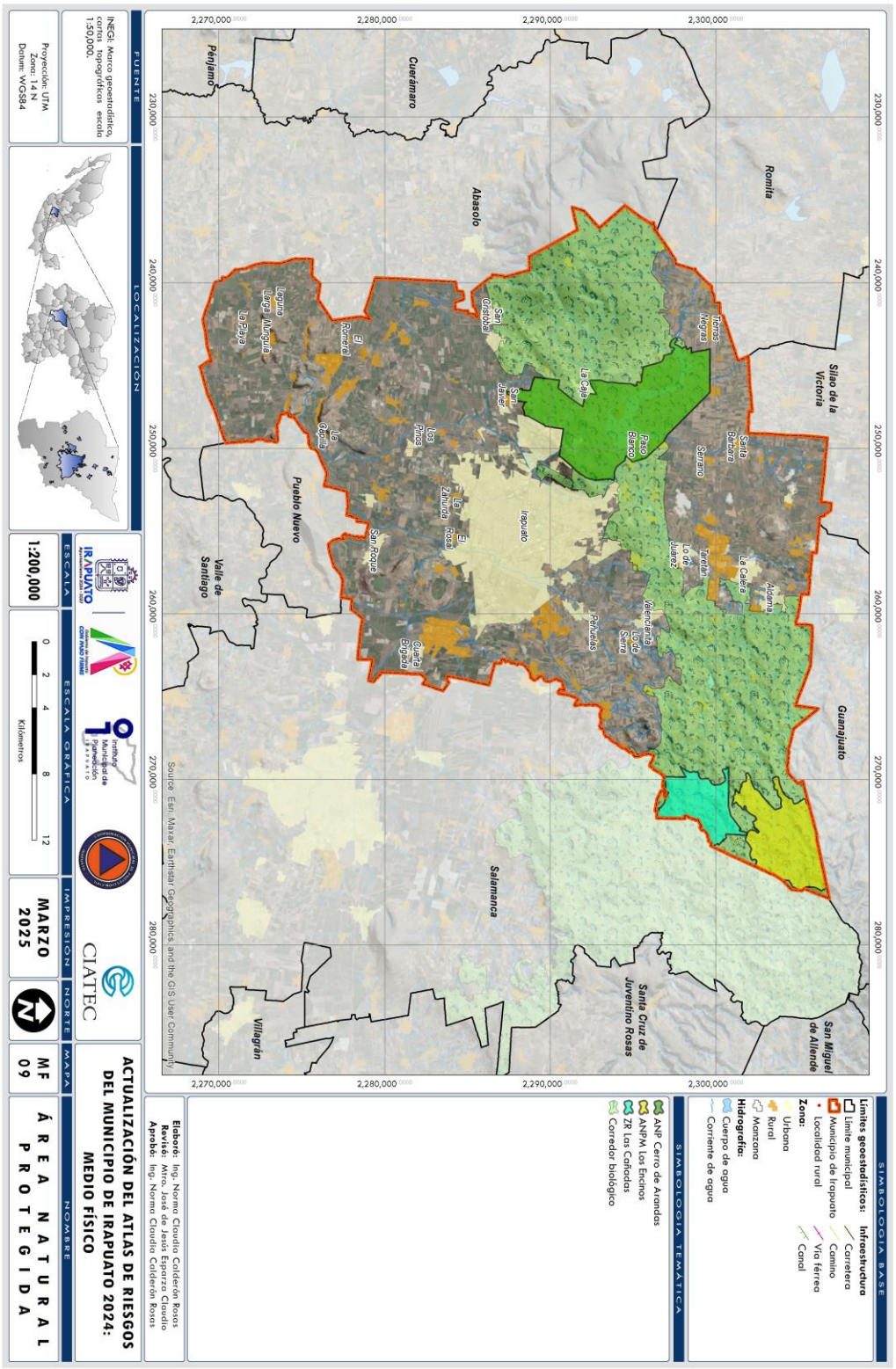
Mapa 7: Hidrografía del municipio de Irapuato.



Mapa 8: Hidrología del municipio de Irapuato.



Mapa 9: Uso de suelo y vegetación del municipio de Irapuato.



Mapa 10: ANP Cerro de Arandas y corredores biológicos.

IV. CARACTERIZACIÓN SOCIODEMOGRÁFICA

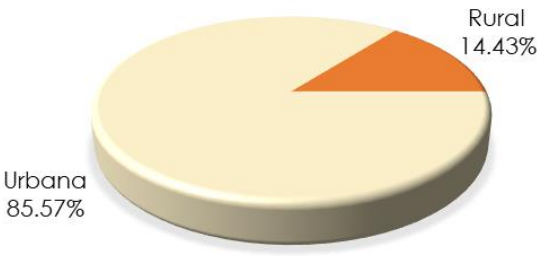
Dentro del proceso de gestión de riesgos, el análisis de vulnerabilidad es parte fundamental ya que las características sociales y económicas de la población podrían limitan su capacidad de respuesta ante la presencia del peligro por algún componente presente en la zona de estudio, que les pueda ocasionar daños (UNDRR, 2019). Los efectos de la vulnerabilidad son tales que también limitan las capacidades de desarrollo de la sociedad de que se trate, esto es, supone condiciones desventajosas para quienes la padecen. Adicionalmente, con la creciente incertidumbre generada por el cambio climático en la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos (huracanes, lluvias torrenciales, variación del régimen de lluvias, sequías, etc.), que a su vez podrían desencadenar la ocurrencia de fenómenos geológicos (hundimientos, deslaves, derrumbes, etc.), se resalta la importancia de analizar el entorno social con el objetivo de prevenir.

Figura 3: Zona peatonal sobre la calle Leandro Valle en la ciudad de Irapuato.
Fuente: Gobierno municipal de Irapuato, 2023.

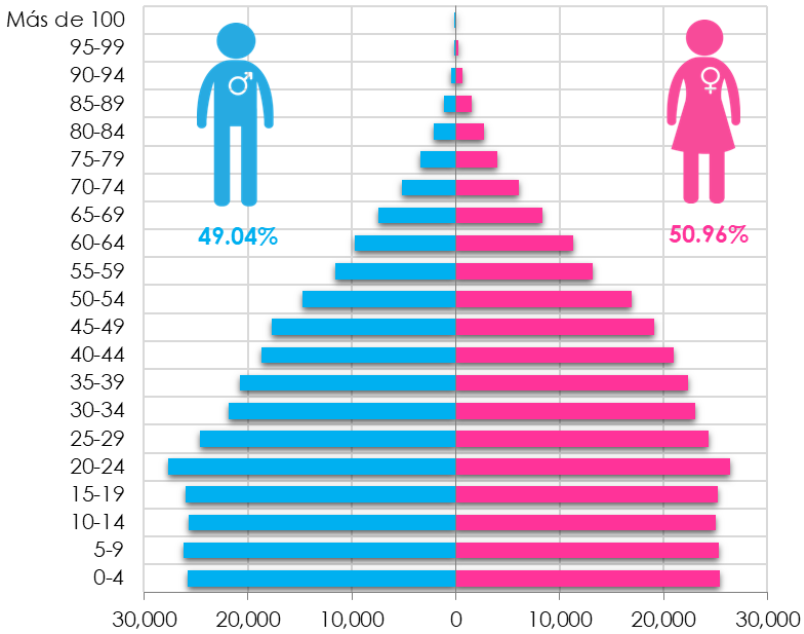
IV.1 Dinámica demográfica

La dinámica demográfica analiza la relación entre la edad y sexo de una población; su principal ventaja es el de ofrecer escenarios que anticipen el futuro sociodemográfico, así como generar oportunidad al desarrollo de mecanismos y toma de acciones en favor de

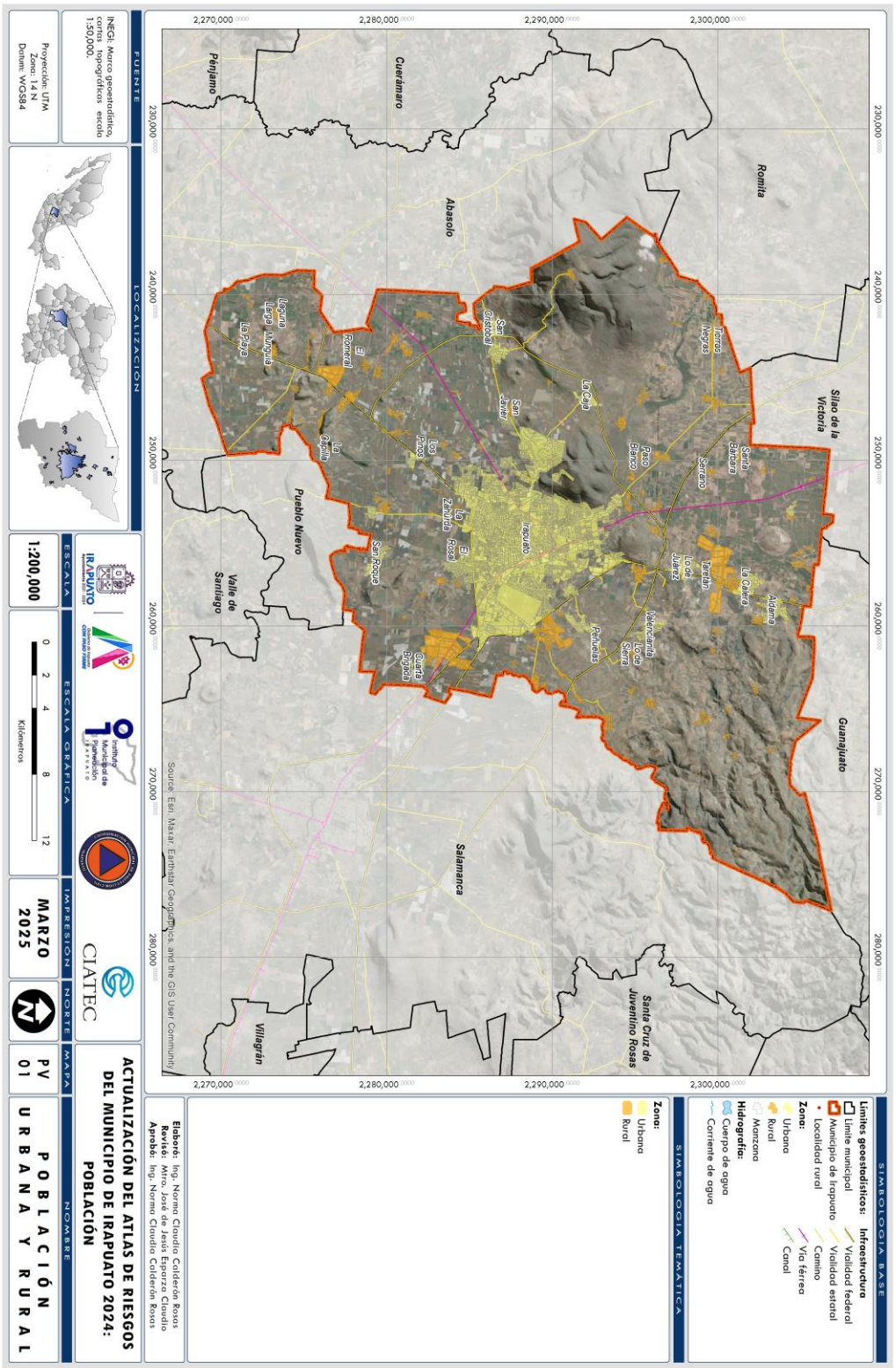
la población (INEGI, 2020). Dentro del territorio irapuatense, se cuenta con una población total de 592,953 habitantes (lo que representa el 9.6 % de la población total del estado de Guanajuato), donde 507,398 se ubican en la zona urbana y 85,555 en localidades rurales, (ver Gráfica 3). Por otro lado, el 51% son mujeres y el 49% son hombres, es decir, existen 96 hombres por cada 100 mujeres, además de que la edad promedio de la población oscila entre los 20 a 24 años, (ver Gráfica 4).



Gráfica 3: Porcentaje de población en zona urbana y rural.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.



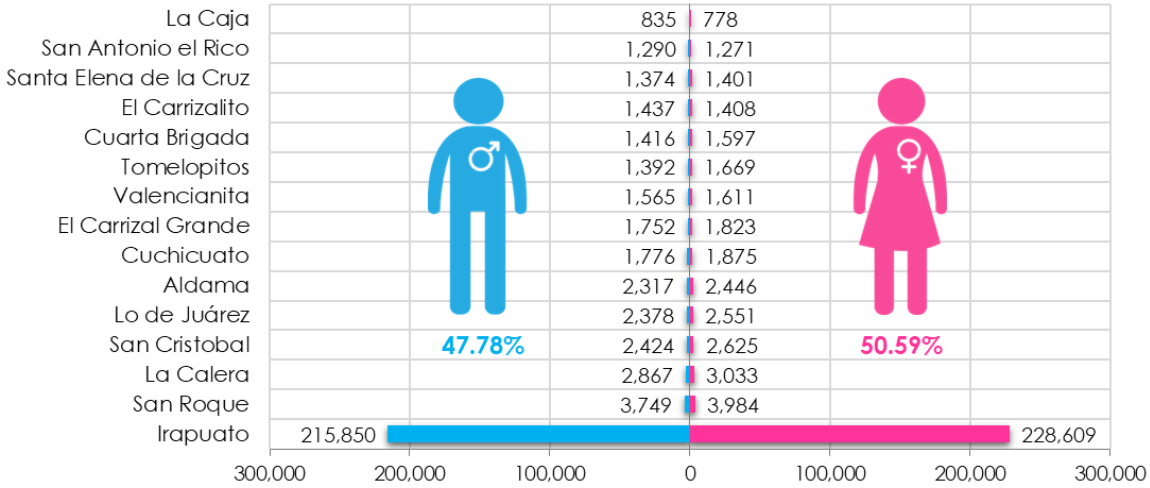
Gráfica 4: Pirámide poblacional en el ámbito urbano y rural.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.



Mapa 11: Delimitación de zonas urbanas y rurales.

IV.1.1 Población en zona urbana

De acuerdo con el Censo de Población y Vivienda de INEGI, la zona urbana se encuentra conformada por 15 polígonos con un conteo de 507,398 habitantes, siendo el polígono urbano de Irapuato, como cabecera municipal, el que concentra casi el 90% de la población total, (Gráfica 7). Por otro lado, el 51% de la población total son mujeres y el 48% son hombres, (Gráfica 5). De manera general, se conserva la tendencia de predominancia de la población femenina, salvo en los polígonos urbanos de La Caja y San Antonio el Rico.



Gráfica 5: Porcentaje de población por género por polígono urbano.

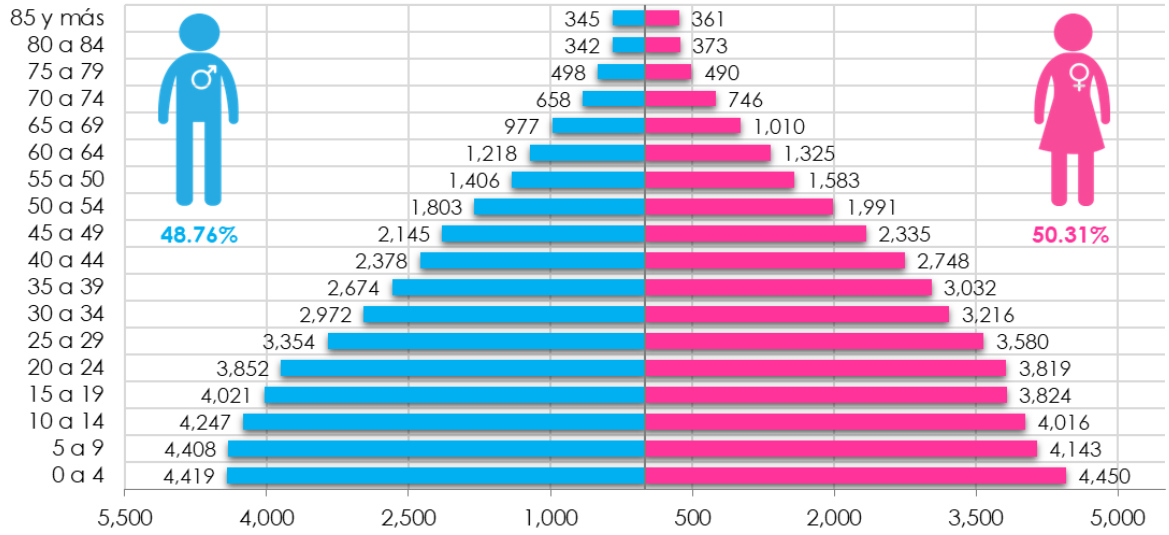
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020

IV.1.2 Población en zona rural

De acuerdo con el conjunto de indicadores de población y vivienda a nivel localidad para el municipio de Irapuato, provenientes del CPV2020, (INEGI, Marco Geoestadístico, 2020), en las localidades rurales se contabilizan 85,555 habitantes distribuidos en 409 localidades, donde el 50.31% se conforma por población femenina y 48.76% población masculina.

Por otro lado, el CPV2020 menciona que, predomina la población migrante masculina sobre la femenina, con una edad mediana de 26 años y 25 años respectivamente; las causas de la emigración son de tipo laboral y económica en su gran mayoría, así como la reunificación familiar, la búsqueda de oportunidades educativas y motivos personales, entre otras. Cabe resaltar que se trata de una población emigrante joven que busca, principalmente, mejores oportunidades de trabajo, (SEGOB, 2022). Asimismo, el municipio de Irapuato, junto con otras entidades como León, Dolores Hidalgo, Pénjamo, San Felipe, Celaya, Salamanca, San Luis de la Paz, Silao de la Victoria, Acámbaro, Salvatierra, Valle

de Santiago, San Miguel de Allende, Comonfort y San Diego de la Unión, registran un grado de intensidad migratoria alto o muy alto.



Gráfica 6: Pirámide poblacional por género en el ámbito rural.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020

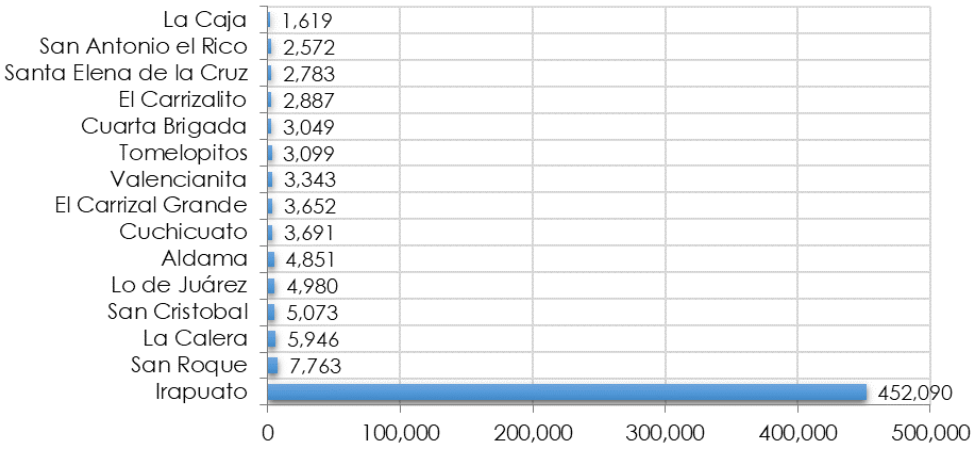
IV.2 Distribución de la población

IV.2.1 Distribución de la población en el ámbito urbano

Como se mencionó en párrafos anteriores, la zona urbana de Irapuato concentra casi el 90% de la población bajo este ámbito, y el resto se encuentra distribuido en el resto de los 10 polígonos, destacando San Roque, La Calera y San Cristóbal con más de 5,000 habitantes (ver Gráfica 7). A continuación, se presentan los mapas de distribución de población para los polígonos bajo el ámbito urbano a nivel manzana; en el Mapa 12 se presenta la ubicación geográfica de los 15 polígonos urbanos, y en los mapas subsecuentes se muestran a detalle la distribución poblacional a nivel manzana de mayor a menor cantidad de habitante conforme a la siguiente lista:

- Irapuato, ver Mapa 13.
- San Roque, ver Mapa 14.
- La Calera, ver Mapa 15.
- San Cristóbal, ver Mapa 16.
- Lo de Juárez, ver Mapa 17.
- Aldama, ver Mapa 18.

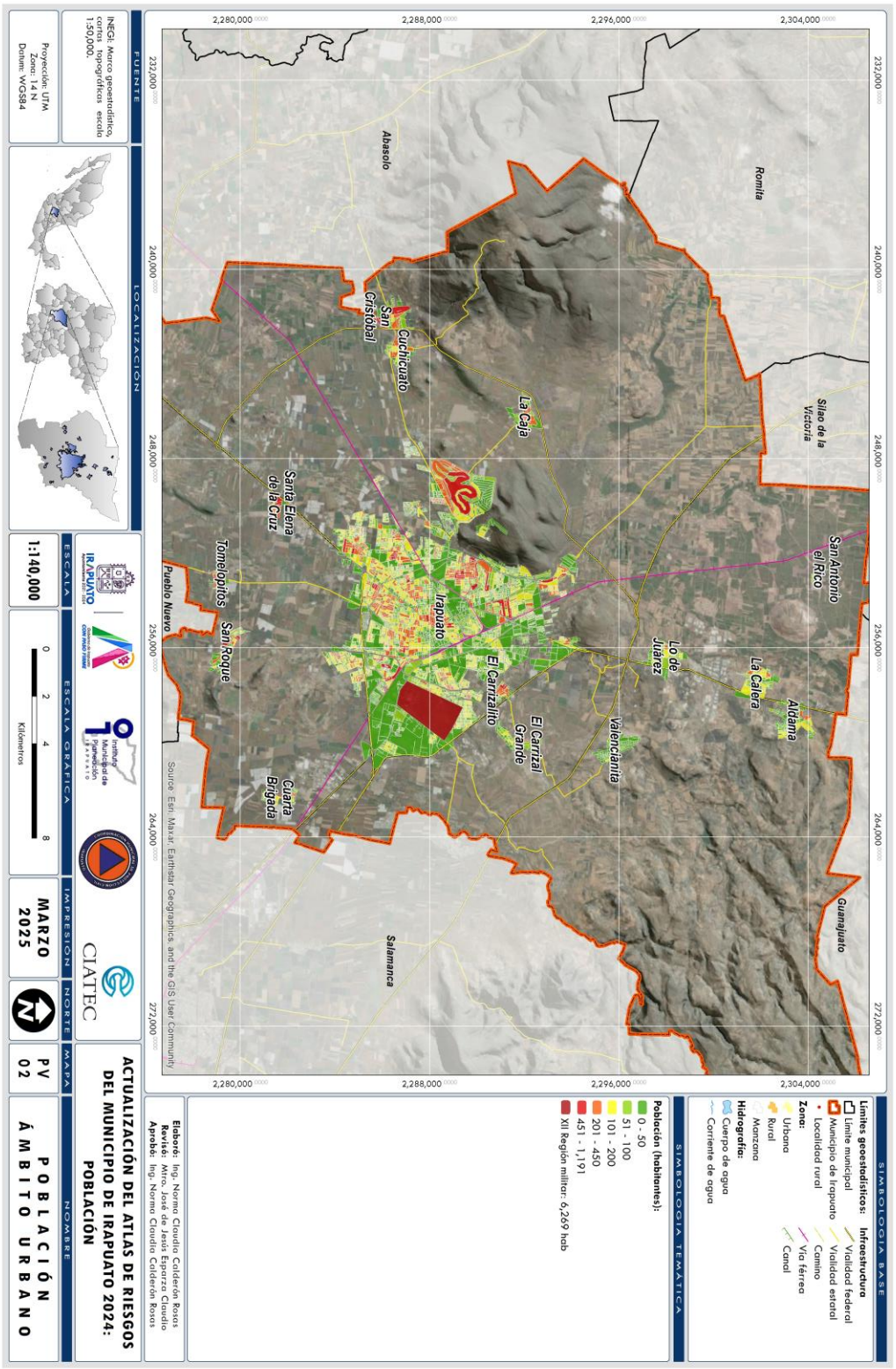
- Cuchicuato, ver Mapa 19.
- El Carrizal Grande, ver Mapa 20.
- Valencianita, ver Mapa 21.
- Tomelopitos, ver Mapa 22.
- Cuarta Brigada, ver Mapa 23.
- El Carrizalito, ver Mapa 24.
- Santa Elena de la Cruz, ver Mapa 25.
- San Antonio el Rico, ver Mapa 26.
- La Caja, ver Mapa 27.



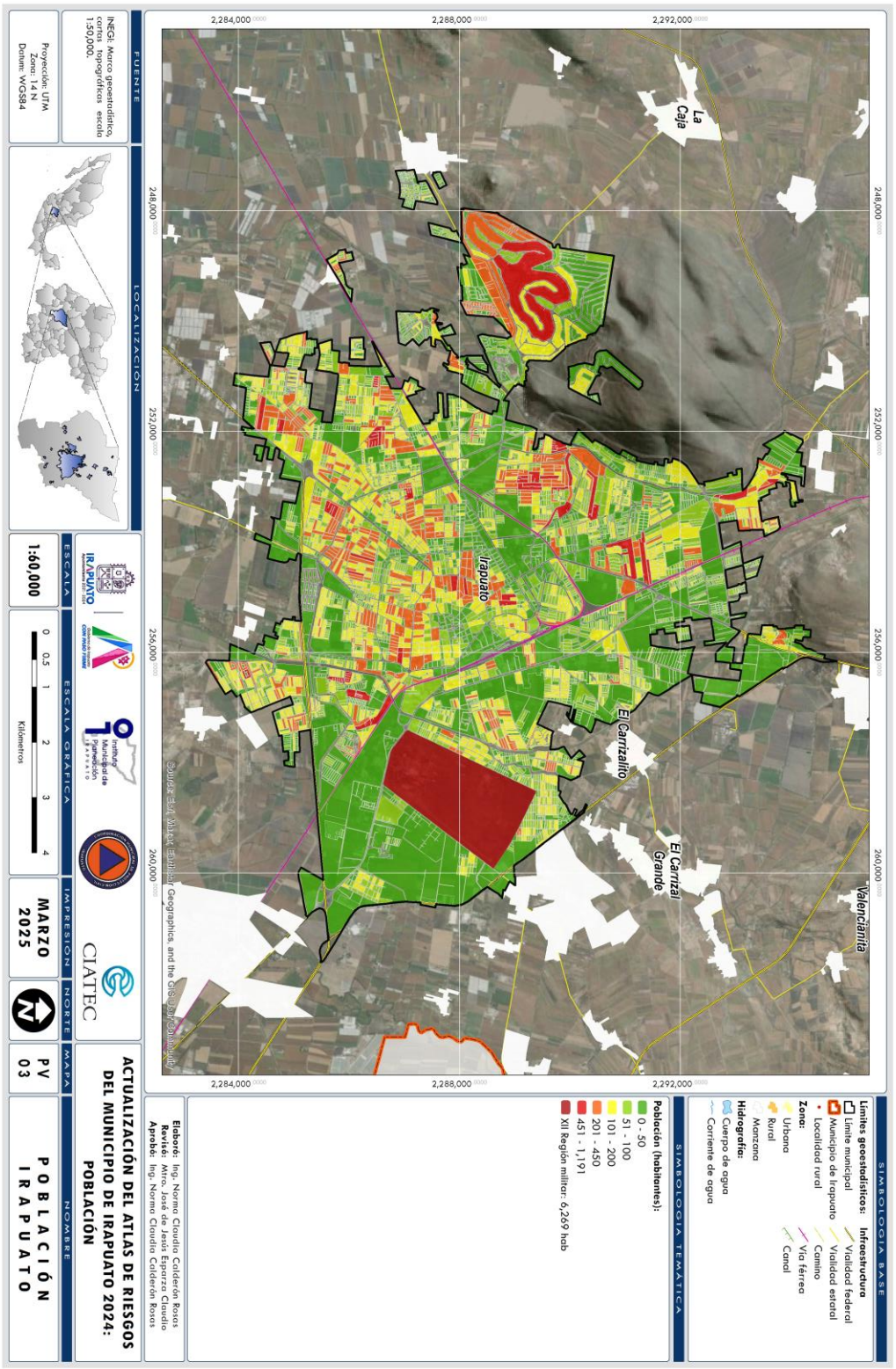
Gráfica 7: Población total por polígono urbano.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020

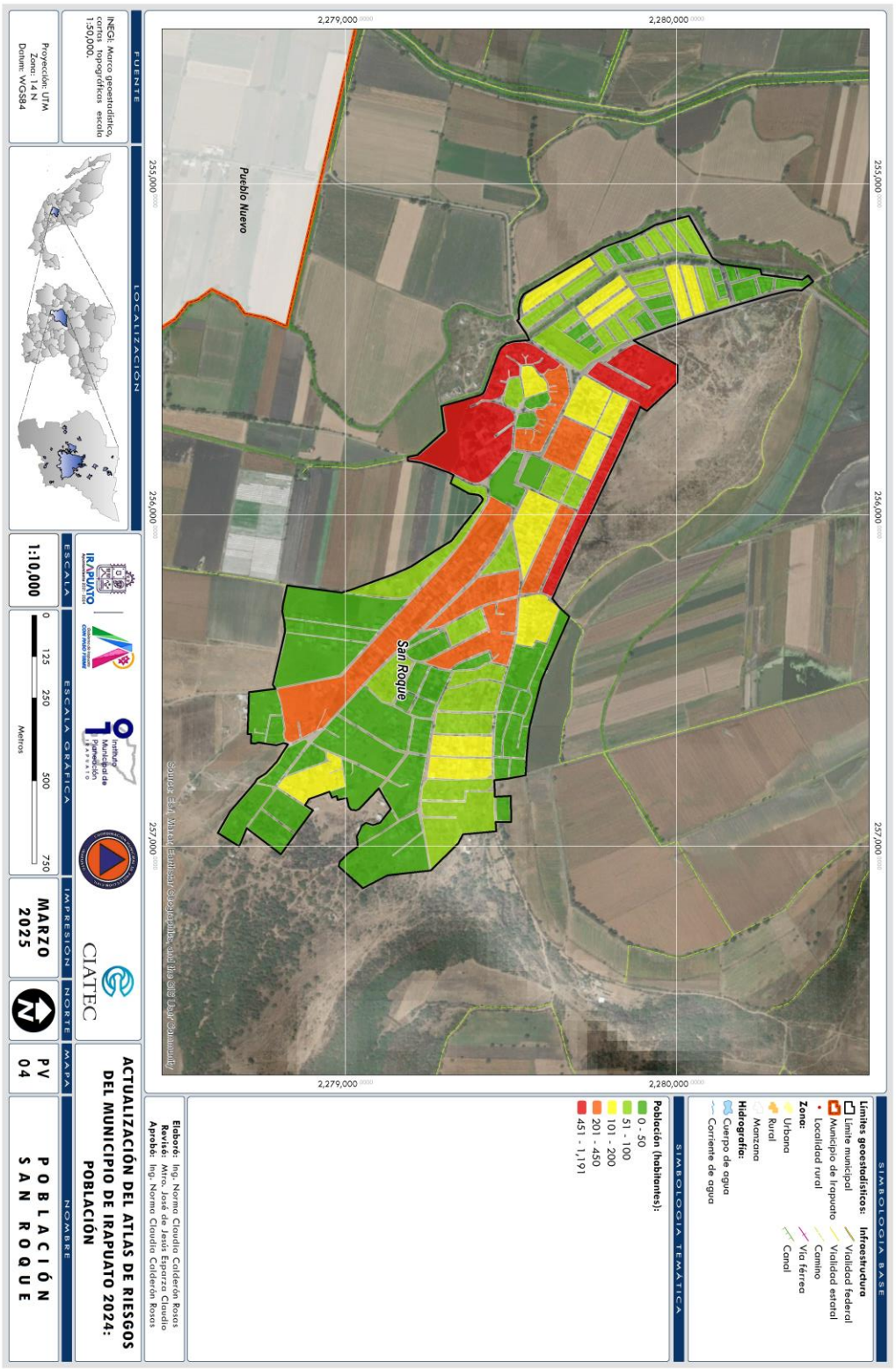
Cabe hacer mención que en el Mapa 13, referente a la zona urbana de Irapuato, se muestra la zona militar (zona oriente) como un gran polígono con una población de 6,269 habitantes, sin embargo es el único indicador (dato) al que hace referencia el CPV2020 ya que no se especifican cuantos habitantes son hombres o mujeres o edad. Por otro lado, en la parte poniente de Irapuato, se identifica un gran polígono en color rojo en la colonia Villas de Irapuato, pero esto se debe a que es una manzana de gran extensión la cual contabiliza un número importante de habitantes.



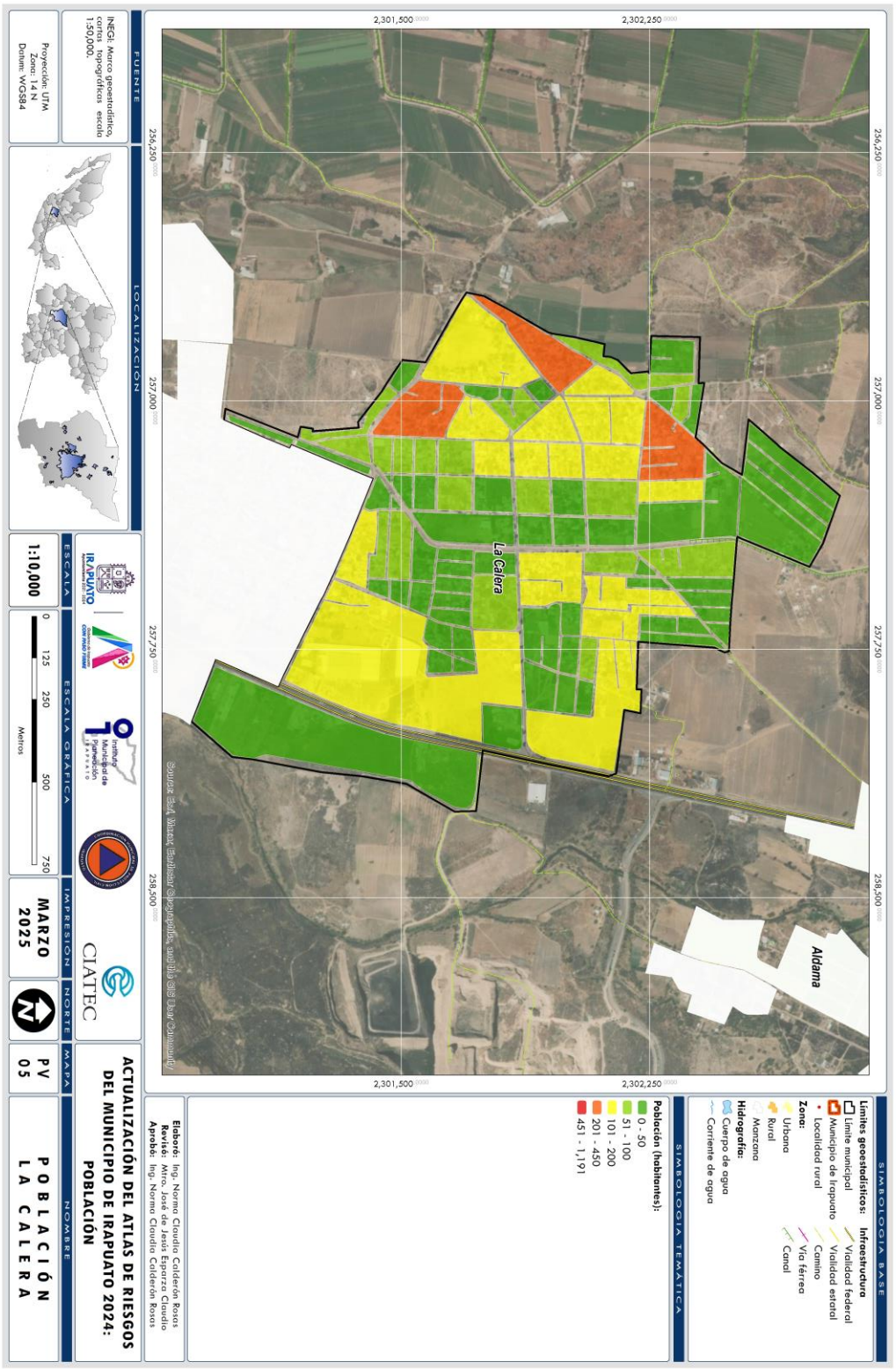
Mapa 12: Distribución de la población a nivel manzana en el ámbito urbano del municipio de Irapuato.



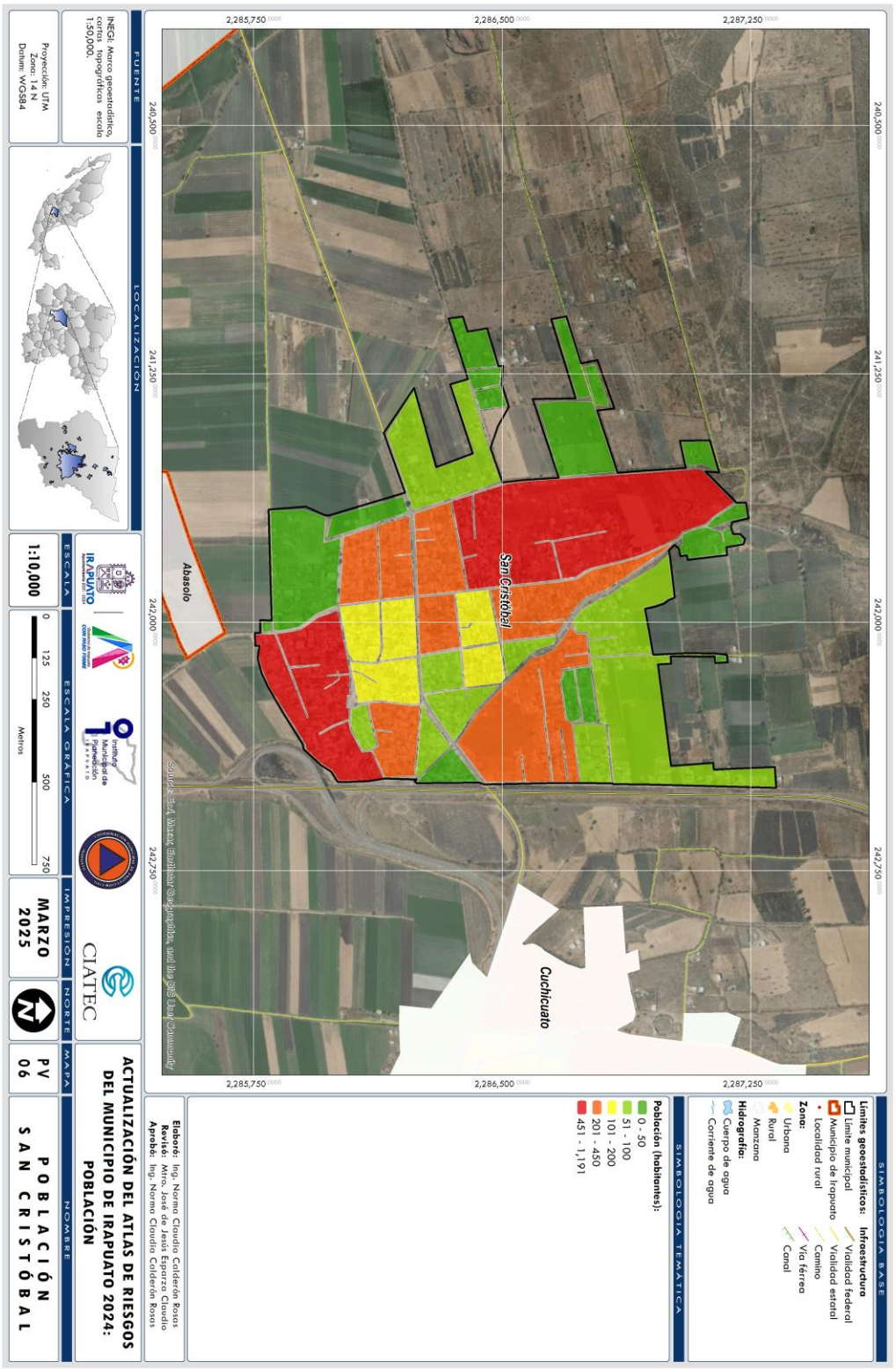
Mapa 13: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Irapuato.



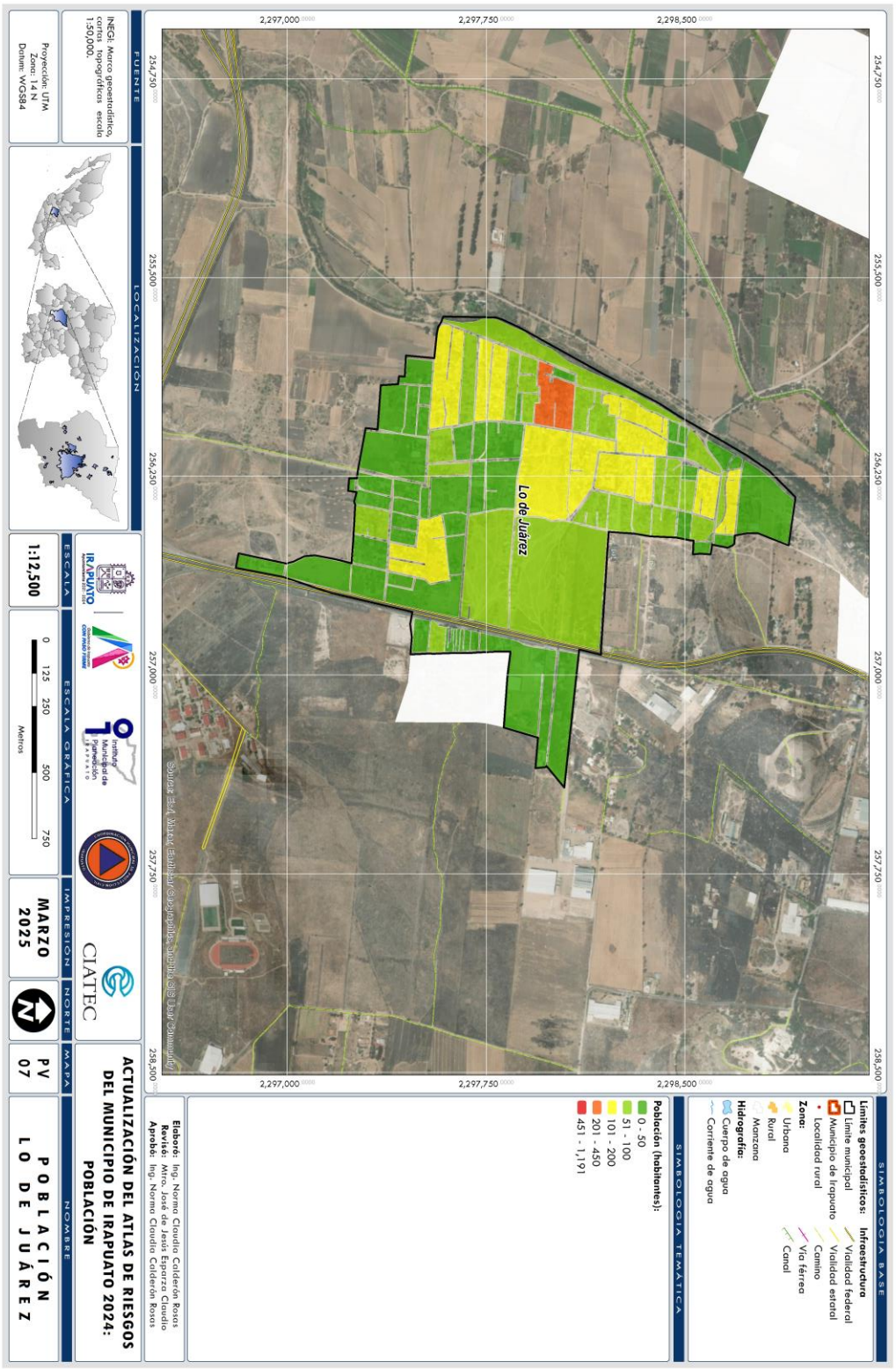
Mapa 14: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Roque.



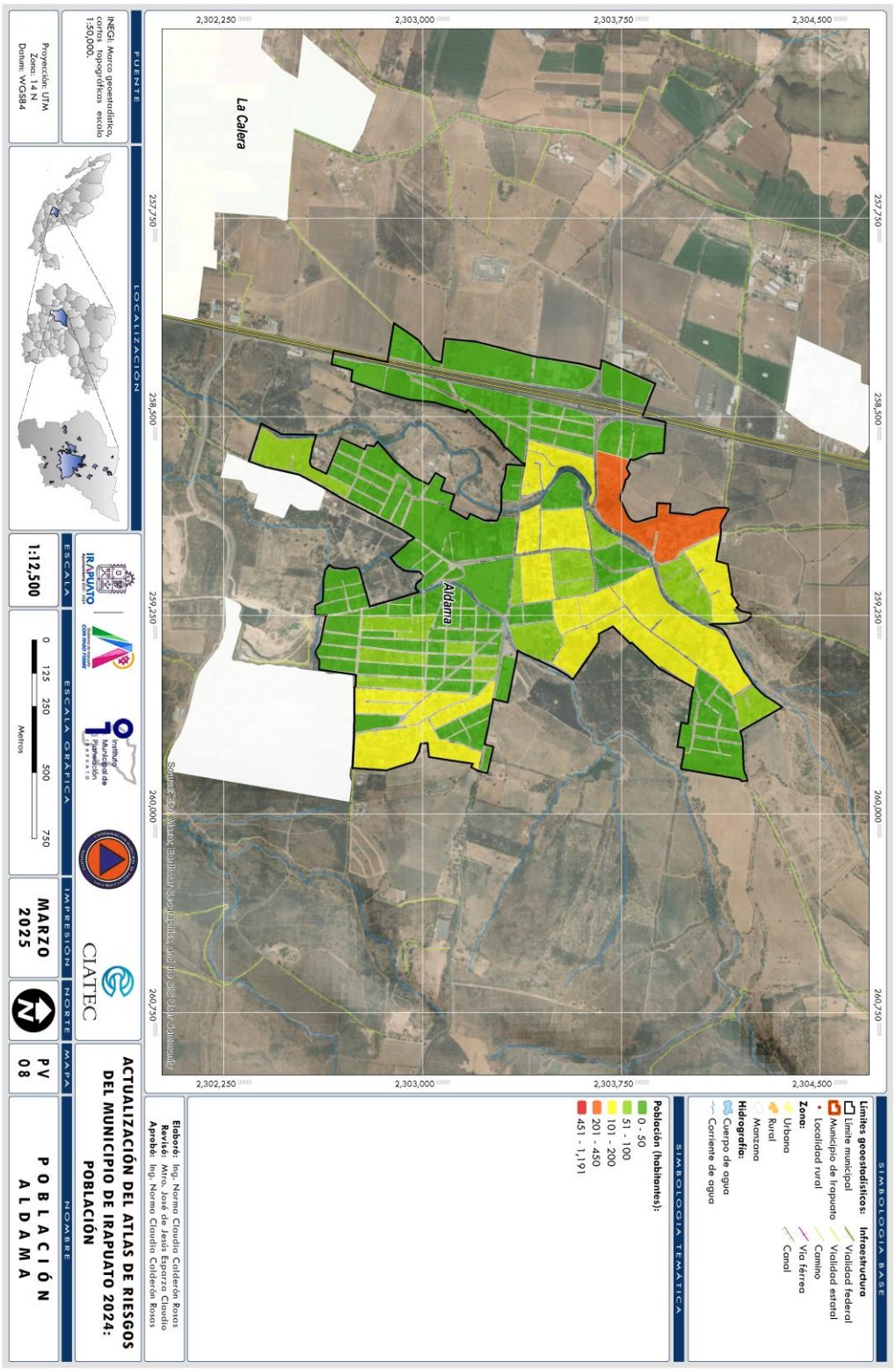
Mapa 15: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de La Calera.



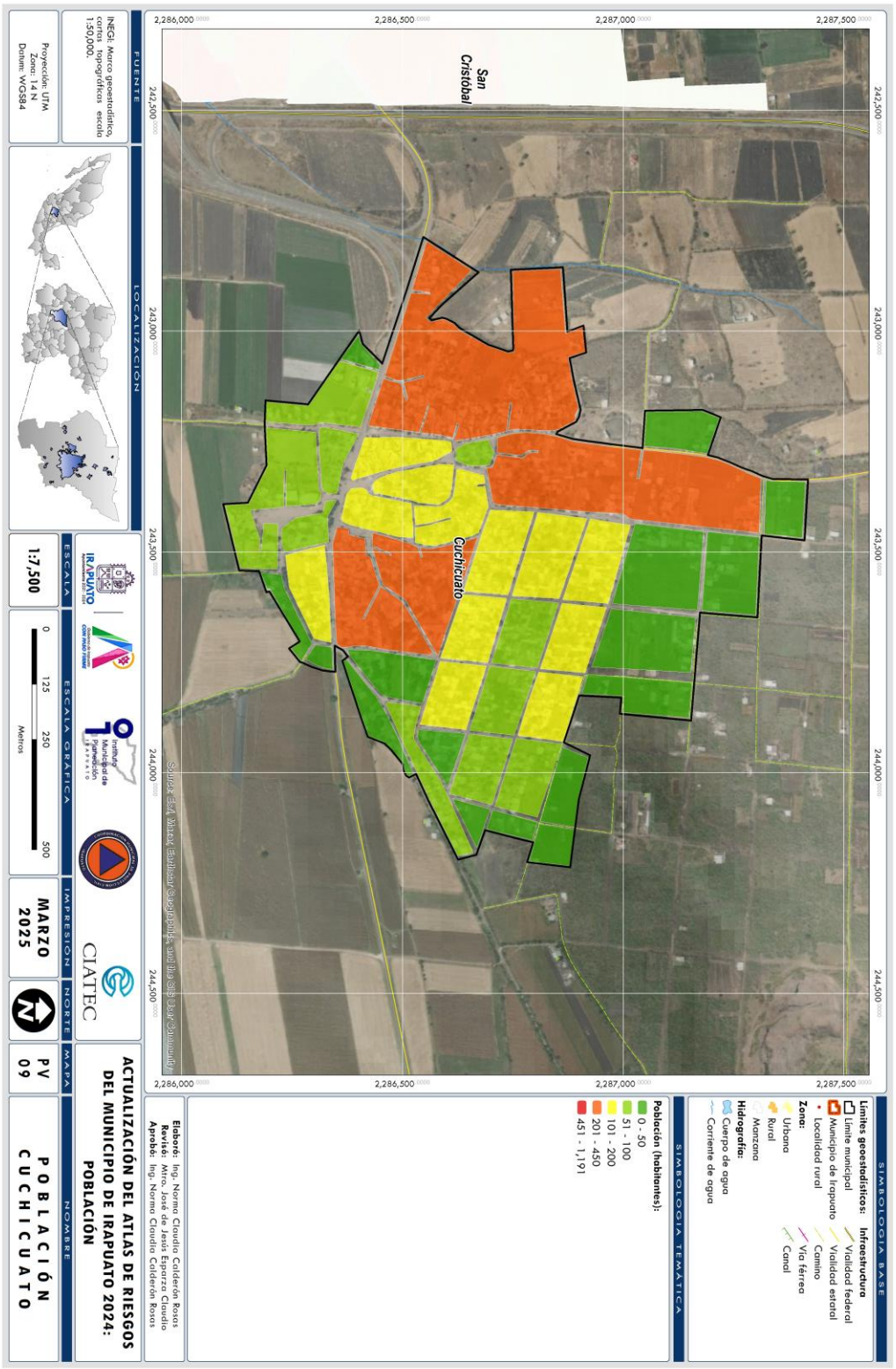
Mapa 16: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Cristóbal.



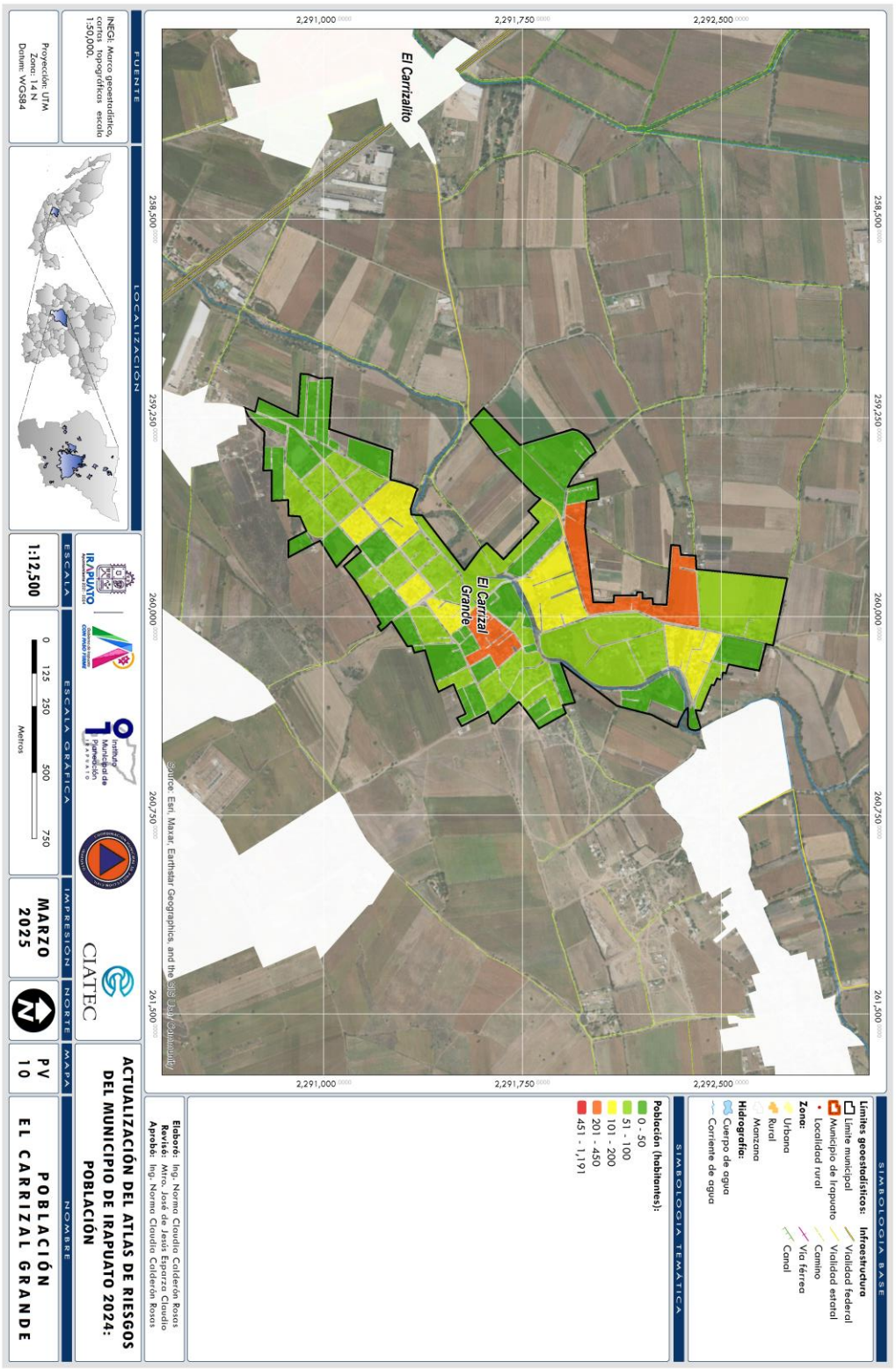
Mapa 17: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Lo de Juárez.



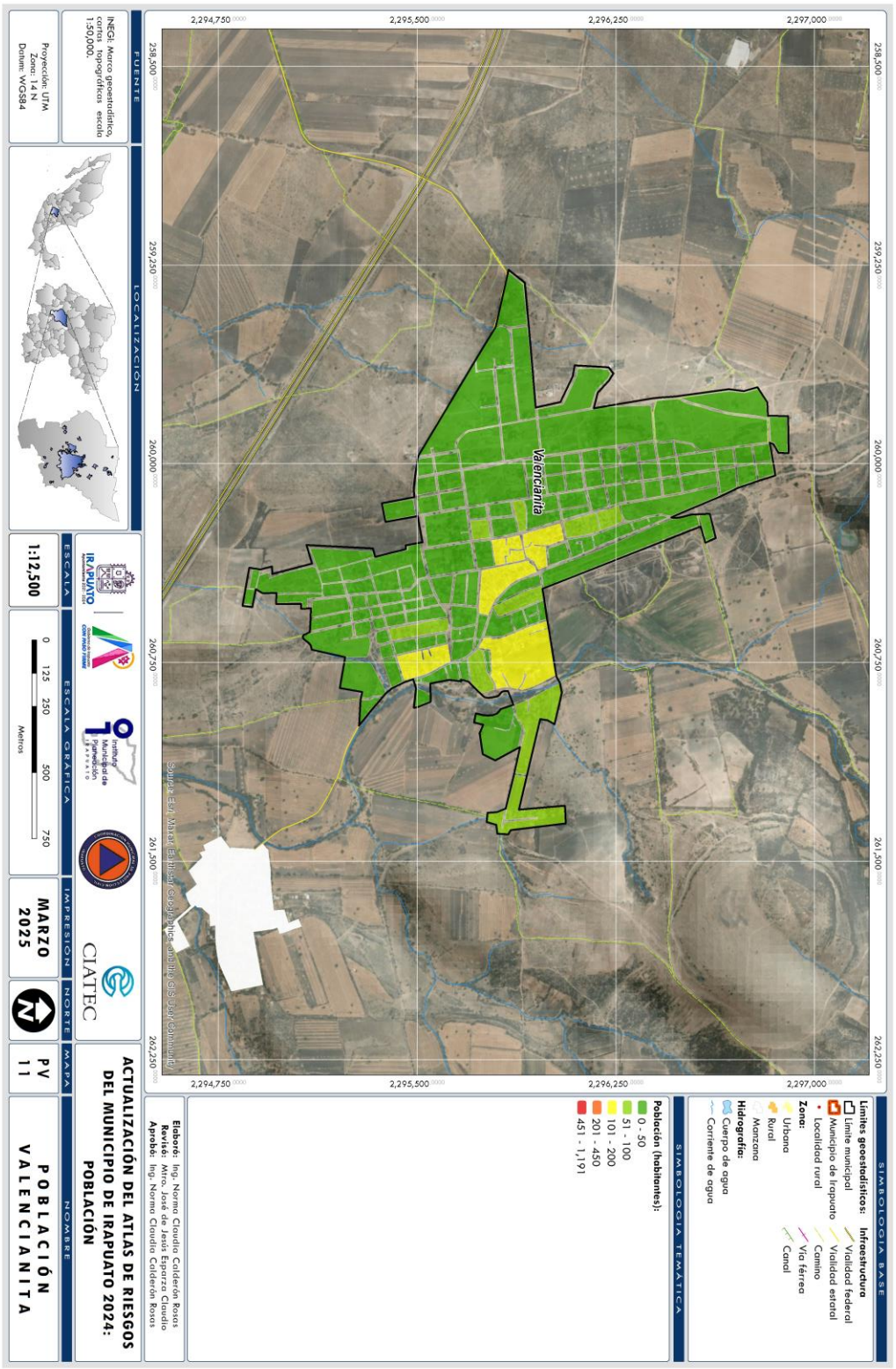
Mapa 18: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Aldama.



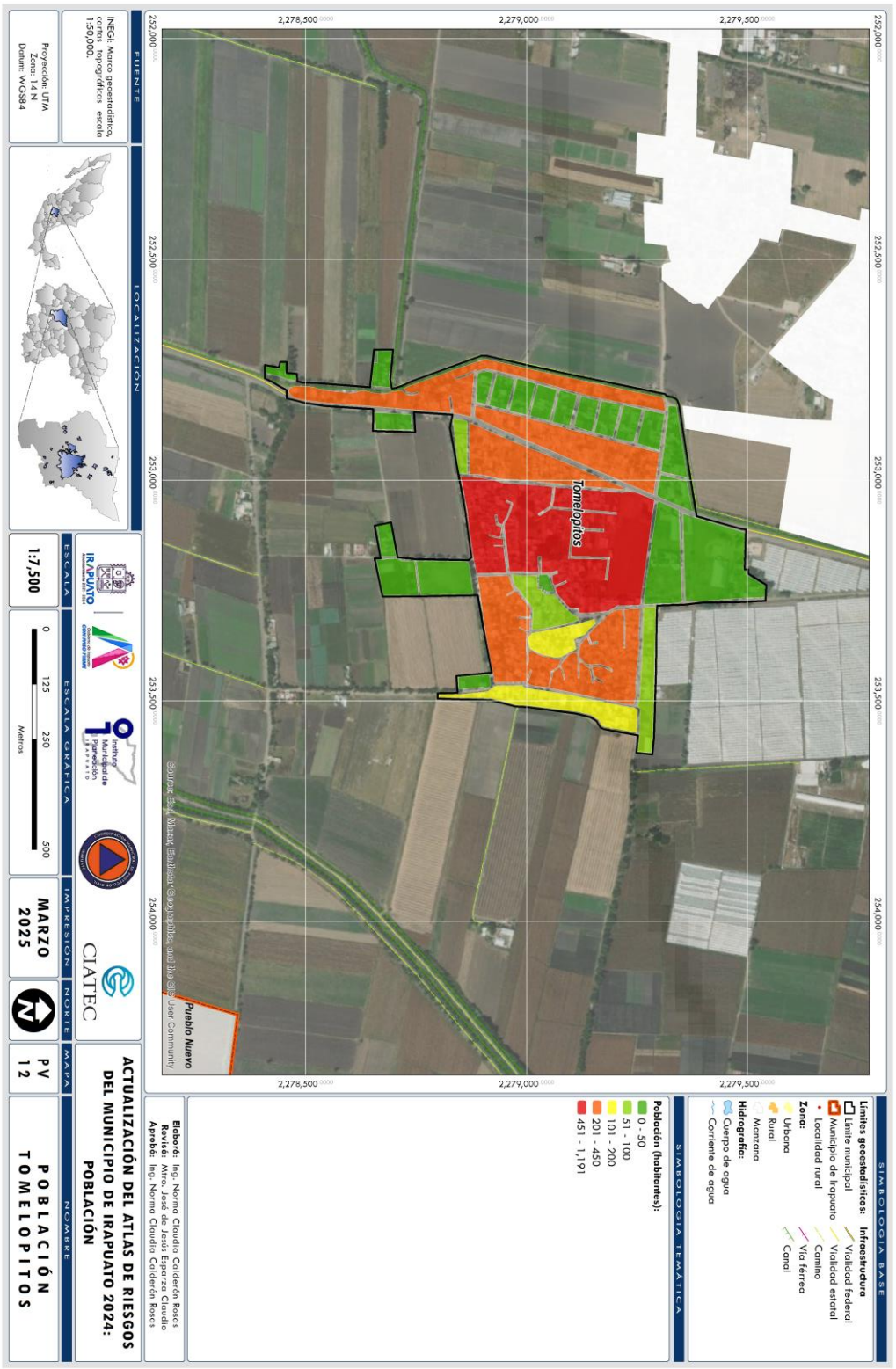
Mapa 19: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Cuchicuato.



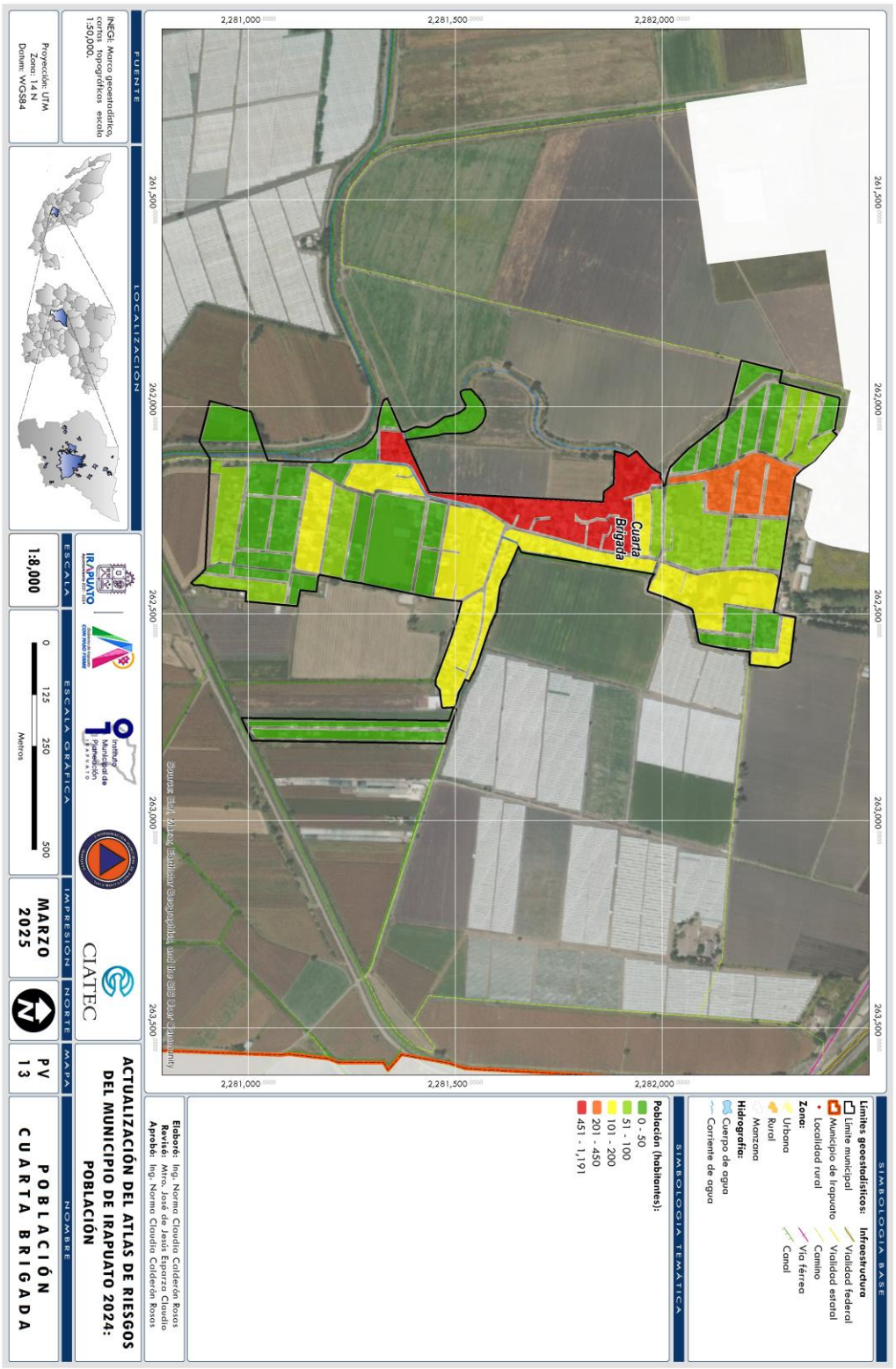
Mapa 20: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de El Carrizal Grande.



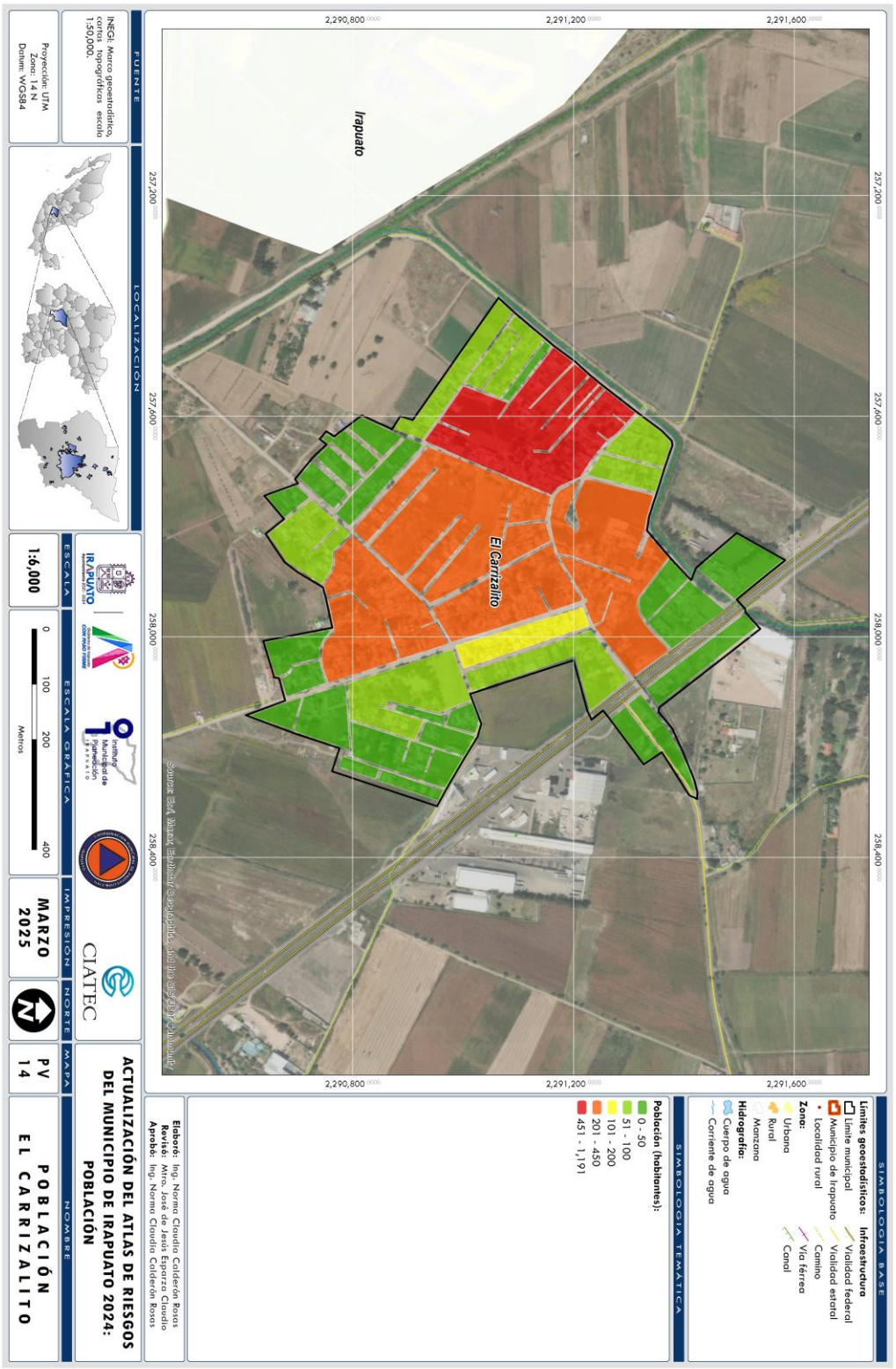
Mapa 21: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Valencianita.



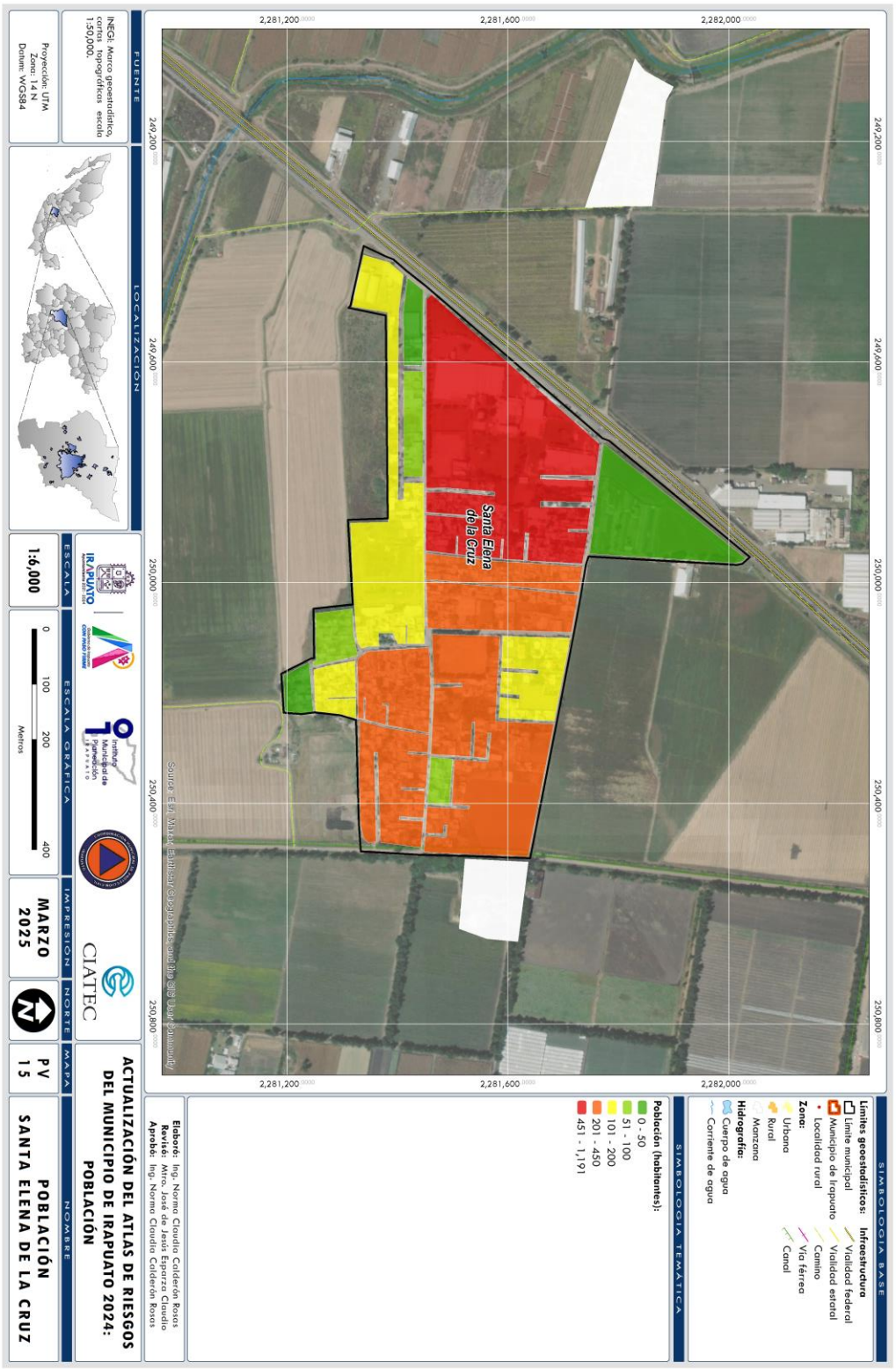
Mapa 22: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Tomelopitos.



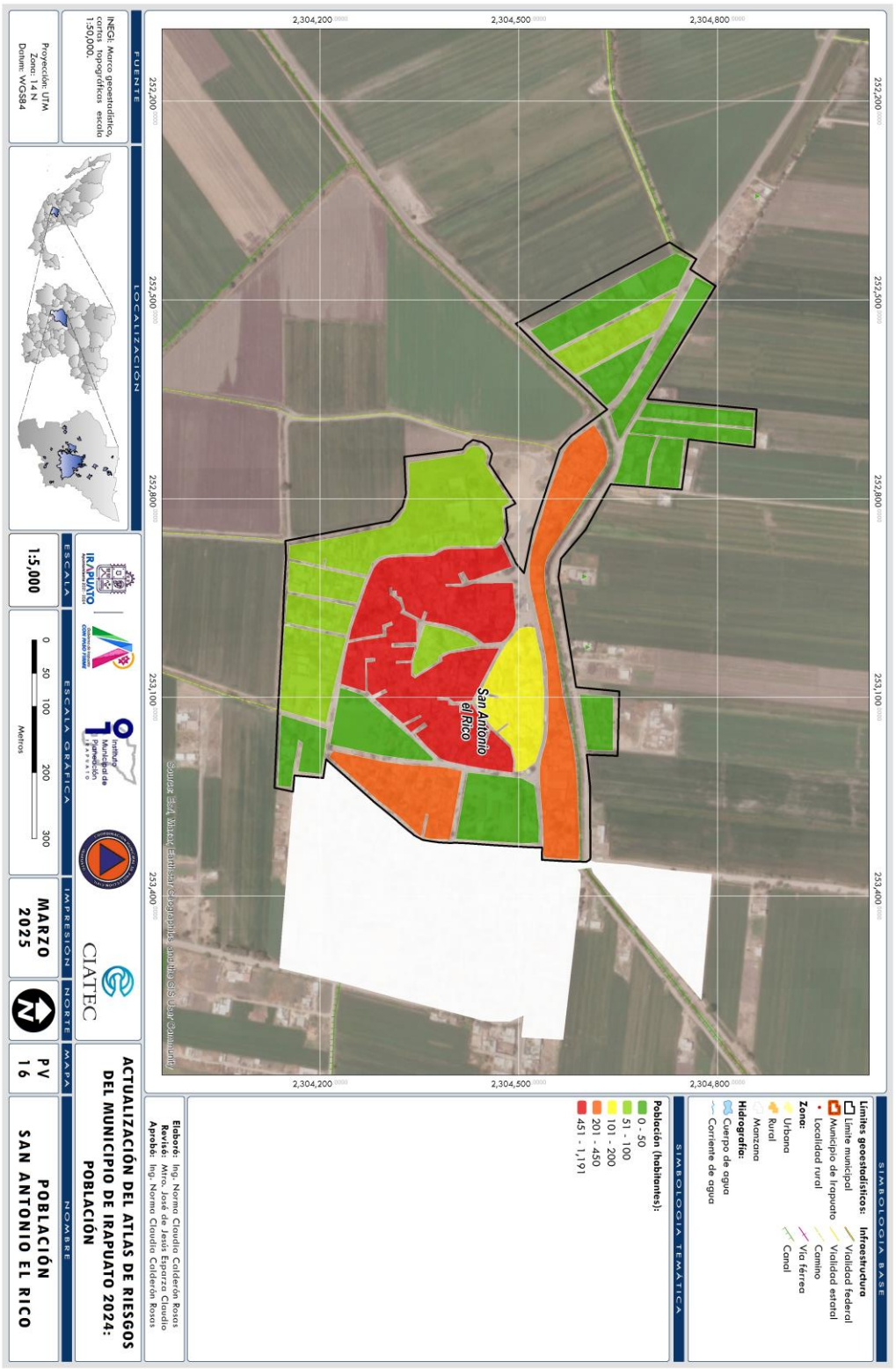
Mapa 23: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Cuarta Brigada.



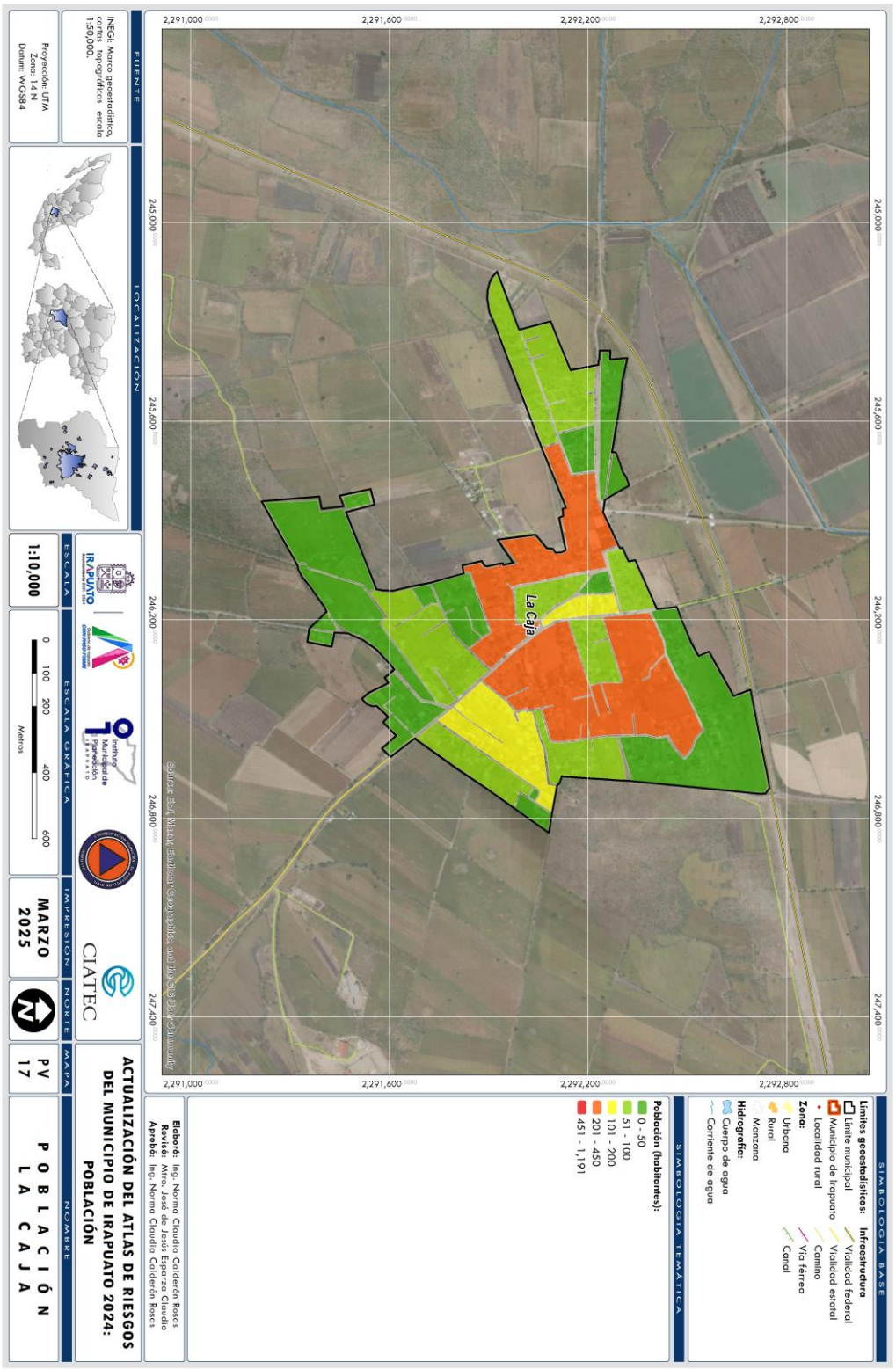
Mapa 24: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de El Carrizalito.



Mapa 25: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de Santa Elena de la Cruz.



Mapa 26: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de San Antonio el Rico.



Mapa 27: Distribución de la población a nivel manzana en el área urbana de La Caja.

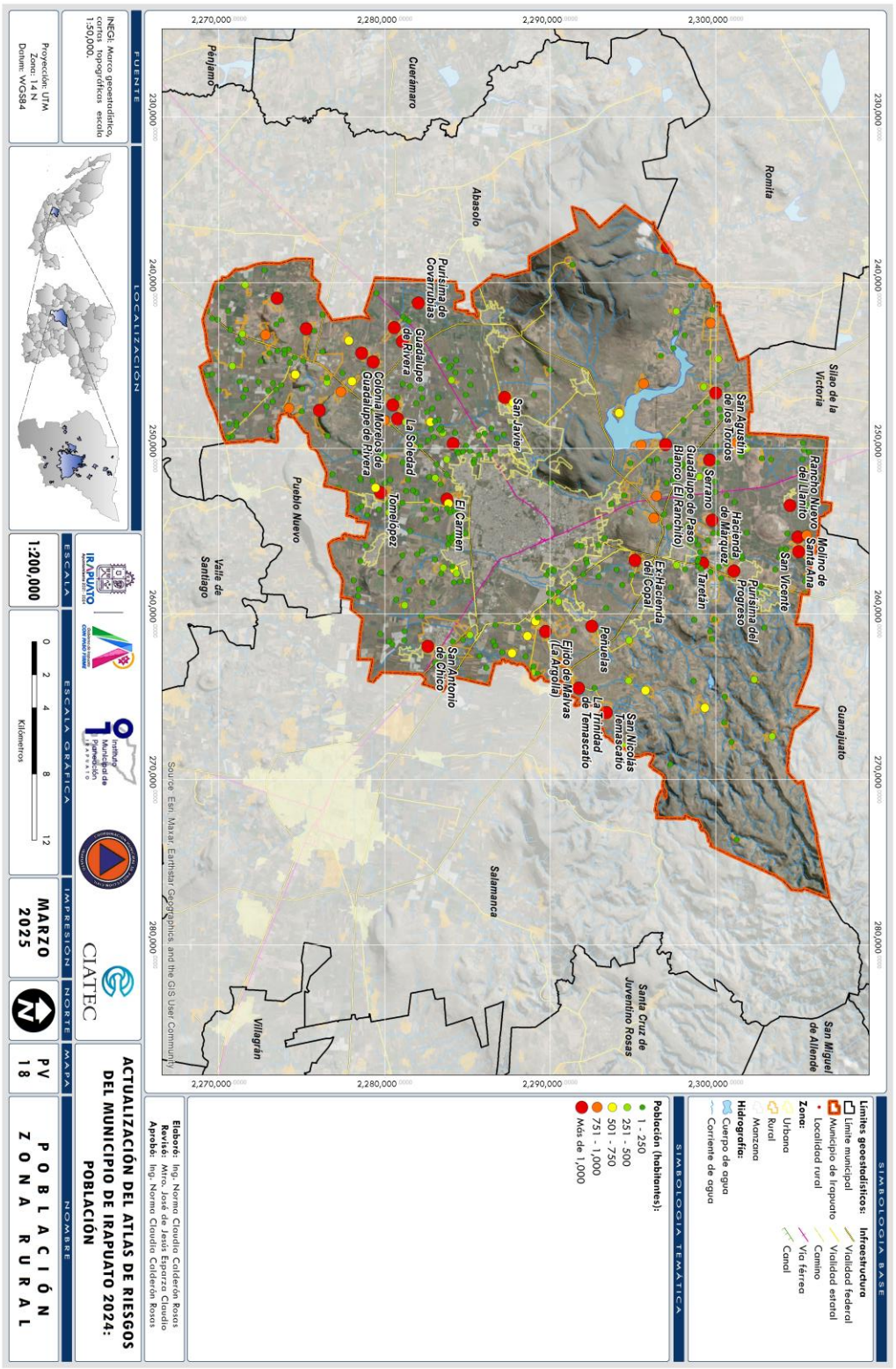
IV.2.2 Distribución de la población en el ámbito rural

En la Tabla 7, se mencionan únicamente aquellas localidades con más de 1,000 habitantes, mismas que se pueden apreciar con un círculo en color rojo en el Mapa 28.

Tabla 7: Localidades bajo el ámbito rural con más de 1,000 habitantes.

Localidad	Habitantes
Hacienda de Márquez	2,481
Tomelópez	2,325
Purísima del Progreso	2,285
San Vicente	1,982
San Nicolás Temascatío	1,942
El Carmen	1,916
San Antonio de Chico	1,806
San Javier	1,802
Peñuelas	1,653
La Soledad	1,596
Ejido de Malvas (La Argolla)	1,526
Guadalupe de Rivera	1,445
Serrano	1,433
San Agustín de los Tordos	1,427
Ex-Hacienda del Copal	1,420
Guadalupe de Paso Blanco (El Ranchito)	1,402
Taretán	1,398
Purísima de Covarrubias	1,382
Molino de Santa Ana	1,374
La Trinidad de Temascatío	1,364
Colonia Morelos de Guadalupe de Rivera	1,214
Rancho Nuevo del Llanito	1,209
Providencia de Pérez (El Guantón)	1,176
San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua)	1,138
San José de Bernalejo (El Guayabo)	1,117
Laguna Larga	1,069
Rivera de Guadalupe	1,056
Vista Hermosa	1,052
Rancho Nuevo de Yóstiro	1,046
San Luis del Jánamo (El Morado)	1,009

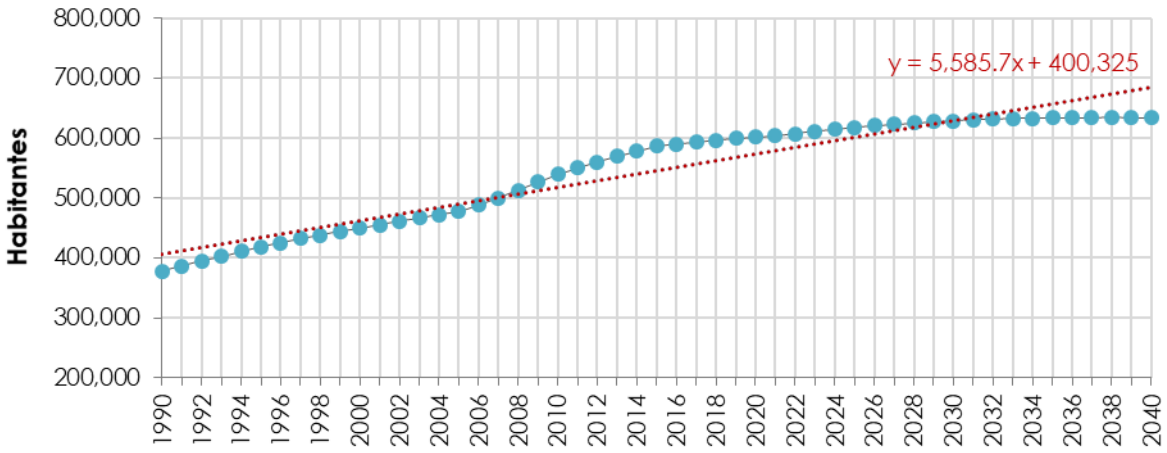
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.



Mapa 28: Distribución de la población en el ámbito rural del municipio de Irapuato.

IV.3 Proyección de la población

Las proyecciones de la población son la construcción y evaluación de futuros escenarios de las tendencias demográficas bajo una serie de condiciones específicas, las cuales permiten la planeación demográfica, económica, social y política al prever los requerimientos futuros, con base en el monto de la población, su estructura por edad y sexo, planeación educativa, empleo, vivienda, salud, entre otros. La Gráfica 8, presenta la proyección de la población irapuatense al año 2024.



Gráfica 8: Proyección de la población del municipio de Irapuato 1990 – 2040.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020

El acelerado e inadecuado proceso de urbanización es un factor recurrente en los patrones de desarrollo global. Se trata de un factor que debilita la capacidad para la gestión sustentable de los asentamientos humanos y aumenta la vulnerabilidad a los fenómenos naturales y sucesos inesperados creados por el hombre. Cabe destacar y enfatizar que el crecimiento poblacional y el proceso de urbanización no contribuyen, por sí solos, a incrementar el riesgo, sino más bien la falta de conocimiento de la dinámica terrestre local (agentes internos y externos), planificación y la carencia de recursos y capacidades para transformar en ventajas y oportunidades el fenómeno humano de urbanización. Estas limitaciones, característica de sociedades subdesarrolladas, son los principales elementos que incrementan el riesgo.

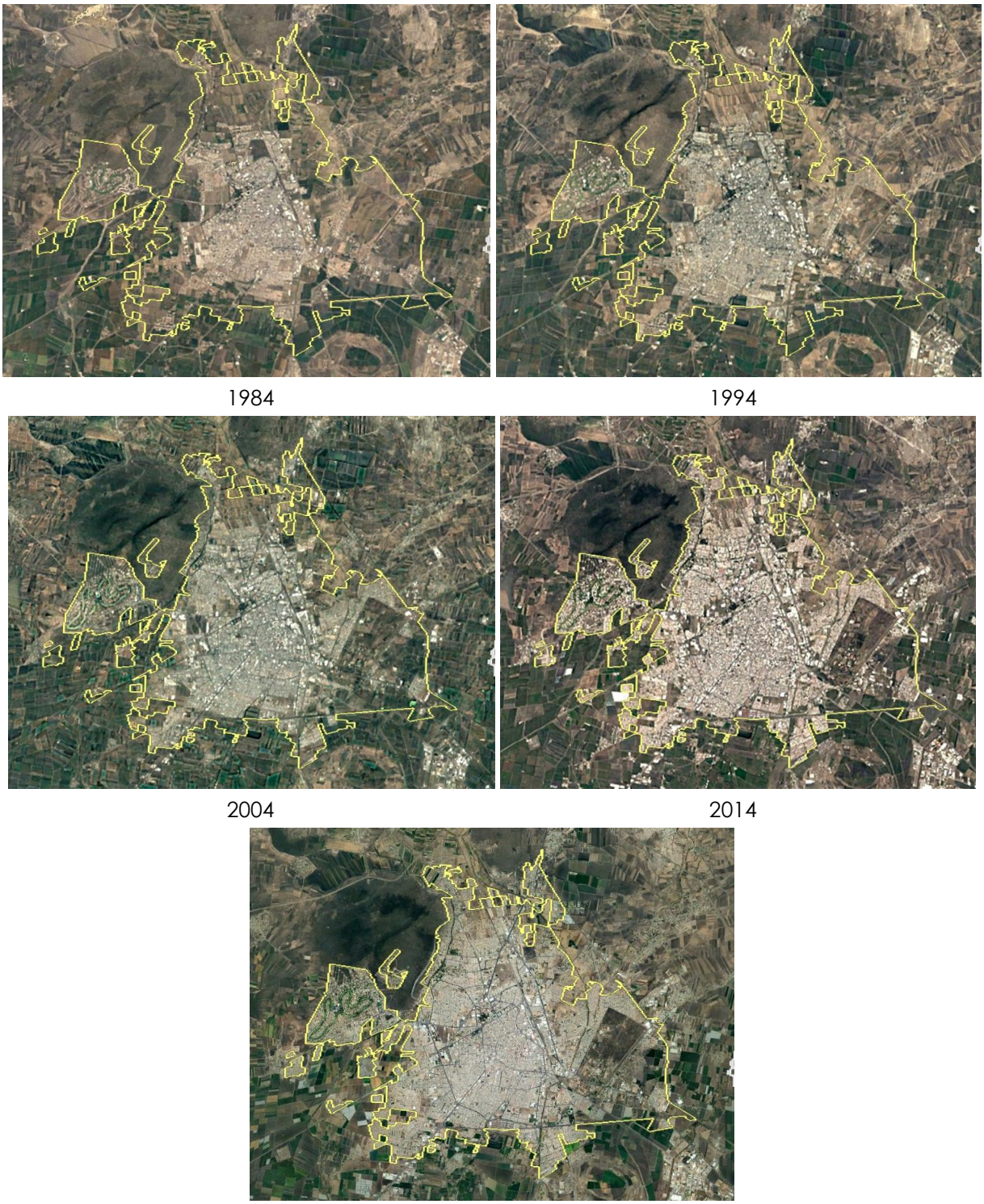
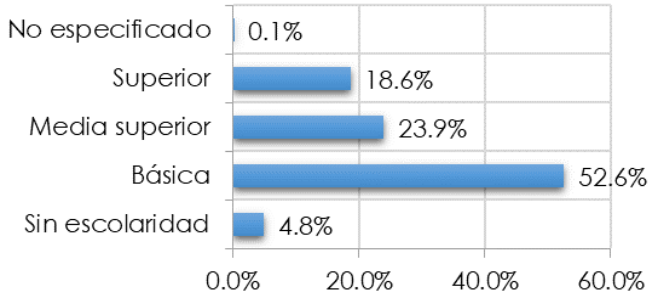


Figura 4: Crecimiento de la zona urbana de Irapuato 1984 – 2024.

Fuente: Google Earth ©.

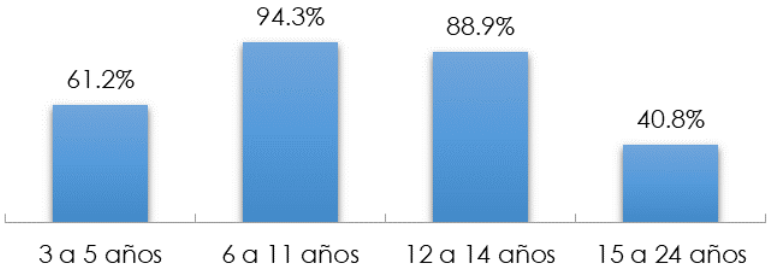
IV.4 Educación

En el tema educativo, de acuerdo con el Programa de Gobierno Municipal 2020-2024 del municipio de Irapuato, así como el CPV 2020, el 52.6% de la población mayor de 15 años contaba con escolaridad básico, un 23.9% con educación media superior, un 18.6% con educación superior, y un 4.8% no tiene escolaridad, (ver Gráfica 9).



Gráfica 9: Nivel de escolaridad de la población de 15 años y más.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.

La asistencia escolar, publicada en el Panorama Sociodemográfico de México 2020 (INEGI, Programas, 2024), menciona un 61.2% de niños entre 3 a 5 años, 94.0% de 6 a 11 años, 88.9% de 12 a 14 años, y de 40.8% de 15 a 24 años.



Gráfica 10: Asistencia escolar por grupo de edad.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.

IV.5 Población económicamente activa

En las últimas décadas ha aumentado la preocupación de la humanidad por la presencia de eventos naturales, el incremento en el número de desastres y por la tendencia creciente de los efectos destructivos que se concentran en amplios sectores de la población,

situación que ha dado pauta a observar a los desastres no sólo desde la perspectiva humanitaria o social, sino también desde el punto de vista económico, fortaleciéndose la hipótesis de que estos eventos pueden convertirse en un obstáculo para el desarrollo por el impacto económico negativo que significan o que pueden llegar a significar.

En cuanto a los grandes eventos, encontramos que, en muchos de los países en desarrollo, por mencionar las regiones de América Latina y El Caribe, se han presentado desastres en los cuales han fallecido miles de personas y se han perdido fuertes inversiones económicas por la destrucción de infraestructura clave como carreteras, vías ferroviarias, instalaciones energéticas, servicios básicos, entre otras. La desaparición de infraestructura productiva paraliza o retrasa la actividad económica en general, afectando los niveles de ingreso y empleo de la población del sector laboral formal, pero también tiene un gran

impacto entre los sectores que basan su forma de subsistencia en esquemas informales.

En el caso de las poblaciones que permanentemente sufren algún tipo de desastre, ya sean por fenómenos súbitos y de gran intensidad (inundaciones, nevadas, sismos, erupciones, etc.) como por la presencia de fenómenos de lento impacto(sequías, subsidencia, fallamientos, etc.), la pérdida de los medios de subsistencia representa un gran obstáculo para el desarrollo, ya que cada evento dificulta la actividad normal y revoca la posibilidad de mejorar esos medios de subsistencia al invertir los pocos recursos económicos existentes en su reposición, desfavoreciendo las condiciones que se tenían anteriores a su ocurrencia.

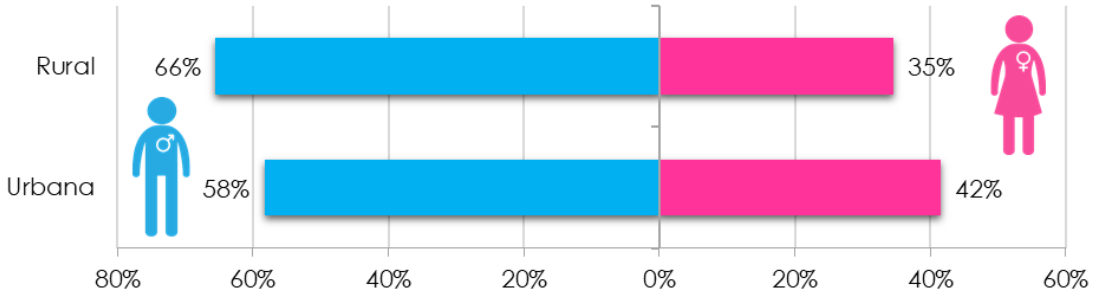
Bajo este panorama, conviene mencionar que, de acuerdo con el CPV2020, de la población total del municipio de Irapuato (ámbito urbano y rural), el 47.8% corresponde a Población Económicamente Activa (PEA[1]); de este porcentaje, el 40.6% son mujeres y el 59.2% son hombres. Cabe mencionar que, tanto en el ámbito urbano como rural, predomina el porcentaje de PEA masculina sobre la femenina, como se observa en la Gráfica 14.

Tabla 8: Población económicamente activa total y por género.

Ámbito	Población	PEA	PEA Femenina	PEA Masculina
Urbano	507,398	245,709	101,953	143,198
Rural	85,555	37,446	12,924	24,522
Total	**592,953**	**283,155**	**114,877**	**167,720**

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020

[1] Población, de 12 años y más, económicamente activa.



Gráfica 11: Porcentaje de PEA por ámbito y por género.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI, 2020.

IV.6 Discapacidad y salud

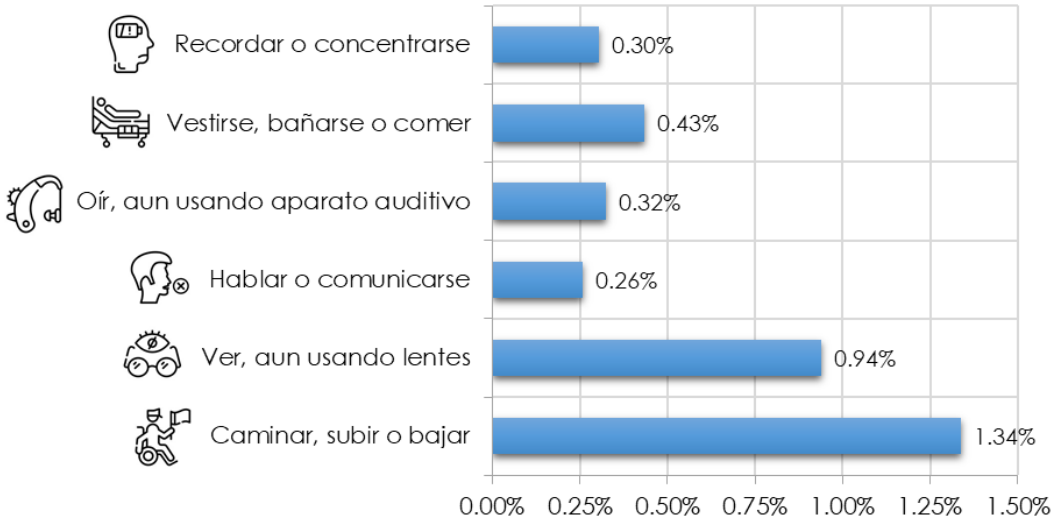
En los últimos años, México ha tenido avances en cuanto a la importancia de considerar la participación de las personas con discapacidad (PcD)en la gestión integral del riesgo de desastres, tanto a nivel local como nacional, ya que se cuenta con leyes, reglamentos y normas, como la Ley General de Protección Civil totalmente actualizada, se realizan cursos, la Comisión Nacional de los Derechos Humanos (CNDH) publicó la Guía para considerar a las PcD en protocolos de protección civil, y la Coordinación Nacional de Protección Civil realiza periódicamente cursos y eventos inclusivos.

Figura 5: Crecimiento de la zona urbana de Irapuato 1984 – 2024.
Fuente: (CONEVAL, 2019).

No obstante, aún se tiene muchos retos, siendo el principal la implementación y el cumplimiento de la normatividad, considerar un presupuesto en materia de gestión integral de riesgos de desastres, así como realizar campañas de concientización en materia de discapacidad. Tradicionalmente las PcD han sido relegadas en materia de prevención de riesgos de desastres como se vivió con la pandemia por COVID-19, enfermedad muy compleja (económica y socialmente) para las PcD.

Dadas estas circunstancias, la inclusión de datos geoestadísticos sobre PcD es crucial; si no se sabe quiénes son, dónde están y qué requieren, no se puede apoyar de manera idónea; planear, prepararse, prevenir, incluir a las PcD con su participación significativa, tomando en cuenta sus aportes. Una gestión de riesgos de desastres inclusiva no deja a nadie atrás.

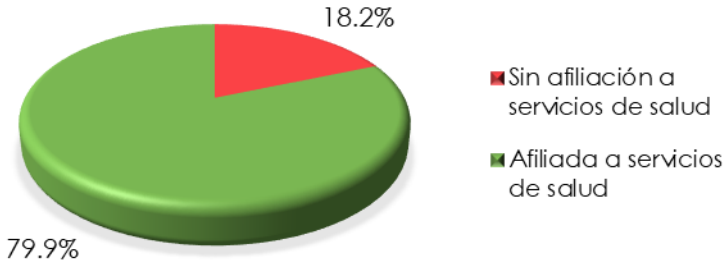
De acuerdo con el CPV2020, el 3.6% de la población total (ámbito urbano) del municipio de Irapuato presenta algún tipo de discapacidad (ver Gráfica 12); destacan el 1.34% presenta discapacidad para caminar, subir o bajar (personas que tienen mucha dificultad o no pueden caminar, subir o bajar), así como el 0.94% con discapacidad para ver, aun usando lentes (personas que tienen mucha dificultad o no pueden ver, aun cuando usen lentes). Adicionalmente, el grupo poblacional de adultos mayores presenta el mayor porcentaje con alguna discapacidad, (ver



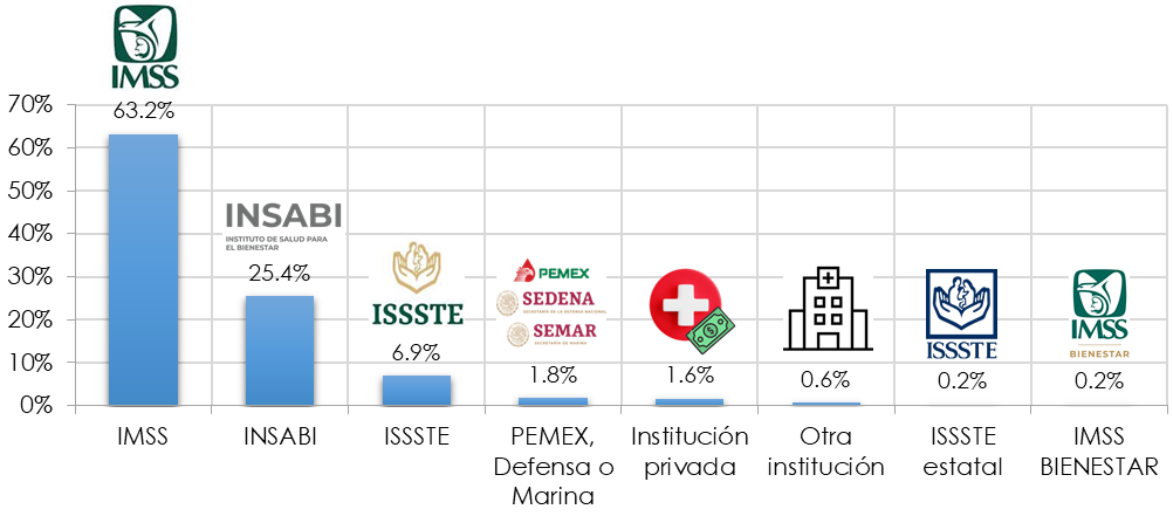
Gráfica 12: Porcentajes con respecto a la población total (ámbito urbano) por tipo de discapacidad.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.

En el tema de derechohabiencia, el CPV2020 menciona que el 80% de la población (ámbito urbano) se encuentra afiliada a alguno de los servicios de salud (ver Gráfica 13).

De la población afiliada, destacan el 63% inscritos al Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), un 25% al Instituto de Salud para el Bienestar (INSABI), y un 7% al Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), (ver Gráfica 14).



Gráfica 13: Porcentaje de población urbana con o sin afiliación a servicios de salud.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.



Gráfica 14: Porcentaje de población urbana afiliada por institución.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.

IV.7 Marginación

En el siglo pasado, en la década de los años 70, varios científicos sociales afirmaron que los desastres no tienen nada de natural. En la obra básica de muchos eruditos y profesionales, como Phil O'Keefe y Anders Wijkman, se explica cómo los fenómenos naturales o peligros pueden desencadenar desastres cuando coinciden con la marginación social, la pobreza y la fragilidad. En el tema de marginación, CONEVAL dio a conocer los resultados de las estimaciones del Grado de Rezago Social (GRS) a nivel Área

Geoestadística Básica (AGEB[2]) urbana para 2020, con base en la información del CPV2020. El GRS es una medida que resume indicadores de carencias sociales y bienes del hogar. Su metodología está basada en cuatro dimensiones señaladas en la Ley General de Desarrollo Social (LGDS):

I. Rezago educativo.
II. Acceso a los servicios de salud.
III. Calidad y espacios de la vivienda.
IV. Servicios básicos en la vivienda, (adicionalmente, se incorporan indicadores referentes a los bienes del hogar).

El GRS busca identificar la intensidad de estas dimensiones a nivel nacional y, de acuerdo con ésta, se asigna a cada una en un grado de rezago social: muy bajo, bajo, medio, alto o muy alto. Por lo tanto, el GRS a nivel AGEB urbana constituye una herramienta para identificar las áreas territoriales prioritarias en el ámbito urbano en términos de los indicadores incorporados. Cabe hacer mención que el GRS no es una medición de pobreza, ya que no incorpora los indicadores de ingreso, seguridad social y alimentación, sino que provee información, desagregada a nivel AGEB urbana, complementaria a la medición de pobreza multidimensional a nivel entidad federativa y municipal.

La zona urbana de Irapuato, como cabecera municipal, presenta en su mayoría AGEBs con grados de rezago social Muy Bajo a Medio. Por otro lado, los polígonos de El Carrizal Grande, La Calera, Lo de Juárez, San Roque, Tomelopitos y Valencianita, presentan AGEBs con rezago social de Medio a Muy Alto.

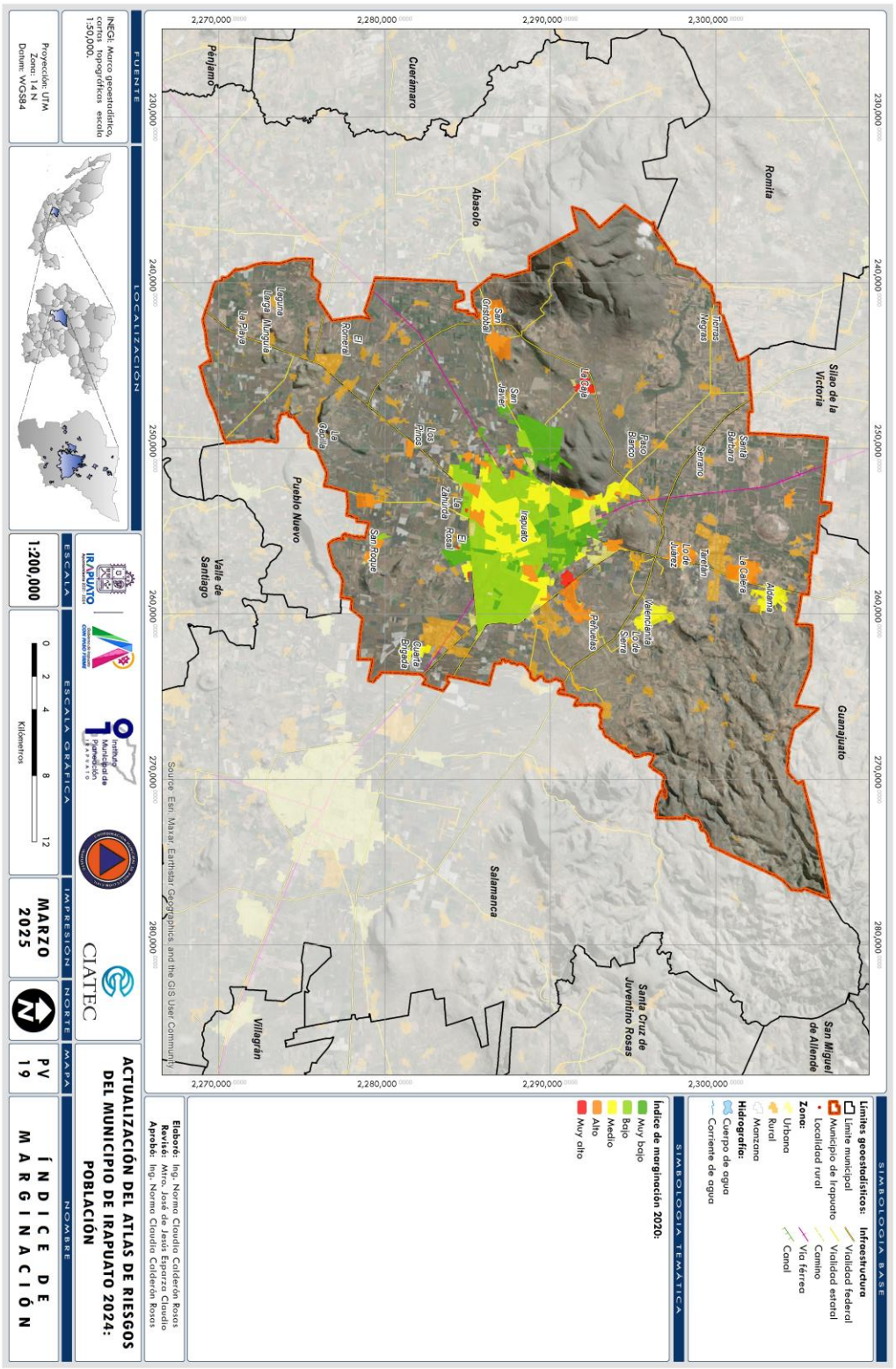
Tabla 9: Número de AGEB urbanas por grado de rezago social.

Polígono urbano	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Total general
Aldama	1	1	5	3		**10**
Cuarta Brigada			2		1	**3**
Cuchicuato			2			**2**
El Carrizal Grande		2	5	1	1	**9**
El Carrizalito				1		**1**
Irapuato	39	61	48	14	4	**166**
La Caja				1		**1**

[2] De acuerdo con el INEGI, una AGEB urbana es un área geográfica ocupada por conjuntos de manzanas perfectamente delimitadas y son asignadas al interior de las localidades urbanas, que corresponden a aquellas localidades con población mayor o igual que 2,500 habitantes o cabeceras municipales.

Polígono urbano	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto	Total general
La Calera			5	2		**7**
Lo de Juárez	1		2	1	2	**6**
San Antonio el Rico				1		**1**
San Cristóbal				3		**3**
San Roque			2	4	1	**7**
Santa Elena de la Cruz				1		**1**
Tomelopitos			2	1		**3**
Valencianita			6	4		**10**
Total general	**41**	**64**	**79**	**37**	**9**	**230**

Fuente: elaboración propia con datos de CONEVAL 2020.



Mapa 29: Índice de marginación del municipio de Irapuato.

IV.8 Características de la vivienda

En la antigüedad, el proceso de ocupación humano de la tierra se basó en la localización de zonas con fácil acceso a los recursos básicos para la subsistencia, desconociendo en su momento la presencia de peligros naturales. En la actualidad, y gracias a datos históricos y a metodologías científicas, se ha dado un proceso de construcción de riesgo, de posibilidad de ocurrencia de daños y pérdidas, en función de la manera en que se realiza la ocupación del territorio, tanto para efectos productivos como propiamente residenciales o de servicios básicos, es decir los asentamientos, pero además de la manera en que construye sobre ese territorio, en otras palabras, la forma de diseñar y construir las estructuras.

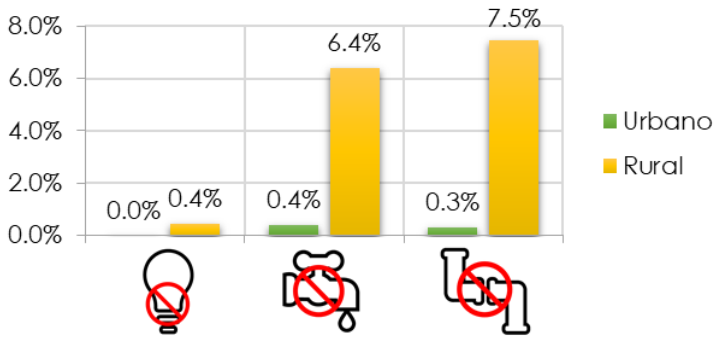
Si bien la construcción de viviendas es uno de los ejes de la economía y, a la vez, una de las más importantes demandas sociales y financieras como parte de un patrimonio heredable, todavía millones de familias construyen sus propias viviendas y difícilmente disponen de los conocimientos técnicos, y menos aún toman como un criterio básico la gestión del riesgo frente a desastres, o aun conociendo el peligro presente en la zona hayan sido víctimas de situaciones de desastre pero asuman que no tienen otra salida que vivir en el riesgo. Estas situaciones evidencian la necesidad de creación elementos legales adecuados a la presencia de los distintos peligros, naturales o antrópicos, locales con el fin de generar estrategias de prevención que beneficien a la población y su patrimonio.

Bajo este panorama, a continuación, se describe las características de la vivienda predominante en el municipio de Irapuato con base en el CPV2020; el censo menciona un total de 151,203 viviendas particulares habitadas[3], de las cuales el 86% se ubica en zona urbana y el 14% en zona rural.

La dotación y disponibilidad de servicios básicos (energía, agua potable y drenaje) son fundamentales para proteger la salud de las personas, en especial en la fase de emergencia y recuperación de desastres naturales; el CPV2020 menciona que la cobertura de los servicios en zona urbana es cercana al 100% de total de viviendas, caso contrario en zona rural donde la mayor carencia se presenta en el tema de drenaje, (ver Gráfica 15). En el caso de bienes muebles, destaca una mayor contabilización de electrodomésticos como refrigerador, lavadora, horno de microondas y automóvil en la

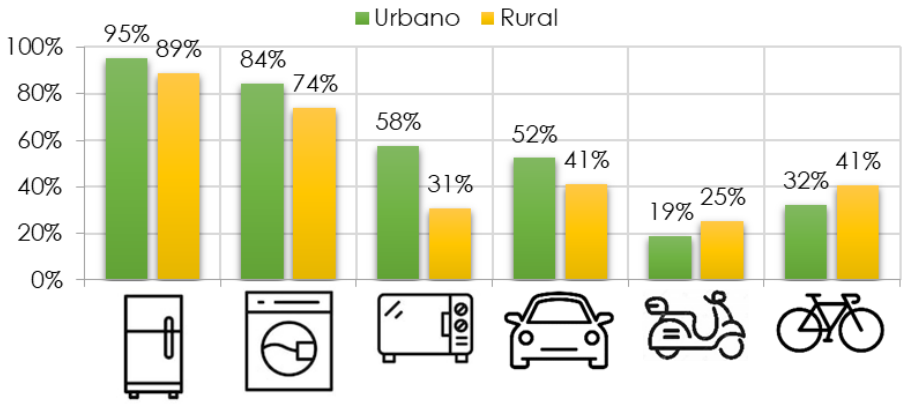
[3] Viviendas particulares habitadas de cualquier clase: casa única en el terreno; casa que comparte terreno con otra(s); casa dúplex; departamento en edificio; vivienda en vecindad o cuartería; vivienda en cuarto de azotea de un edificio; local no construido para habitación, vivienda móvil; refugio y no especificado de vivienda particular. Incluye a las viviendas particulares sin información de ocupantes.

zona urbana, mientras que la zona rural predominan la motocicleta y bicicleta como medio principal de transporte, (ver Gráfica 16). De igual forma, en la zona urbana predomina el uso de radio y TIC[4] (como televisor, computadora o laptop o tablet, línea telefónica fija, teléfono celular, servicio de internet y servicio de televisión de paga), (ver Gráfica 17).



Gráfica 15: Porcentaje de viviendas sin acceso a servicios básicos.

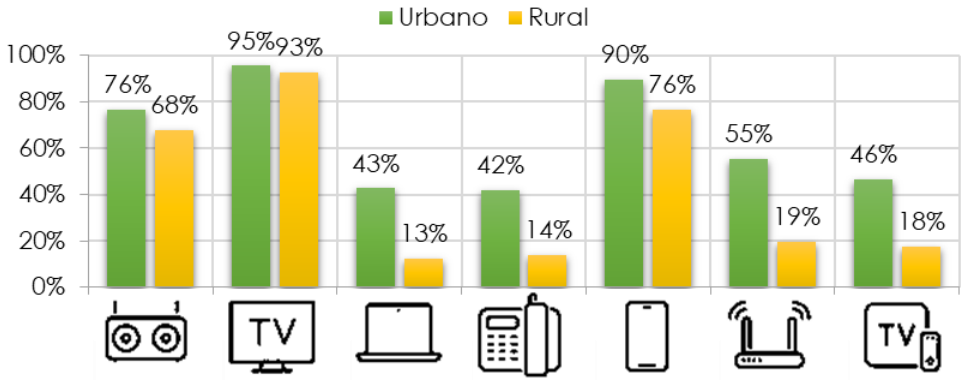
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.



Gráfica 16: Porcentaje de disponibilidad de bienes en la vivienda por ámbito.

Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.

[4] Tecnologías de la Información y la Comunicación.



Gráfica 17: Porcentaje de disponibilidad de TIC en la vivienda por ámbito.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.

V. BIBLIOGRAFÍA

CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos.* D.F.: CENAPRED.

CENAPRED. (21 de 12 de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

CENAPRED. (22 de Agosto de 2024). *Declaratorias*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

CONAGUA. (12 de Agosto de 2023). *Gerencia de Aguas Subterráneas*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAPO. (4 de Octubre de 2021). *CONAPO*. Obtenido de IMU_2020: https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONEVAL. (3 de Diciembre de 2019). *Documentos.* Obtenido de Dirección de Información y Comunicación Social: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/NOTA_INFORMATIVA_DIA_INTERNACIONAL_PERSONAS_CON_DISCAPACIDAD.pdf

DOF. (21 de Diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Eaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Diario Oficial de la Federación*, pág. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf.

EM-DAR, C. (23 de 08 de 2024). *UCLouvain*. Obtenido de https://www.emdat.be/

Guanajuato, H. C. (21 de 9 de 2018). *H. Congreso Estado Guanajuato*. Obtenido de LXV Legislatura: https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/1431/Ley_de_Protecci_n_Civil_para_el_Estado_de_Guanajuato_20181010.pdf

INEGI. (20 de Septiembre de 2020). *Datos*. Obtenido de Temas: https://www.inegi.org.mx/datos/

INEGI. (2020). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda 2020: https://www.inegi.org.mx/app/bibli

oteca/ficha.html?upc=889463807469

INEGI. (25 de 1 de 2021). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda - 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. (2023). *Sistemas de consulta*. Obtenido de Publicaciones: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007073

INEGI. (2024). *Programas*. Obtenido de Panorama: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/

IPLANEG. (2021). *Censo 2020*. Obtenido de Guanajuato: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/resultados-del-censo-2020/

León, H. A. (14 de 5 de 2020). *H. Ayuntamiento de León*. Obtenido de Normativa municipal: https://apps.leon.gob.mx/aplicaciones/normasleyes/public/documentos/202005151238560.REGLAMENTO%20DEL%20SISTEMA%20MUNICIPAL%20DE%20PROTECCION%20CIVIL.pdf?normaPage=3

PNUD. (20 de 6 de 2011). *PNUD*. Obtenido de Gestión del riesgo urbano: https://www.undp.org/es/publications/gestion-del-riesgo-urbano

SEDATU. (2018). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. Obtenido de Subsecretaría de Ordenamiento Territorial: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

SEGOB. (01 de 04 de 2022). *Unidad de Política Migratoria*. Obtenido de Documentos: http://www.politicamigratoria.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/diag_Guan.pdf

SINAPROC. (6 de 6 de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de INDESOL: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-civil-60762

SMAOT. (2021). *SEBIO-GTO*. Obtenido de Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato: http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/

UNDRR. (18 de 12 de 2019). *UNDRR*. Obtenido de UN: https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20240923

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENOS GEOLÓGICO Y ASTRONÓMICO

2025

Responsable del fenómeno:
M.C. Norma Liliana Cruz Ortiz

Colaboradores:
M.C. José de Jesús Torres García
Dr. Alfonso Álvarez Manilla

Índice

I. Introducción ..... - 93 -
II. Objetivo ..... - 97 -
III. Antecedentes ..... - 99 -
IV. Metodología ..... - 101 -
IV.1 Búsqueda de información ..... - 101 -
IV.2 Planeación de recorridos de campo para toma de datos ..... - 102 -
IV.2.1 Formatos de fichas de campo para toma de datos ..... - 102 -
IV.3 Trabajo de campo ..... - 109 -
IV.4 Compilación de datos de campo y verificación ..... - 109 -
IV.5 Interpretación de datos y elaboración de mapas temáticos ..... - 109 -
IV.5.1 Elaboración de mapas de peligro y/o susceptibilidad ..... - 110 -
IV.5.2 Determinación de la vulnerabilidad ..... - 112 -
IV.5.3 Mapas de riesgo ..... - 115 -
V. Taller participativo ..... - 117 -
VI. Búsqueda hemerográfica ..... - 121 -
VII. Inestabilidad de laderas ..... - 123 -
VII.1 Tipos de inestabilidades de ladera ..... - 125 -
VII.1.1 Caídos o derrumbes ..... - 125 -
VII.1.2 Deslizamientos ..... - 125 -
VII.1.3 Flujos ..... - 126 -
VII.2 Factores desencadenantes de la inestabilidad de laderas ..... - 127 -
VII.2.1 Precipitaciones como factor desencadenante ..... - 128 -
VII.2.2 Sismicidad como factor desencadenante ..... - 132 -
VII.3 Trabajo de campo ..... - 132 -
VII.4 Susceptibilidad al deslizamiento de laderas ..... - 139 -
VII.5 Peligro ..... - 143 -
VII.6 Vulnerabilidad ..... - 147 -

VII.6.1 Población ..... - 147 -
VII.6.2 Vivienda ..... - 151 -
VII.6.3 Infraestructura estratégica ..... - 154 -
VII.6.4 Matriz de cálculo de vulnerabilidad por inestabilidad de laderas ..... - 160 -
VII.7 Riesgo ..... - 161 -
VIII. Licuación de suelos ..... - 165 -
VIII.1 Peligro ..... - 167 -
VIII.2 Vulnerabilidad ..... - 167 -
VIII.3 Riesgo ..... - 168 -
IX. Karsticidad ..... - 173 -
IX.1 Peligro ..... - 177 -
IX.2 Vulnerabilidad ..... - 178 -
IX.3 Riesgo ..... - 178 -
X. Sismicidad ..... - 183 -
X.1 Intensidad sísmica en el territorio municipal ..... - 185 -
X.2 Regionalización sísmica ..... - 185 -
X.3 Sismicidad histórica ..... - 192 -
X.4 Trabajo de campo ..... - 198 -
X.5 Microzonificación sísmica ..... - 201 -
X.6 Vulnerabilidad ..... - 205 -
X.7 Riesgo ..... - 210 -
XI. Vulcanismo ..... - 213 -
XI.1 Conceptos generales ..... - 215 -
XI.2 Tipo de volcanes ..... - 215 -
XI.3 Tipos de erupciones ..... - 217 -
XI.4 Índice de Explosividad Volcánica (VEI) ..... - 218 -
XI.5 Vulcanismo en México ..... - 219 -
XI.6 Vulcanismo Regional ..... - 219 -
XI.6.1 CV Michoacán – Guanajuato ..... - 219 -
XI.6.2 Volcán de Colima ..... - 221 -
XI.7 Peligro por caída de ceniza ..... - 224 -
XI.8 Vulnerabilidad ..... - 229 -

XI.9 Riesgo ..... - 231 -
XII. Hundimientos y agrietamientos ..... - 233 -
XII.1 Antecedentes ..... - 235 -
XII.2 Secciones geológicas y las grietas de tensión ..... - 240 -
XII.3 Análisis de datos del acuífero 2006 – 2023 ..... - 243 -
XII.4 Asignación de nomenclatura para las fallas ..... - 252 -
XII.5 Trabajo de campo ..... - 257 -
XII.6 Susceptibilidad ..... - 262 -
XII.7 Vulnerabilidad ..... - 269 -
XII.7.2 Matriz de vulnerabilidad ..... - 274 -
XII.8 Riesgo ..... - 278 -
XIII. Tsunamis ..... - 281 -
XIV. Suelos expansivos ..... - 287 -
XIV.1 Vertisoles y factores climáticos en el municipio ..... - 289 -
XIV.2 Distribución de suelos potencialmente expansivos ..... - 295 -
XV. Fenómeno Astronómico ..... - 297 -
XV.1 Introducción ..... - 297 -
XV.2 Antecedentes ..... - 298 -
XV.3 Conceptos generales ..... - 299 -
XV.3.1 Instituciones mexicanas que estudian los fenómenos astronómicos ..... - 299 -
XV.3.2 Clima Espacial ..... - 302 -
XV.3.3 Colisiones con material asteroidal o cometario ..... - 303 -
XV.3.4 Tormentas solares ..... - 303 -
XV.4 Metodología ..... - 304 -
XV.4.1 Búsqueda de información en fuentes oficiales ..... - 304 -
XV.5 Elaboración de mapas temáticos para cada componente ..... - 304 -
XV.5.1 Elaboración de mapas de peligro y/o susceptibilidad ..... - 304 -
XV.5.2 Determinación de la vulnerabilidad y riesgo ..... - 305 -
XV.6 Búsqueda hemerográfica ..... - 305 -
XVI. Colisión con material asteroidal ..... - 307 -
XVII. Tormentas Solares ..... - 315 -
XVIII. Conclusiones ..... - 319 -

XVIII.1 Inestabilidad de laderas ..... - 319 -
XVIII.2 Licuación de suelos ..... - 321 -
XVIII.3 Karsticidad ..... - 321 -
XVIII.4 Sismicidad ..... - 321 -
XVIII.5 Vulcanismo ..... - 322 -
XVIII.6 Hundimientos y agrietamientos ..... - 323 -
XVIII.7 Tsunamis ..... - 324 -
XVIII.8 Suelos expansivos ..... - 325 -
XVIII.9 Colisiones con material asteroidal o cometario ..... - 325 -
XVIII.10 Tormentas solares ..... - 325 -
XIX. Bibliografía ..... - 327 -

Índice de figuras

Figura 1: Documentos antecedentes al Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato. .....- 99 -
Figura 2: Formato de campo para inestabilidad de laderas, hoja 1. .....- 103 -
Figura 3: Formato de campo para inestabilidad de laderas, hoja 2. .....- 104 -
Figura 4: Formato de campo para subsidencia, hoja 1. .....- 105 -
Figura 5: Formato de campo para subsidencia, hoja 2. .....- 106 -
Figura 6: Formato de campo para vibración ambiental. .....- 107 -
Figura 7: Formato de campo para aceleraciones. .....- 108 -
Figura 8: Presentación de antecedentes y llenado de encuesta relativa a la percepción de peligros geológicos y astronómicos. .....- 118 -
Figura 9: Mapa del peligro de deslizamiento publicado en 2013. .....- 124 -
Figura 10: Tipo de movimiento de masas. .....- 127 -
Figura 11: Panorama de las elevaciones en la Comunidad El Encino. .....- 135 -
Figura 12: Panorama de las elevaciones en la Comunidad Lo de Sierra, cerca de Valencianita. .....- 135 -
Figura 13: Panorama de las elevaciones en del Cerro La Garrida. .....- 136 -
Figura 14: Panorama de las elevaciones en del Cerro de Arandas. .....- 136 -
Figura 15: Vista del corte carretero en el Cuarto Cinturón Vial, Cerro de Arandas. .....- 136 -
Figura 16: Panorámica del Cerro El Piloncillo. .....- 136 -
Figura 17: Laderas en San Diego del Rosal. .....- 136 -
Figura 18: Panorámica del Cerro del Veinte o Tamahula. .....- 137 -
Figura 19: Laderas en la comunidad de Munguía. .....- 137 -
Figura 20: Elevaciones en la Comunidad Tinaja de Bernales. .....- 137 -
Figura 21: Frente de rocas en la Comunidad Rancho Nuevo Yóstiro. .....- 137 -
Figura 22: Vegetación moderada en las laderas de la Comunidad Rancho Nuevo Yóstiro.- 137 -
Figura 23: Daños por licuación de suelos en Coatzacoalcos, Veracruz. .....- 166 -
Figura 24: Generación de la licuación de suelos. .....- 167 -
Figura 25: Zonas de karst de México. .....- 173 -

Figura 26: Zonas kársticas de la Sierra Madre Oriental .....- 174 -
Figura 27: Zonas kársticas en el estado de Guanajuato .....- 175 -
Figura 28: Proceso de formación de la karsticidad. .....- 176 -
Figura 29: Aspecto de la caliza de origen continental depositada en un medio lacustre, en el municipio Irapuato, Gto. Fuente: (COREMI, 2004). .....- 177 -
Figura 30: Caliza subyaciendo a derrames de andesita basáltica del Mioceno medio, en el municipio de Irapuato, Gto. Fuente: (COREMI, 2004). .....- 177 -
Figura 31. Zonas Sísmicas (isovalores) en función del Periodo Fundamental de Vibración, To(s). .....- 184 -
Figura 32. Mapa de isosistas de temblores ocurridos entre 1845 y 1985 .....- 185 -
Figura 33. Regionalización sísmica de México.....- 186 -
Figura 34. El Mapa de Peligro Sísmico del GEM.....- 189 -
Figura 35: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 3.....- 201 -
Figura 36: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 6.....- 201 -
Figura 37: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 16.....- 201 -
Figura 38: Mapa de susceptibilidad de caída de ceniza del Volcán de Colima. .....- 214 -
Figura 39: Tipos de volcanes.....- 216 -
Figura 40: Tipos de erupciones volcánicas.....- 218 -
Figura 41: Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). .....- 218 -
Figura 42: a) Localización de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), mostrando el marco tectónico regional del y algunas provincias (Gómez Tuena, 2005); b) Distribución de los principales volcanes en la FVTM (Cano Cruz, 2007). .....- 219 -
Figura 43: A, Contexto tectónico del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) y localización del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). B, Los volcanes Paricutín y Jorullo dentro del CVMG y las principales ciudades. .....- 220 -
Figura 44: Nivel de Peligro por Volcanes en el Municipio de Irapuato .....- 221 -
Figura 45: Fotografías de erupciones del Volcán de Colima en 1903 y 2017. .....- 222 -
Figura 46: Mapa de peligros del Volcán de Fuego de Colima.....- 223 -
Figura 47: Aviso especial por la actividad del Volcán Colima del 25 de julio 2024 .....- 224 -
Figura 48: Aviso especial por la actividad del Volcán Colima del 6 de Noviembre 2024. ...- 224 -
Figura 49: Mapa de clasificación de las fallas de acuerdo al desplazamiento vertical.....- 234 -
Figura 50: Evolución topográfica de falla Puente de Guadalupe sobre la calle Juan Escutia, colonia Emiliano Zapata II. .....- 236 -

Figura 51: Sección A-A´ del estudio de la empresa GeoGrupo. ..... - 240 -
Figura 52: Sección F-F´ del estudio de la empresa GeoGrupo. ..... - 241 -
Figura 53: Fase 1: Hundimiento por abatimiento del nivel del agua. ..... - 242 -
Figura 54: Fase 2: Generación de grietas de tensión. ..... - 243 -
Figura 55: Fase 3: Crecimiento de grietas de tensión por sobreexplotación del acuífero. ..... - 243 -
Figura 56: Localización del acuífero Irapuato-Valle. ..... - 244 -
Figura 57: Reunión de trabajo para asignación de nombres a fallas geológicas. ..... - 253 -
Figura 58: Falla 24 de Abril ..... - 258 -
Figura 59: Falla Apatzingán - Puente de Guadalupe. ..... - 258 -
Figura 60: Falla Las Huertas. ..... - 258 -
Figura 61: Falla Reforma. ..... - 258 -
Figura 62: Falla Cotero. ..... - 258 -
Figura 63: Falla Deportiva Sur. ..... - 258 -
Figura 64: Falla El Nido ..... - 258 -
Figura 65: Falla Floresta - Colón. ..... - 258 -
Figura 66: Falla Jardines de la Hacienda ..... - 259 -
Figura 67: Falla La Pradera. ..... - 259 -
Figura 68: Falla Las Fuentes - García Téllez. ..... - 259 -
Figura 69: Falla Las Huertas. ..... - 259 -
Figura 70: Falla Las Torres ..... - 259 -
Figura 71: Falla Los Olivos ..... - 259 -
Figura 72: Falla Morelos - Hacienda la Virgen ..... - 259 -
Figura 73: Falla Plan Guanajuato - Carrizalito. ..... - 259 -
Figura 74: Autopista, Falla Rancho Grande. ..... - 260 -
Figura 75: Falla Reforma ..... - 260 -
Figura 76: Falla San Francisco la Charca. ..... - 260 -
Figura 77: Falla Valle del Sol. ..... - 260 -
Figura 78: Falla Zona Habitacional Militar - Morelos. ..... - 260 -
Figura 79: Sismos que han producido tsunamis en México. ..... - 282 -
Figura 80: Mapa de suelos con potencial de expansión 2013. ..... - 288 -

Figura 81: Logo de la Agencia Espacial Mexicana. ..... - 299 -
Figura 82: Logo del Laboratorio Nacional de Clima Espacial. ..... - 300 -
Figura 83: Logo del Servicio de Clima Espacial México. ..... - 300 -
Figura 84: Logo del MEXART Mexican Array Radiotelescope. ..... - 301 -
Figura 85: Logo de ISES Servicio Internacional del Medio Ambiente Espacial. ..... - 302 -
Figura 86: Ejemplos reportes semanales de asteroides y meteoros. ..... - 307 -
Figura 87: Portada de los reportes semanales de Clima Espacial. ..... - 315 -
Figura 88: Ejemplos reportes semanales de Clima Espacial. ..... - 316 -
Figura 89: Aurora boreal vista desde Chihuahua. ..... - 317 -
Figura 90: Aurora boreal captada en Zacatecas. ..... - 317 -

Índice de gráficas

Gráfica 1: Distribución de eventos sísmicos a 500 km del municipio de Irapuato. ..... - 192 -
Gráfica 2: Distribución de eventos sísmicos a 200 km del municipio de Irapuato. ..... - 193 -
Gráfica 3: Distribución de espesores de ceniza alcanzados en erupciones recientes de tipo pliniano. ..... - 225 -
Gráfica 4: Distribución de la ceniza en función del tamaño de las partículas ..... - 226 -

Índice de mapas

Mapa 1: Precipitación máxima en 24 horas para el periodo de retorno de 25 años. ..... - 131 -
Mapa 2: Puntos de verificación en campo de inestabilidad de laderas. ..... - 138 -
Mapa 3: Susceptibilidad por inestabilidad de laderas. ..... - 141 -
Mapa 4: Precipitación como factor desencadenante de inestabilidad de laderas. ..... - 142 -
Mapa 5: Peligro por inestabilidad de laderas. ..... - 146 -
Mapa 6: Población expuesta por inestabilidad de laderas. ..... - 150 -
Mapa 7: Viviendas expuestas por inestabilidad de laderas. ..... - 153 -

Mapa 8: Infraestructura expuesta por inestabilidad de laderas. - 159 -
Mapa 9: Vulnerabilidad por inestabilidad de laderas. - 162 -
Mapa 10: Riesgos por inestabilidad de laderas. - 164 -
Mapa 11: Peligro por licuación de suelos. - 169 -
Mapa 12: Vulnerabilidad por licuación de suelos. - 170 -
Mapa 13: Riesgo por licuación de suelos. - 171 -
Mapa 14: Peligro por karsticidad. - 179 -
Mapa 15: Vulnerabilidad por karsticidad. - 180 -
Mapa 16: Riesgo por karsticidad. - 181 -
Mapa 17: Regionalización sísmica de Irapuato y nivel de peligro sísmico. - 187 -
Mapa 18: Velocidades Vs30 para el municipio de Irapuato. - 191 -
Mapa 19: Epicentros de sismos a 500 km del municipio de Irapuato. - 195 -
Mapa 20: Epicentros de sismos a 200 km del municipio de Irapuato. - 196 -
Mapa 21: Epicentros de sismos en el municipio de Irapuato. - 197 -
Mapa 22: Puntos de registro de fuente pasiva. - 200 -
Mapa 23: Isoperiodos sísmicos. - 204 -
Mapa 24: Intensidades reportadas en el ANR. - 206 -
Mapa 25: Vulnerabilidad sísmica. - 209 -
Mapa 26: Riesgos sísmicos para la ciudad de Irapuato. - 211 -
Mapa 27: Peligros volcánicos por caída de ceniza volcánica. - 228 -
Mapa 28: Vulnerabilidad por acumulación de ceniza volcánica. - 230 -
Mapa 29: Riesgos por acumulación de ceniza volcánica. - 232 -
Mapa 30: Distribución espacial y magnitud de la subsidencia en el periodo 2017-2019. - 239 -
Mapa 31: Piezometría del nivel estático, año 2013. - 247 -
Mapa 32: Evolución del nivel estático, periodo 2006-2013. - 248 -
Mapa 33: Piezometría del Nivel estático, año 2024. - 250 -
Mapa 34: Evolución del nivel estático, periodo 2013-2024. - 251 -
Mapa 35: Distribución espacial de fallas. - 256 -
Mapa 36: Puntos de verificación de los recorridos de campo de fallas. - 261 -
Mapa 37: Mapa de susceptibilidad por hundimientos regionales. - 268 -

Mapa 38: Mapa de vulnerabilidad por hundimientos regionales. ..... - 277 -
Mapa 39: Mapa de riesgo por hundimientos regionales. ..... - 280 -
Mapa 40: Distancia de la ocurrencia de tsunamis con respecto al municipio de Irapuato. - 283 -
Mapa 41: Peligro por tsunamis. ..... - 284 -
Mapa 42: Vulnerabilidad por tsunamis. ..... - 285 -
Mapa 43: Riesgo por tsunamis. ..... - 286 -
Mapa 44: Edafología del municipio de Irapuato. ..... - 292 -
Mapa 45: Vertisoles de 1er orden en el municipio de Irapuato. ..... - 293 -
Mapa 46: Vertisoles de 2do orden en el municipio de Irapuato. ..... - 294 -
Mapa 47: Suelos potencialmente expansivos. ..... - 296 -
Mapa 48: Peligro por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato. ..... - 312 -
Mapa 49: Vulnerabilidad por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato. - 313 -
Mapa 50: Riesgo por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato. ..... - 314 -
Mapa 51: Peligro por tormentas solares. ..... - 318 -

Índice de tablas

Tabla 1: Estadísticas de población afectada por tipo de desastre ocurrido en México (1910-2023). ..... - 94 -
Tabla 2: Sistemas expuestos para el fenómeno geológico. ..... - 112 -
Tabla 3: Clasificación del material de muros y techos de viviendas. ..... - 113 -
Tabla 4: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros. ..... - 113 -
Tabla 5: Clasificación del Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda. ..... - 114 -
Tabla 6: Instancias participantes en el taller de actualización de los fenómenos geológico y astronómico. ..... - 117 -
Tabla 7: Percepción de la intensidad de los fenómenos geológicos que se han manifestado en Irapuato. ..... - 118 -
Tabla 8: Percepción de intensidad de los fenómenos astronómicos en Irapuato. ..... - 119 -
Tabla 9: Resumen de noticias de los componentes geológicos en 2024. ..... - 121 -
Tabla 10: Factores desencadenantes de inestabilidad de laderas. ..... - 128 -

Tabla 11: Umbrales calculados para Irapuato, con la precipitación media anual.....- 128 -

Tabla 12: Precipitaciones acumuladas en 24 horas para cada estación y sus periodos de retorno. .....- 129 -

Tabla 13: Fincha de campo L-12 en Rancho Nuevo Yóstiro.....- 132 -

Tabla 14: Listado de reportes de inestabilidades de laderas en el municipio de Irapuato. .- 133 -

Tabla 15: Fichas de campo de inestabilidad de laderas.....- 134 -

Tabla 16: Clasificación de la susceptibilidad de una ladera por puntaje de formato de campo. .....- 139 -

Tabla 17: Resultado de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas. .....- 139 -

Tabla 18: Definición del grado de peligro por inestabilidad de laderas. .....- 143 -

Tabla 19: Matriz de cálculo del peligro por inestabilidad de laderas. .....- 144 -

Tabla 20: Resultado de la matriz para obtener el nivel de peligro. .....- 145 -

Tabla 21: Población expuesta por posible afectación por inestabilidad de laderas. .....- 148 -

Tabla 22: Viviendas expuestas por posible afectación por inestabilidad de laderas. .....- 151 -

Tabla 23: Resultado de la evaluación de tipos de vivienda por fichas de campo de inestabilidad de laderas. .....- 151 -

Tabla 24: Infraestructura de salud con posible afectación por inestabilidad de laderas. ...- 154 -

Tabla 25: Infraestructura de educación con posible afectación por inestabilidad de laderas. ..- 154 -

Tabla 26: Infraestructura vial con posible afectación por inestabilidad de laderas.....- 155 -

Tabla 27: Infraestructura vial de la Red Nacional de Caminos con posible afectación por inestabilidad de laderas. .....- 156 -

Tabla 28: Infraestructura eléctrica con posible afectación por inestabilidad de laderas. ...- 156 -

Tabla 29: Total de infraestructura estratégica expuesta de servicios y comercio por posible afectación por inestabilidad de laderas. .....- 157 -

Tabla 30: Infraestructura de estaciones de servicio con posible afectación por inestabilidad de laderas. .....- 157 -

Tabla 31: Infraestructura de hospedaje con posible afectación por inestabilidad de laderas. ...- 158 -

Tabla 32: Matriz de cálculo de la vulnerabilidad por inestabilidad de laderas. .....- 160 -

Tabla 33: Resultado de la matriz para obtener el nivel de vulnerabilidad. .....- 161 -

Tabla 34: Matriz de cálculo del riesgo por inestabilidad de laderas. .....- 161 -

Tabla 35: Resultado de la matriz para obtener el nivel de riesgo.....- 163 -

Tabla 36: Características sísmicas de Irapuato y municipios colindantes. ..... - 188 -
Tabla 37: Aceleración Máxima del Terreno con una probabilidad del 10 % de ser excedida en 50 años. ..... - 189 -
Tabla 38: Clasificación de respuesta sísmica en sitios Vs30. ..... - 189 -
Tabla 39: Fichas de campo de sismicidad con fuente pasiva. ..... - 198 -
Tabla 40: Resultado del Levantamiento de datos sísmicos de ruido ambiental. ..... - 202 -
Tabla 41: Matriz de cálculo de la vulnerabilidad por sismos. ..... - 207 -
Tabla 42: Escala de Mercalli modificada. ..... - 207 -
Tabla 43: Matriz de cálculo de riesgo por sismos. ..... - 210 -
Tabla 44: Resumen de las propiedades peligrosas de la ceniza volcánica. ..... - 225 -
Tabla 45: Matriz de cálculo de peligro por caída de ceniza. ..... - 227 -
Tabla 46: Matriz de cálculo de vulnerabilidad por caída de ceniza. ..... - 229 -
Tabla 47: Matriz de cálculo de riesgo por caída de ceniza. ..... - 231 -
Tabla 48: Resumen de fallas geológicas levantadas del 2010 al 2014. ..... - 236 -
Tabla 49: Evolución del nivel estático del acuífero Valle de Irapuato. ..... - 252 -
Tabla 50: Nombres de las fallas y su actualización. ..... - 253 -
Tabla 51: Fallas y longitud. ..... - 254 -
Tabla 52: Puntos de verificación de subsidencia y fallas geológicas. ..... - 257 -
Tabla 53: Matriz de cálculo de susceptibilidad por hundimientos regionales. ..... - 263 -
Tabla 54: Definición del grado de susceptibilidad por hundimientos. ..... - 263 -
Tabla 55: Desplazamiento vertical en centímetros por año de cada falla. ..... - 265 -
Tabla 56: Resultados de la evaluación de susceptibilidad por hundimiento regional. ..... - 265 -
Tabla 57: Población expuesta en los trazos de las fallas. ..... - 270 -
Tabla 58: Viviendas expuesta en los trazos de las fallas. ..... - 270 -
Tabla 59: Resultado de la evaluación de tipos de vivienda por fichas de campo de hundimientos regionales. ..... - 270 -
Tabla 60: Líneas de transmisión expuesta en los trazos de las fallas. ..... - 271 -
Tabla 61: Líneas de ductos expuestos en los trazos de las fallas. ..... - 272 -
Tabla 62: Tipos de vialidades expuesta en los trazos de las fallas. ..... - 272 -
Tabla 63: Comercios expuestos en los trazos de las fallas de Irapuato, Gto. ..... - 273 -

Tabla 64: Matriz de cálculo de vulnerabilidad por hundimientos regionales en el municipio de Irapuato, Gto. ..... - 275 -
Tabla 65: Resultados de la evaluación de vulnerabilidad por hundimiento regional. ..... - 275 -
Tabla 66: Matriz de cálculo de riesgo por hundimientos regionales. ..... - 278 -
Tabla 67: Resultados de la evaluación de riesgo por hundimiento regional. ..... - 278 -
Tabla 68. Tipos de suelo en el municipio de Irapuato. ..... - 290 -
Tabla 69: Características de los vertisoles. ..... - 291 -
Tabla 70: Guía de estimación de cambio de volumen en suelos expansivos. ..... - 295 -
Tabla 71: Resumen de noticias de los componentes astronómicos en 2024 ..... - 305 -
Tabla 72: Resumen de asteroides reportados de julio 2023 a septiembre 2024. ..... - 307 -
Tabla 73: Resumen de cometas y/o bolas de fuego reportados de julio 2023 a septiembre 2024. ..... - 308 -
Tabla 74: Objetos cercanos a la Tierra próximamente de 2024 a 2034. ..... - 309 -
Tabla 75: Resumen de las Condiciones del Sol de 2023 a 2024. ..... - 316 -

I. INTRODUCCIÓN

Desde la creación de los primeros asentamientos humanos se ha procurado el bienestar de los pobladores de las urbes, desde las ciudades antiguas se han realizado observaciones del entorno que han alertado a la población y otras tantas que los han sorprendido. De estos, los principales fenómenos geológicos corresponden a los sismos, las erupciones volcánicas, los movimientos tierra pendiente abajo y los agrietamientos en los campos de cultivo, entre otros; siendo que algunos pueden ser consecuencia de otros.

Existen registros antiguos de eventos, como sismos y erupciones volcánicas principalmente, derivado de que las fuerzas internas de la Tierra han estado activas por millones de años antes que la humanidad. Es por ello que las sociedades han aprendido a vivir y convivir con ellos, generando una cultura de prevención que desde eventos catastróficos como en 1943 y 1982 con erupciones volcánicas (Paricutín y Chichón) en 1985 con sismos (CDMX) o 1999 con deslizamientos de laderas (Teziutlán) entre muchos otros eventos geológicos que dieron origen a instituciones de prevención y gestión del riesgo en México. En México corresponden al Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) fundado en 1988 y apoyándose de otras instituciones como el Servicio Sismológico Nacional (SSN) de 1910, el Servicio Geológico Mexicano (SGM, antes COREMI) de 1944, el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) de 1983, entre otras.

A nivel nacional, los eventos naturales de origen geológico son los que han generado mayores cifras con respecto a mortalidad y afectación en la población, tal como se puede observar en la siguiente tabla; entre el periodo de 1910 al 2023, en México se tiene un registro aproximado de 4 millones de personas afectadas por la ocurrencia de terremotos. Con el fin de poder actuar de forma preventiva y minimizar el impacto de estos peligros tanto de las personas como de bienes, es necesario conocer su comportamiento y su distribución en el territorio.

Tabla 1: Estadísticas de población afectada por tipo de desastre ocurrido en México (1910-2023).

Desastre	Tipo de desastre	Subtipo de desastre	Total de		Número de	
			Muertos	Afectados	Heridos	Personas sin hogar
Biológico	Epidemia	Enfermedad bacteriana	52	5,000	0	0
		Enfermedad viral	16	48,212	0	0
Climatológico	Sequía	Sequía	0	2,565,000	0	0
	Incendio forestal	Incendio forestal	50	0	0	0
		Incendio terrestre (maleza, matorrales, pastizales)	60	0	0	0
Geofísico	Terremoto	Movimiento de tierra	12,188	4,203,012	40,994	120,699
	Actividad volcánica	Lluvia de cenizas	1,120	161,908	500	15,000
Hidrológico	Inundación	Inundación costera	912	746,060	60	86,000
		Inundación repentina	314	408,417	437	30,910
		Inundación (general)	2,736	484,887	0	25,000
		Inundación fluvial	480	3,359,496	176	70,200
	Movimiento de masas (húmedo)	Deslizamiento de tierra (húmedo)	332	320	0	120
Meteorológico	Temperatura extrema	Ola de frío	718	136,000	0	16,000
		Ola de calor	470	0	0	0
	Tormenta	Tormenta de nieve/invernal	152	257,500	0	7,500
		Clima severo	28	1,771	229	0
		Tormenta (general)	229	310,800	0	200
		Tornado	14	2,320	229	741
		Ciclón tropical	5,341	9,085,065	2,117	632,150
		TOTAL	**25,212**	**21,775,768**	**44,742**	**1,004,520**

Fuente: (EM-DAR, 2024).

Los riesgos geológicos se clasifican en tres grupos:

- Los originados directamente por la dinámica de los procesos geológicos internos (volcanes, terremotos y tsunamis).
- Los derivados directamente de la dinámica de procesos naturales externos (inundaciones y movimientos gravitacionales).
- Los riesgos geológicos inducidos por la intervención y modificación directa del ser humano sobre el medio geológico o la dinámica de diversos procesos geológicos naturales.

Para la actualización del fenómeno geológico en el municipio de Irapuato se han analizado los componentes de inestabilidad de laderas, licuación y expansión de suelos, karstificación, sismicidad, vulcanismo, hundimientos (subsidencia) y agrietamientos del terreno; además de acotaciones específicas para el fenómeno de tsunamis. Por otro lado, por primera vez se desarrolla el fenómeno astronómico para el municipio de Irapuato, con base en el análisis de los componentes de colisiones con material asteroidal o cometario y tormentas solares.

El estudio del fenómeno geológico y sus componentes (inestabilidad de laderas, licuación de suelos, karstificación, sismicidad, vulcanismo, hundimientos y agrietamientos del terreno) en el municipio de Irapuato es de gran importancia para la planeación del desarrollo urbano y rural gestionando los peligros y sus vulnerabilidades, ya que con esto se podrán minimizar los costos sociales y económicos causados por la manifestación de estos peligros naturales.

II. OBJETIVO

Actualizar el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., en sus fenómenos Geológico y Astronómico, de acuerdo a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (DOF, 2016), y sus respectivos anexos, para constituirlo como una base de información confiable y oportuna que permita fortalecer los programas municipales en materia de riesgos, sobre los cuales las autoridades tomen decisiones referentes a la implementación de medidas de prevención, mitigación y atención de desastres.

III. ANTECEDENTES

La identificación de los peligros relacionados a la geología del municipio de Irapuato, y los municipios cercanos, ya ha sido realizada previamente (ver Figura 1); el primer documento público identificado es el Atlas de Riesgos Municipal de Irapuato, elaborado por CIATEC en el año 2013 (IMPLAN, 2013). En el año 2023 se realizaron dos publicaciones, una por parte de la Secretaría de Seguridad Pública, quien emitió el "Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato" en coordinación con Protección Civil Estatal de Guanajuato, (SSE, 2023) y otro análisis de peligros geológicos e hidrometeorológicos por la Dirección de Análisis y Gestión de Riesgos de la Dirección de Investigación del CENAPRED, (CENAPRED, 2023).

Figura 1: Documentos antecedentes al Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato.
Fuente: (IMPLAN, 2013), (SSE, 2023) y (CENAPRED, 2023).

Por otro lado, también se han realizado estudios específicos sobre la distribución de las fallas geológicas en la zona urbana de Irapuato, en los que se hace mención de las afectaciones, mismas que han sido reportadas por la academia desde los años ochenta del siglo pasado.

IV. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la presente actualización del Atlas de Riesgos de Irapuato 2024, se fundamenta en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del 2016 (GCMEANR), (DOF, 2016), emitida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF), así como de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de 2021 (CENAPRED, 2021). Adicionalmente, en el presente capítulo se describen brevemente las actividades de campo y gabinete para el análisis de cada componente.

IV.1 Búsqueda de información

Se realizaron búsquedas de información en fuentes oficiales para la determinación tanto de antecedentes históricos como de eventos importantes relativos a sismos, vulcanismo, inestabilidad de laderas, karsticidad, sin dejar de lado la documentación del acuífero del Irapuato-Valle y Silao-Romita para la susceptibilidad del hundimiento regional, así como los agrietamientos o fallamiento del terreno.

La búsqueda y solicitud de información se realizó en los tres niveles de gobierno; si bien, varias dependencias tienen la opción de descargar información desde sus sitios web oficiales, a veces resulta pertinente realizar una solicitud adicional o complementaria para contar con una base de datos más completa y robusta. Algunas de las instituciones consultadas fueron:

- Comisión Nacional del Agua, (CONAGUA).
- Centro Nacional de Prevención de Desastre, (CENAPRED).
- Secretaria de Educación Pública, (SEP).
- Servicio Geológico Mexicano, (SGM).
- Comisión Federal de Electricidad, (CFE).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI).

- Comisión Estatal del Agua, (CEAG).
- Protección Civil del Estado de Guanajuato.
- Instituto Municipal de Planeación de Irapuato, (IMPLAN).
- Instituto Municipal de Vivienda de Irapuato, (IMUVI).
- Protección Civil Municipal y Bomberos.
- Junta de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento, (JAPAMI).
- Movilidad y Transporte.
- Desarrollo Rural.
- Desarrollo Urbano.
- Obras Públicas.

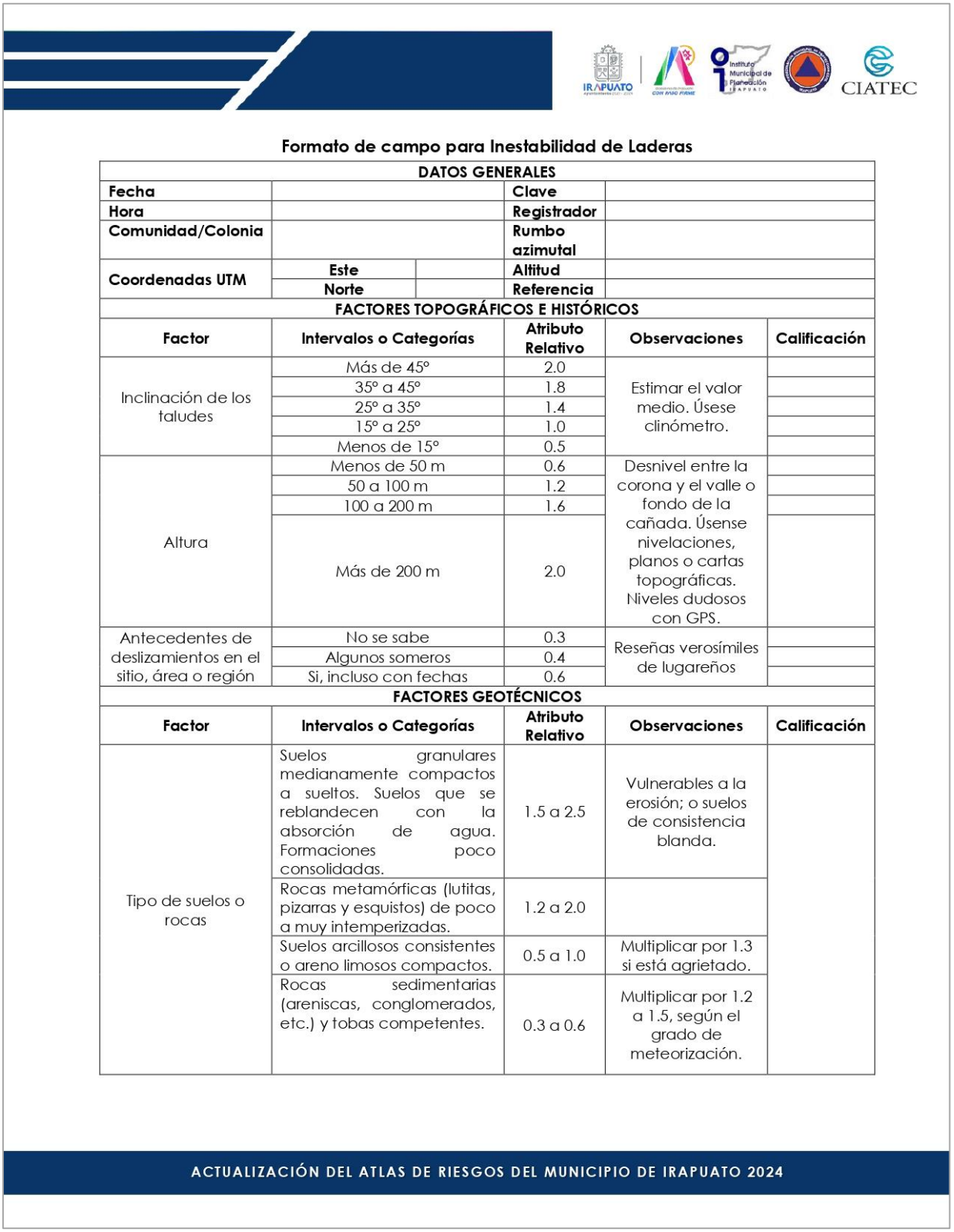
Con la información recopilada se identificaron las zonas de supervisión, revisión y monitoreo para los diferentes temas geológicos; por otro lado, la información proporcionada sirvió para la elaboración de mapas de susceptibilidad como preparación de la evaluación del peligro de los componentes del fenómeno y el subsecuente trabajo de campo.

IV.2 Planeación de recorridos de campo para toma de datos

Con la información proporcionada por las dependencias, así como la búsqueda en gabinete, se realizó la planeación de los trabajos de campo. Los componentes que requirieron de una verificación visual in situ fueron inestabilidad de laderas, subsidencia o hundimiento regional; para la evaluación de sismicidad se programó la toma de datos para la actualización de la zonificación del territorio.

IV.2.1 Formatos de fichas de campo para toma de datos

En el Atlas de Riesgos Municipal de Irapuato 2013 se realizaron levantamientos de datos con la adaptación del formato emitido por CENAPRED para el componente de inestabilidad de laderas, el cual fue adaptado al formato de datos de hundimientos para la adecuada identificación de las afectaciones y datos actualizados. Por otro lado, el trabajo de campo de sismicidad no tiene formatos oficiales por lo que se elaboraron fichas específicas con la información necesaria. En las siguientes imágenes, se presentan los formatos de fichas de campo elaborados para la actualización del atlas.



Formato de campo para Inestabilidad de Laderas

DATOS GENERALES					
Fecha			**Clave**		
Hora			**Registrador**		
Comunidad/Colonia			**Rumbo azimutal**		
Coordenadas UTM	**Este**		**Altitud**		
	Norte		**Referencia**		

FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS				
Factor	**Intervalos o Categorías**	**Atributo Relativo**	**Observaciones**	**Calificación**
Inclinación de los taludes	Más de 45°	2.0	Estimar el valor medio. Úsese clinómetro.	
	35° a 45°	1.8		
	25° a 35°	1.4		
	15° a 25°	1.0		
	Menos de 15°	0.5		
Altura	Menos de 50 m	0.6	Desnivel entre la corona y el valle o fondo de la cañada. Úsense nivelaciones, planos o cartas topográficas. Niveles dudosos con GPS.	
	50 a 100 m	1.2		
	100 a 200 m	1.6		
	Más de 200 m	2.0		
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	No se sabe	0.3	Reseñas verosímiles de lugareños	
	Algunos someros	0.4		
	Si, incluso con fechas	0.6		

FACTORES GEOTÉCNICOS				
Factor	**Intervalos o Categorías**	**Atributo Relativo**	**Observaciones**	**Calificación**
Tipo de suelos o rocas	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos. Suelos que se reblandecen con la absorción de agua. Formaciones poco consolidadas.	1.5 a 2.5	Vulnerables a la erosión; o suelos de consistencia blanda.	
	Rocas metamórficas (lutitas, pizarras y esquistos) de poco a muy intemperizadas.	1.2 a 2.0		
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos.	0.5 a 1.0	Multiplicar por 1.3 si está agrietado.	
	Rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, etc.) y tobas competentes.	0.3 a 0.6	Multiplicar por 1.2 a 1.5, según el grado de meteorización.	

Figura 2: Formato de campo para inestabilidad de laderas, hoja 1.

	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	Multiplicar por 2 a 4 según el grado de meteorización.	
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	Revísense cortes y cañadas; o bien, recúrrase a exploración manual.	
		5 a 10 m	1.0		
		10 a 15 m	1.4		
		15 a 20 m	1.8		
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Menos de 15°	0.3	Considérense planos de contacto entre formaciones, grietas, juntas y planos de debilidad.	
		25° a 35°	0.6		
		Más de 45°	0.9		
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud	Más de 10°	0.3	Ángulo diferencial positivo si el echado es mayor que la inclinación del talud.	
		0° a 10°	0.5		
		0°	0.7		
		0° a -10°	0.8		
		Menos de -10°	1.0		
	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.	Más de 30°	0.2	Considerar la dirección de las discontinuidades más representativas.	
		10° a 20°	0.3		
		Menos de 5°	0.5		
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES					
Factor	**Intervalos o Categorías**		**Atributo Relativo**	**Observaciones**	**Calificación**
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Inexistentes		0.0	Formas de conchas o de embudo (flujos).	
	Volúmenes moderados		0.5		
	Grandes volúmenes faltantes		1.0		
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana		2.0	Considérese no solo la ladera, sino también la plataforma en la cima.	
	Cultivos anuales		1.5		
	Vegetación intensa		0.0		
	Rocas con raíces de arbustos en sus fracturas		2.0		
	Vegetación moderada		0.8		
	Área deforestada		2.0		
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático superficial		1.0	Detectar posibles emanaciones de agua en el talud.	
	Nivel freático inexistente		0.0		
	Zanjas o depresiones donde se acumule agua en la ladera o la plataforma		1.0		
				Sumatoria	

Figura 3: Formato de campo para inestabilidad de laderas, hoja 2.

Formato de campo para Subsidencia

DATOS GENERALES					
Fecha			**Folio**		
Comunidad/Colonia			**Hora**		
Municipio			**Registrador**		
Coordenadas UTM	**Este**		**Líder de cuadrilla**		
	Norte		**Referencia de localización**		
	Altitud				
INDICADOR	**DESCRIPCIÓN**				**SELECCIÓN**
Zona	Rural				
	Urbana				
	Transición				
Tipo de fenómeno	Grieta				
	Falla				
	Fractura				
	Hundimiento				
Antecedentes de subsidencia	Se desconoce				
	Algunos someros				
	Si, incluso con fechas				
Área de afectación / infraestructura afectada	**Propiedad privada**	Casa habitación			
		Empresa / Nave industrial			
		Escuela / Hospital			
	Infraestructura publica	Calle / Avenida / Boulevard			
		Escuela / Hospital			
		Estación policía / bomberos			
Vegetación	Área deforestada				
	Vegetación intensa				
	Vegetación moderada				
	Cultivos anuales				
Tipo de materiales	**Espesor de la capa de suelo.**	Menos de 5 cm			
		5 a 10 cm			
		10 a 15 cm			
		15 a 20 cm			
	Suelos granulares medianamente compactos a sueltos				
	Suelos que se reblandecen con la absorción de agua				
	Formaciones poco consolidadas				
	Suelos arcillosos consistentes o areno limosos compactos				
	Espesor del concreto	Menos de 5 cm			
		5 a 10 cm			
		10 a 15 cm			
		15 a 20 cm			
	Presenta algún tipo de reparación				
INDICADOR	**DESCRIPCIÓN**				**MEDICIÓN**
Parámetros / Mediciones	**Dirección / Rumbo**				

Figura 4: Formato de campo para subsidencia, hoja 1.

	Apertura	0 a 5 cm	
		6 a 10 cm	
		11 a 20 cm	
		21 a 40 cm	
		41 a 100 cm	
		> a 100 cm	
	Longitud	> a 1 metro	
		1 a 5 metros	
		5 a 20 metros	
		20 a 50 metros	
		> a 50 metros	
	Desplazamiento vertical	0 a 5 cm	
		6 a 10 cm	
		11 a 20 cm	
		21 a 40 cm	
		41 a 100 cm	
		> a 100 cm	

Observaciones:

Figura 5: Formato de campo para subsidencia, hoja 2.

Formato de campo para Vibración Ambiental

Ficha	Dato
Punto	
Fecha	
Hora	
Colonia	
Calle	
Latitud	
Longitud	

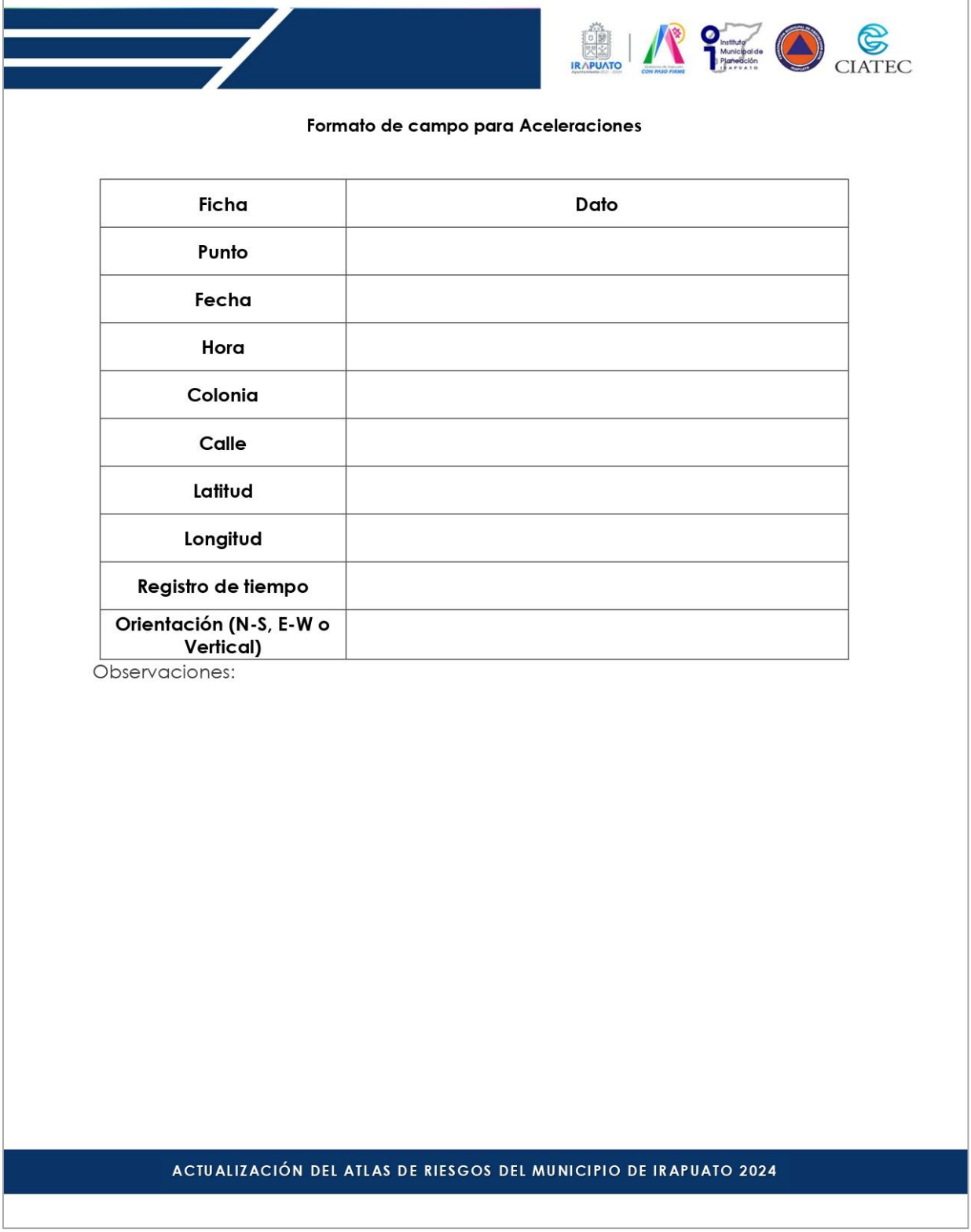
Observaciones:

Formato de campo para Vibración Ambiental

Ficha	Dato
Punto	
Fecha	
Hora	
Colonia	
Calle	
Latitud	
Longitud	

Observaciones:

Figura 6: Formato de campo para vibración ambiental.



Formato de campo para Aceleraciones

Ficha	Dato
Punto	
Fecha	
Hora	
Colonia	
Calle	
Latitud	
Longitud	
Registro de tiempo	
Orientación (N-S, E-W o Vertical)	

Observaciones:

Figura 7: Formato de campo para aceleraciones.

IV.3 Trabajo de campo

Con base en la planeación y los formatos correspondientes a los componentes de inestabilidad de laderas, subsidencia y sismicidad se llevaron a cabo las actividades para recorrer la zona de estudio:

- **Inestabilidad de laderas:** las zonas del noreste de Irapuato, así como la zona protegida del Cerro de Aranda, sin dejar de lado las elevaciones del sur del municipio (estructuras volcánicas inactivas), hacia el oeste se tienen pendientes moderadas, además de los reportes, se revisaron casos de caídos de bloques, rodados y flujos de lodos.
- **Fallamiento:** se recorrieron las fallas previamente reportadas y se realizaron recorridos en zonas aledañas para verificar su desarrollo, la extensión o las variaciones en los desplazamientos verticales y horizontales de los fallamientos.
- **Subsidencia:** los hundimientos en el terreno fueron identificados y clasificados con base en su origen, mismos que se mapearon para su interpretación posterior, las zonas que se incluyen fueron las elevaciones bajas y urbanizadas que han presentado afectaciones.
- **Sismicidad:** la zona urbana es la que tiene mayor potencial de afectación en eventos sísmicos ya que son las estructuras rígidas las que pueden sufrir mayores daños, es por ello que el área de análisis es la zona urbana que incluye Villas de Irapuato.

IV.4 Compilación de datos de campo y verificación

Al término de las actividades de campo, se realizó una compilación y captura de los formatos de campo con el objetivo de verificar que todos los puntos de interés se hayan visitado. Las fichas de campo pueden ser consultadas en el **Anexo 1** de documento digital del atlas.

IV.5 Interpretación de datos y elaboración de mapas temáticos

La interpretación de la información de campo se realizó en conjunto con la información proporcionada por las dependencias, así como de las investigaciones previas realizadas por la academia. Se realizaron mapas temáticos para cada uno de los componentes con base en la información conjunta de datos proporcionada con la obtenida en campo.

IV.5.1 Elaboración de mapas de peligro y/o susceptibilidad

IV.5.1.1 Inestabilidad de Laderas

Para la determinación del peligro por inestabilidad de laderas se realizaron diversos análisis. Como primer paso se identificó la susceptibilidad a la inestabilidad de laderas, analizando los factores internos del terreno que puedan ser detonantes. Posteriormente, se analizaron la interacción con los factores externos para poder determinar el peligro por inestabilidad de laderas. Para el análisis de susceptibilidad y peligro se ha consideraron como mínimo:

- Densidad de fallas y fracturas (geología estructural).
- Edafología.
- Estratigrafía.
- Geología (litología).
- Isoyetas con periodos de retorno.
- Pendiente del terreno (MDE con resolución de 2 a 15 metros).
- Uso de suelo y vegetación (densidad forestal).
- Topografía.

Con la integración e interacción de estas variables se elaboró el mapa de susceptibilidad, y posteriormente, el mapa de peligro con información de los factores detonantes, tanto internos como externos.

IV.5.1.2 Sismicidad

Se consultaron, en diversas fuentes oficiales, los epicentros e hipocentros de los sismos ocurridos en la zona de estudio, para conocer la historia sísmica de la zona, con el objetivo de identificar los peligros desencadenados con la sismicidad local, así como la elaboración de diversos mapas bajo los temas de:

- Geomorfología.
- Topografía.
- Geología, para el caso de la hipsometría.
- Pendientes.
- Fallas y fracturas.
- Lineamientos geohidrológicos.

Se realizó un mapa de microzonificación sísmica, prioritariamente en las zonas C y D de la regionalización sísmica más actualizada publicada por la CFE.

IV.5.1.3 Vulcanismo

Para determinar el peligro por actividad volcánica, o sus manifestaciones, se identificaron inicialmente tres factores:

- Tipo de actividad y manifestaciones que un volcán o región volcánica sean capaces de producir, basada en el análisis de la actividad pasada y en la conformación y morfología del terreno.
- Patrones eruptivos en el tiempo y magnitudes, para la determinación de las tasas de las distintas manifestaciones de la actividad volcánica.
- Comportamiento estadístico de factores externos.

Con base en lo anterior se determina el peligro o amenaza volcánica asociado, donde las áreas de posible afectación se delimitaron a partir de la información geológica, cronológica y vulcanológica obtenida. En el mapa de peligros volcánicos se diferenciaron entre los peligros primarios y secundarios:

- Peligros primarios: caída de ceniza, proyectiles balísticos, flujos de lava, flujos piroclásticos, avalancha de escombros, lahares, deslizamientos, gases y sismos volcánicos.
- Peligros secundarios: Inundaciones, tsunamis, contaminación de aguas subterráneas y manantiales, geotermalismo.

IV.5.1.4 Subsidencia o hundimiento regional

Para la determinación de la susceptibilidad por hundimientos regionales y/o diferenciales se consideraron una serie de actividades, mediante las cuales se realizó un análisis por cada factor condicionante, los cuales son:

- Geología (depósitos lacustres aluviales, fluviales y aluvio-lacustres).
- Estratigrafía.
- Isolíneas del nivel freático.
- Propiedades mecánicas del subsuelo.
- Inventario de los pozos de extracción de agua y sus niveles piezométricos.

Para la cuantificación y evolución del fenómeno se utilizaron imágenes de satélite, imágenes aéreas, estudios topográficos u otras técnicas que permitan determinar las áreas

de afectación y de ocurrencia del fenómeno. Para los casos en los que se analicen los fenómenos de hundimiento y agrietamiento del terreno asociados a la extracción de agua, con el análisis realizado se obtiene un mapa de susceptibilidad derivado de las revisiones antes mencionadas; así como de las evidencias de afectaciones que para el caso de Irapuato se tienen desde la década de los años 80 del siglo pasado.

IV.5.2 Determinación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad o nivel de exposición de los bienes dentro del municipio se debe a la influencia de los peligros identificados. Se realizaron actividades dentro de las cuales se pueden mencionar:

- Identificación de los sistemas expuestos: población, escuelas, hospitales, parques industriales, vialidades, unidades habitacionales, ductos, y todo inmueble que pueda verse afectado.
- Cuantificación de la afectación de viviendas para los componentes de subsidencia e inestabilidad de laderas.

Para la cuantificación de la población y viviendas (ver Tabla 2), se utilizaron los datos del CPV2020, (INEGI, 2021), para los demás sistemas expuestos se utilizaron los datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de mayo del 2024 (INEGI, 2024).

Tabla 2: Sistemas expuestos para el fenómeno geológico.

Sistema expuesto	Características del sistema
Población	Está representada por el área geoestadística básica y se indica el número de habitantes, personas con capacidades diferentes, clasificadas por género, menores a 14 años y mayores de 60 años de edad.
Vivienda y edificaciones	Indica la tipología, sistema de techo y características de bardas de colindancias.
Infraestructura estratégica	Incluye las instalaciones hospitalarias, educativa, comunicaciones y transporte.

Fuente: Elaboración propia.

Se tomó la clasificación de vivienda de acuerdo con la tipología utilizada por INEGI y CENAPRED. En el Anexo 9 de las Guías para la elaboración de mapas de vulnerabilidad de CENAPRED, se expone la siguiente clasificación de muros, techos y sus posibles

combinaciones (CENAPRED, 2006). En la siguiente tabla, se muestran los diferentes tipos de materiales con los que se han clasificado los muros y techos de las viviendas.

Tabla 3: Clasificación del material de muros y techos de viviendas.

Clave	Tipo de Muros	Clave	Tipo de Techos
M1	Cartón o plástico	T1	Cartón o plástico
M2	Piedra	T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
M3	Láminas de cartón	T3	Palma
M4	Bahareque	T4	Teja
M5	Adobe sin repellado	T5	Losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
M6	Madera	T6	Losa de concreto ligado
M7	Adobe con repellado		
M8	Tabique de barro o concreto sin elementos de concreto		
M9	Tabique de barro o concreto con elementos de concreto		

Fuente: (CENAPRED, 2006).

En la siguiente tabla, se muestran las 24 posibles combinaciones de materiales para construcción en techos y muros, además se indica el tipo de vivienda para la estimación del menaje. Con base a la tabla se clasificaron y contabilizaron las viviendas dentro de los polígonos de afectación para los componentes geológicos.

Tabla 4: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros.

Número de combinación	Tipo de vivienda	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
1	I	Vivienda con muros de cartón o plástico y techo de cartón o plástico
2	II	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
3	III	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de palma
4	I	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
5	II	Vivienda con muros de bahareque y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
6	III	Vivienda con muros de bahareque y techo de palma
7	II	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
8	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de palma
9	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de teja

Número de combinación	Tipo de vivienda	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
10	IV	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
11	IV	Vivienda con muros de madera y techo de palma
12	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
13	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de palma
14	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de teja
15	V	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
16	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
17	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de palma
18	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de teja
19	V	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
20	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
21	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de palma
22	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja
23	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
24	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada

Fuente: modificado de (CENAPRED, 2006).

El índice de vulnerabilidad es expresado con base en tipo de vivienda, es decir de Muy Bajo a Muy Alto, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 5: Clasificación del Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.

Tipo	Índice de vulnerabilidad	Características de la vivienda
Tipo V	Muy Baja	Muros de mampostería con techos rígidos
Tipo IV	Baja	Muros de mampostería con techos flexibles
Tipo III	Media	Muros de adobe con techos rígidos
Tipo II	Alta	Muros de adobe con techos flexibles
Tipo I	Muy Alta	Muros de materiales débiles con techos flexibles

Fuente: modificado de (CENAPRED, 2006).

Con los datos de los sistemas expuestos y el nivel de susceptibilidad y/o peligro en cada uno de los componentes geológicos que influyen en el territorio municipal, se realizan matrices de análisis para cada uno, con lo cual es posible definir el nivel vulnerabilidad general para el municipio.

IV.5.3 Mapas de riesgo

Con relación al riesgo o la pérdida de los bienes dentro del municipio por la influencia de los peligros y vulnerabilidades ya definidos, se realiza una cuantificación de las pérdidas de acuerdo con los sistemas expuestos más representativos, con lo cual se emiten los mapas que muestren la distribución de las zonas de mayor a menor riesgo.

V. TALLER PARTICIPATIVO

Se contó con la participación de once personas adscritas a instituciones públicas estatales y municipales, además de una comitiva de instituciones de educación superior y la representación del sector profesional (Tabla 6), todos ellos relacionados con las actividades de educación, planeación del desarrollo del territorio, gestión y ejecución de proyectos constructivos de las distintas fracciones que integran la conformación de la infraestructura pública y privada en el municipio de Irapuato.

Tabla 6: Instancias participantes en el taller de actualización de los fenómenos geológico y astronómico.

Dependencia	Cargo
Dirección General de Desarrollo Urbano	Directora General
Coordinación Estatal de Protección Civil	Inspectora del fenómeno geológico
Colegio de Ingenieros Civiles de Irapuato	Miembro
Dirección General de Servicios Públicos	Director de Área
Dirección General de Obras Públicas	Director de infraestructura Vial
Dirección General de Educación	Directora de Programas de Apoyos a la Educación
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato	Jefa División de Ing. Materiales y Lic. En Biología
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato	Director de Planeación
Colegio de Ingenieros Civiles de Irapuato	Miembro
Coordinación de Protección Civil Irapuato	Encargado de gestión de riesgos
Colegio de Ingenieros Civiles de Irapuato	Encargado de gestión de riesgos

Fuente: elaboración propia.

La sesión de trabajo inició con una recapitulación de los antecedentes conocidos para los peligros geológicos en el municipio de Irapuato (ver siguiente figura), con base en los resultados emitidos por IMPLAN (2013), las generalidades establecidas por (SSE, 2023); así como de los conceptos y mapas generales establecidos en el Atlas Nacional de Riesgos, mediante el sistema nacional de información sobre riesgos (CENAPRED, 2025). Para las componentes de los fenómenos astronómicos se ha presentado una relatoría de los peligros que representan para el territorio nacional y en particular con el municipal, así mismo se establecieron los sitios de consulta de información oficial a nivel nacional e

internacional. Se abrió un espacio de preguntas y respuestas, además de la oportunidad de escuchar de primera mano los antecedentes que cada participante ha desarrollado desde su gestión profesional con relación a la evaluación o mitigación de los peligros geológicos.

Figura 8: Presentación de antecedentes y llenado de encuesta relativa a la percepción de peligros geológicos y astronómicos.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 7, se presenta el orden de importancia y percepción que a juicio de los participantes en el taller los fenómenos geológicos afectan al territorio del municipio. Se destaca que la subsidencia (integrando fallas y hundimiento regional), es la componente más representativa. En tanto que en la Tabla 8, se presenta el mismo ejercicio para los fenómenos astronómicos, destacando las tormentas solares como las más relevantes.

Tabla 7: Percepción de la intensidad de los fenómenos geológicos que se han manifestado en Irapuato.

Componente	Orden de importancia
Subsidencia (hundimiento regional)	1
Sismicidad	2
Inestabilidad de Laderas	3
Licuación de suelos	4
Vulcanismo	5
Karstificación	6
Tsunamis	7

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8: Percepción de intensidad de los fenómenos astronómicos en Irapuato.

Componente	Orden de importancia
Tormentas Solares	1
Colisión de material asteroidal/cometario	2

Fuente: elaboración propia.

La percepción general concurre en las manifestaciones de los peligros geológicos han aumentado en número de eventos y su intensidad de afectación. En particular, se identifica el aumento de los alineamientos causados por las fallas asociadas a la subsidencia, las cuales continúan causando daños que tienen que ser reparados cada cierto tiempo (vialidades), además de las afectaciones a viviendas y edificios. Se destaca también el hecho de que se han ocupado espacios del territorio aparentemente no adecuados para el desarrollo de viviendas (laderas pronunciadas o áreas cercanas a las fallas geológicas), por un posible costo más accesible para algunos grupos de la población; siendo estas construcciones más vulnerables a los peligros geológicos.

Se establece que la mayoría de la población **no** es consciente de la existencia o posibilidad de ocurrencia de los fenómenos geológicos, salvo el caso específico de las fallas asociadas a la subsidencia (debido a los antecedentes históricos en la ciudad). Se destaca la necesidad de realizar acciones o **campañas de divulgación** sobre los potenciales peligros geológicos presentes en el territorio del municipio de Irapuato, actividad a la cual se podrían sumar las instituciones participantes en el taller.

Para la componente sísmica, se sabe que el territorio municipal se encuentra en una zona sísmica baja, en la que la ocurrencia de sismos en el territorio es prácticamente nula, salvo eventos específicos como el del 19 de septiembre de 2022. Este tipo de situaciones ha propiciado una mayor conciencia en conjunto con la activación de eventos de simulacros en escuelas, instituciones gubernamentales y las empresas que cumplen con los requisitos establecidos por Protección Civil.

En cuanto al vulcanismo y dado que no existen volcanes activos en el municipio de Irapuato, la población entiende que no representa una amenaza cercana. De hecho, en la memoria colectiva de la sociedad no se tiene un registro específico sobre caída de cenizas o algún otro evento asociado a erupciones volcánicas. Sobre el conocimiento general de los peligros geológicos y astronómicos, se estima que existe un desconocimiento generalizado de esta problemática, salvo las zonas donde las fallas se

han manifestado de forma histórica; pero en general, la población no tiene acceso a la información específica sobre las zonas susceptibles o aquellas sobre las cuales los alineamientos geológicos existentes podrían ampliarse y propiciar daños en el futuro.

En general, los fenómenos astronómicos también son desconocidos y si bien el territorio municipal es susceptible de afectaciones ocasionadas por las tormentas solares, no se cuenta con antecedentes históricos de los cuales se pueda establecer un análisis del nivel de afectación a la población o a la infraestructura. Con base en esto, se pensaría que el rango de peligro se consideraría en un nivel bajo, sin que esto implique una desatención por parte de las autoridades gubernamentales.

Como recomendaciones de actuación por parte de las autoridades, se pide definir zonas de amortiguamiento para evitar o mitigar los impactos de los peligros, además de que la normativa técnica para la construcción debería considerar los peligros geológicos como una alerta preventiva para su conocimiento y prevención.

La temática de la normativa local relativa a la planeación del desarrollo y al reglamento de construcción ha sido un tema relevante en la discusión. Todos los involucrados coinciden en que los documentos deberían de actualizarse bajo el enfoque de la gestión integral de riesgos. Sin embargo, no bastará con la actualización de los documentos, sino que se requiere que estos sean debidamente divulgados y compartidos con todos los actores sociales relacionados a su seguimiento, aplicación y supervisión; en beneficio de la sociedad y del patrimonio construido.

Un reto común radica en que las empresas responsables de los desarrollos inmobiliarios y en algunos casos, la misma población mediante los procesos de autoconstrucción; no respetan las restricciones ya establecidas para algunas zonas en las que ya se ha determinado un rango de peligro elevado. Esto implica que las instancias gubernamentales deban realizar un seguimiento constante del desarrollo oficial y no oficial de la infraestructura, sin embargo; estas actividades podrían rebasar la capacidad instalada de las instituciones. Como respuesta a esto, la comunicación, divulgación y concientización hacia la población resulta ser un desafío mayor para las dependencias gubernamentales; por lo que una opción viable es incrementar la cultura de prevención y la mejora de la operación de los comités de protección civil.

VI. BÚSQUEDA HEMEROGRÁFICA

El objetivo de realizar la búsqueda hemerográfica corresponde a la identificación de la problemática periodística con mayor recurrencia en el municipio; dicha búsqueda se realizó durante los meses de junio a septiembre. En la siguiente tabla, se muestra la totalidad de notas relacionadas a eventos geológicos; cabe hacer mención que no se encontraron noticias relacionados a los temas de suelos expansivos o actividad volcánica.

Tabla 9: Resumen de noticias de los componentes geológicos en 2024.

Componente	Número de notas
Inestabilidad de laderas	10
Suelos expansivos	0
Sismicidad	36
Vulcanismo	0
Hundimientos	36
Agrietamientos	13
Total	**95**

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta un breve resumen de la problemática reportada por componente:

- Para el tema de **inestabilidad de laderas** destacando la mención de caída de rocas o desprendimientos de material en el Cinturón Vial (tramo Arandas-Villas), reblandecimiento de suelos y caída de bardas, además de un desprendimiento de masas en un banco de materiales en donde una persona perdió la vida.
- De **sismicidad** se reportan diferentes eventos sísmicos ocurridos desde 2014 a 2024, donde destacan los sismos de los años 2021, 2022 y 2023 a nivel nacional, así como eventos locales como el del año 2017, cuando una serie de sismos locales se sintieron en diversos municipios del estado de Guanajuato. Por otro lado, destacan las notas relativas a la ejecución y participación en los simulacros nacionales por parte de varias dependencias municipales, así como industria privada. Resalta la

información relativa a que estos eventos no se pueden predecir, además de la adopción de medidas y protocolos ante sismos que se han percibido en el territorio.

- Con relación al componente de **hundimiento regional** se reportan 36 notas periodísticas, mismas que se relacionan a las fallas de subsidencia preexistentes en el territorio municipal. De manera histórica, los irapuatenses saben de su existencia e identifican fácilmente las zonas con fuertes daños, como es el caso del Puente de Guadalupe en la glorieta del mismo nombre. También se han reportado las afectaciones en canales de agua, como el Canal Coria, además de las vías del tren que cruzan la zona urbana. Por otro lado, se menciona la solicitud de apoyo por parte de congregaciones religiosas eclesiásticas por las afectaciones de las fallas geológicas.
- Aunque pudieran parecer similares, los **hundimientos** y los **agrietamientos** pueden tener diferentes orígenes, y por ello se reportan por separado. De estos últimos se identifican 13 notas que incluyen temas como colapsos de viviendas, vialidades, en algunos casos detonados por lluvias, además de algunos socavones (ruptura de tuberías).

VII. INESTABILIDAD DE LADERAS

La inestabilidad de laderas, también conocida como proceso de remoción de masa, se puede definir como la pérdida de la capacidad del terreno natural para autosustentarse, lo que deriva en reacomodos y colapsos.

Se presenta en zonas montañosas donde la superficie del terreno adquiere diversos grados de inclinación. Los principales tipos de inestabilidad de laderas son: Caídos, deslizamientos y flujos. El grado de estabilidad de una ladera depende de diversas variables (factores condicionantes) tales como la geología, la geomorfología, el grado de intemperismo, la deforestación y la actividad humana, entre otros. Los sismos, las lluvias y la actividad volcánica son considerados como factores detonantes o desencadenantes de los deslizamientos (factores externos).

De entre los fenómenos geológicos, los deslizamientos de laderas son los más frecuentes en el país y su tasa de mayor ocurrencia es en la temporada de lluvias. Aunque también pueden ocurrir durante sismos intensos, erupciones volcánicas y por actividades humanas como cortes, colocación de sobrecargas (viviendas, edificios, materiales de construcción, etc.), escurrimientos, filtraciones de agua, excavaciones, etc. Debido a que el agua juega el papel más importante en la inestabilidad de una ladera, las medidas de prevención y mitigación deben ser orientadas a reducir al mínimo su ingreso al interior de las laderas.

En general, el termino de deslizamiento de una ladera se emplea para designar a los movimientos talud abajo de materiales térreos, que resultan de un desplazamiento hacia abajo y hacia afuera de suelos, rocas y vegetación, bajo la influencia de la gravedad. Los deslizamientos pueden ser desencadenados tanto por cambios en el ambiente natural, como por actividades humanas.

Estas inestabilidades se caracterizan porque los materiales que componen la masa fallada se pueden mover por derrumbe o caída, deslizamiento, flujo y desplazamiento lateral.

Algunos deslizamientos son rápidos porque ocurren en segundos, mientras que otros pueden tomar horas, semanas, meses, o aun lapsos mayores para que se desarrollen.

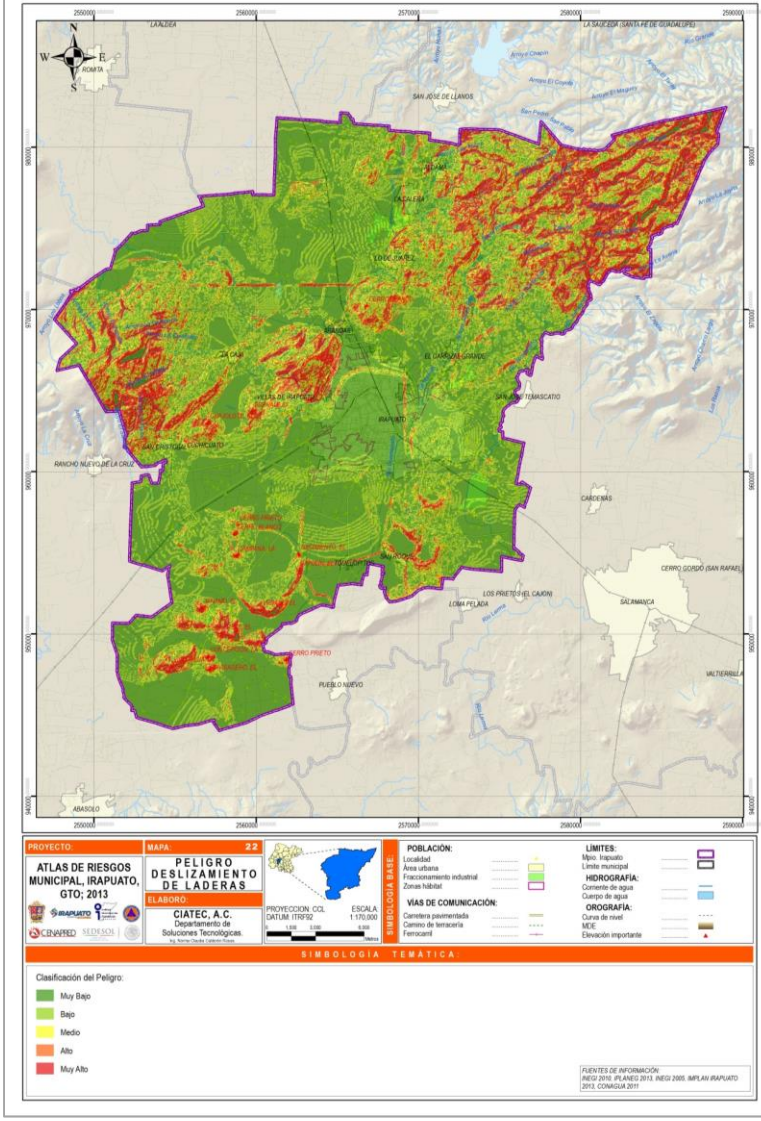


Figura 9: Mapa del peligro de deslizamiento publicado en 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

Como antecedente de este componente, en el Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato de 2013, se analizaron los umbrales de precipitación con periodos de retorno de 2 a 2000 años con puntos de verificación aleatorios dentro del territorio municipal, además se realizó un análisis de pendientes donde se clasifico que > 35° como peligro mayor, en la Figura 9 se muestra el mapa resultante, donde la zonas serranas y el Cerro de Arandas son las que

se presentaban como las mayores pendientes con alineación predominantemente noreste (IMPLAN, 2013).

Para la presente actualización del componente de Inestabilidad de laderas se usaron las ultimas metodologías emitidas por el CENAPRED, uno de los temas que se actualizaron fue el de la determinación de los umbrales de precipitación, que se emitió en 2021, con casos de estudio del sur de México (CENAPRED, 2021), además de que la guía de contenido mínimo incluyo la elaboración de fichas de campo, con mediciones en 5 conceptos diferentes, generando un puntaje y determinando la susceptibilidad a eventos (CENAPRED, 2021) y subsecuentemente estimar el peligro, calcular la vulnerabilidad y el riesgo.

VII.1 Tipos de inestabilidades de ladera

De acuerdo a la Guía de Contenido Mínimo del CENAPRED (CENAPRED, 2021) los tipos de movimientos son:

VII.1.1 Caídos o derrumbes

Movimientos abruptos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes muy fuertes y acantilados por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando (CENAPRED, 2021) (Figura 10, a); incluye:

- **Desprendimientos:** caída de suelos producto de la erosión o de bloques rocosos, atendiendo a discontinuidades estructurales (grietas, planos de estratificación o fracturamiento), proclives a la inestabilidad (CENAPRED, 2021).
- **Vuelcos o volteos:** caída de bloques rocosos con giro hacia adelante, propiciado por la presencia de discontinuidades estructurales (grietas de tensión, formaciones columnares, o diaclasas), que tienden a la vertical (CENAPRED, 2021).

VII.1.2 Deslizamientos

Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, sobre una o varias superficies de falla delimitadas por la masa estable o remanente de una ladera (Figura 10, b). Por la forma de la superficie de falla (CENAPRED, 2021), se distinguen:

- **Rotacionales:** Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento

rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. A menudo estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas (CENAPRED, 2021).

- **Traslacionales:** Deslizamientos en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo, a lo largo de una superficie de falla más o menos plana, con muy poco o nada de movimiento de rotación o volteo. Usualmente determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien están definidos por superficies de debilidad en formaciones rocosas, tales como planos de estratificación, juntas y zonas de diferente alteración o meteorización de las rocas, con echado propicio al deslizamiento (CENAPRED, 2021).

VII.1.3 Flujos

Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas pendiente abajo de una ladera, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla (Figura 10, c). Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos (CENAPRED, 2021); pueden distinguirse:

- **Flujos de lodo:** Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena, limo y partículas arcillosas (CENAPRED, 2021).
- **Flujos de tierra o suelo:** Masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de grava, arena y limo (CENAPRED, 2021).
- **Flujos o avalancha de detritos:** Movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan suelos sueltos, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que fluye pendiente abajo (CENAPRED, 2021).
- **Creep, o flujo muy lento:** A diferencia de los casos anteriores, es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, en el que no se define con precisión la superficie de falla (CENAPRED, 2021).
- **Lahar:** Flujo de suelos o detritos que se origina en las laderas de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, o bien por rotura o desbordamiento de represas de agua (CENAPRED, 2021).

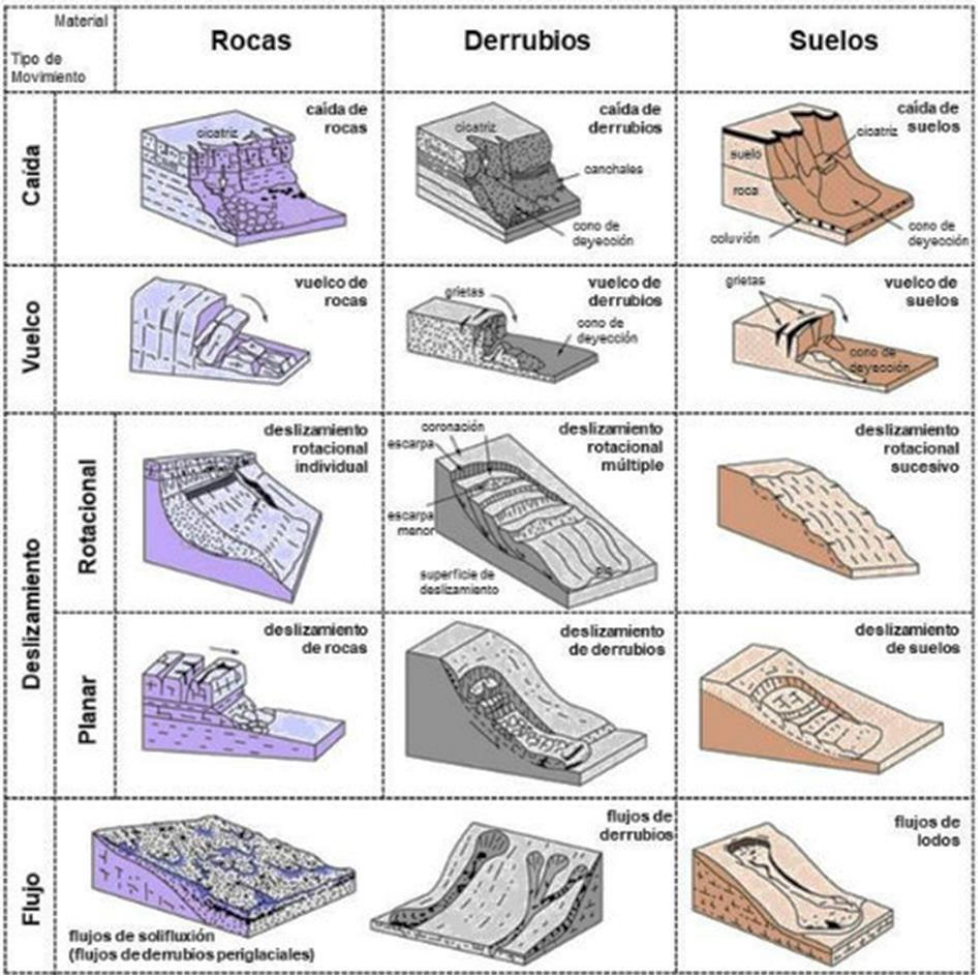


Figura 10: Tipo de movimiento de masas.

Fuente: (Urbanas, 2024).

Podría reconocerse, asimismo, los desplazamientos laterales que consisten en movimientos de masas térreas que ocurren en pendientes muy suaves, que dan como resultado desplazamientos casi horizontales; con frecuencia son causados por licuación, donde los sedimentos sueltos y saturados (arenas y limos) se transforman en un estado fluido, por las vibraciones de un sismo.

VII.2 Factores desencadenantes de la inestabilidad de laderas

Existen diferentes factores y/o componentes internos como externos que pueden desencadenar una inestabilidad de laderas. De acuerdo con la GCMEANR, se clasifican de la siguiente manera (Tabla 10):

Tabla 10: Factores desencadenantes de inestabilidad de laderas.

Factores externos	Factores internos
Lluvias intensas y prolongadas	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas
Sismos	
Actividad volcánica	Estratigrafía y estructuras geológicas
Cargas sobre las laderas	Mecanismos de fallas por aumento de la presión del agua
Actividades humanas o antropogénicas	

Fuente: (CENAPRED, 2014).

VII.2.1 Precipitaciones como factor desencadenante

Como parte del análisis de factores desencadenantes de la inestabilidad de laderas, CENAPRED ha publicado un informe denominado "Análisis de umbrales de lluvia en municipios de alta marginación, expuestos a inestabilidad de laderas. Casos de Chiapas y Oaxaca" (CENAPRED, 2021). En este documento se establece que la determinación de los umbrales (cantidad de lluvia necesaria para desencadenar un deslizamiento), basado en el análisis de las gráficas de lluvia acumulada y su relación con la ocurrencia de deslizamientos. En la mayoría de los casos se observó que existe una relación entre la lluvia acumulada que produce deslizamientos y el promedio anual de lluvia que cae en una región, siendo esta relación de aproximadamente **0.244** (CENAPRED, 2021).

Con la precipitación media anual de Irapuato se pueden obtener los umbrales de precipitación para, posteriormente, revisar las isoyetas en el territorio municipal y determinar así los periodos de retorno. La precipitación pluvial media anual en el municipio corresponde a 705 milímetros, (CONAGUA, 2020).

Conociendo la precipitación media anual, se estima que el umbral Muy Alto equivale a 172 mm (705*0.244); con base en esto, se calculó al 75% que el umbral Alto es de 129 mm y el umbral Medio de 86 mm, tal como lo muestra la Tabla 11 (debe recordarse que los umbrales se estiman para precipitaciones acumuladas a 24 horas).

Tabla 11: Umbrales calculados para Irapuato, con la precipitación media anual

Umbral	Precipitación en 24 horas
Muy Alto	172
Alto	129
Medio	86

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 12, se muestran las precipitaciones acumuladas en 24 horas para las diferentes estaciones meteorológicas, donde los periodos de retorno van de 2 a 100 años, que son los años solicitados por la GCMEANR de CENAPRED para el análisis de las precipitaciones como desencadenantes de inestabilidades de laderas.

El periodo de retorno que presenta un umbral "Medio" para la generación de deslizamientos es a 25 años para las estaciones El Chapín IDT, El Conejo IDT, Irapuato IDT, La Purísima IDT, Salamanca IDT y San Juan Temascatío IDT, mismas que se ubican distribuidas en la zona urbana y porción norte y noreste de la zona de estudio. El mapa de localización de las estaciones meteorológicas puede consultarse en el **Anexo 1**.

Para el periodo de retorno de 50 años, se suman las estaciones de Abasolo IDT y Pueblo Nuevo IDT, ubicadas en la zona sur del municipio, siendo igualmente de umbral Medio. Para el periodo de 100 años todas las estaciones estarían presentando un umbral medio. Para los periodos de retorno más cortos (2 a 10 años) las precipitaciones acumuladas por 24 horas están por debajo del umbral medio de peligro de los 86 mm/h.

Tabla 12: Precipitaciones acumuladas en 24 horas para cada estación y sus periodos de retorno.

Nombre de la Estación	Precipitación máxima (mm) por tiempos de duración					
	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años
Abasolo IDT	56.08	69.28	76.18	83.54	88.29	92.57
Aldama IDT	46.07	61.38	69.39	77.92	83.44	88.40
El Chapín IDT	53.26	68.54	78.66	91.44	100.92	110.33
El Conejo IDT	53.75	68.91	77.85	88.18	95.29	101.99
Irapuato IDT	53.08	68.43	77.50	87.99	95.23	102.06
La Gavia IDT	51.54	64.48	71.25	78.47	83.13	87.32
La Purísima IDT	55.44	72.88	83.28	95.38	103.76	111.69
Pueblo Nuevo IDT	46.35	61.56	71.63	84.36	93.80	103.17
Salamanca IDT	53.89	67.94	77.24	88.99	97.71	106.36
San Juan Temascatío IDT	54.70	68.38	77.44	88.88	97.36	105.79

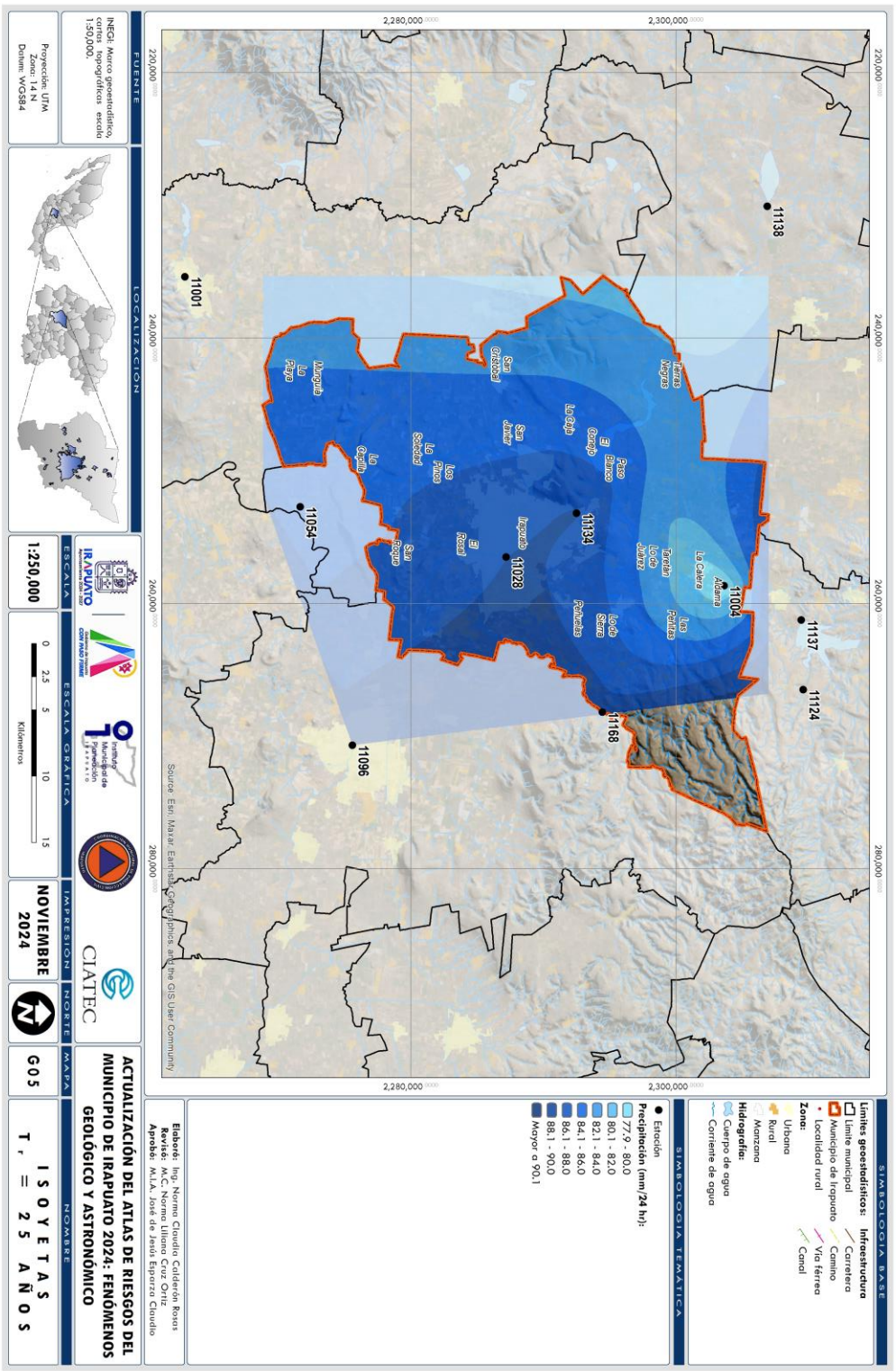
Fuente: (CONAGUA, 2024).

En el Mapa 1, se muestra la distribución de las isoyetas en la zona de laderas que van desde los 86 a 88 mm (peligro medio) en la zona del Cerro de Arandas y sur del municipio, en la zona serrana de Lo de Sierra, donde se tiene la zona de laderas; en este caso se esperaría un periodo de cada 25 años. Las precipitaciones intensas y prolongadas son las que se

consideran de importancia para la inestabilidad de bloques de rocas, suelos y/o masas que puedan fallar.

En la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de los Fenómenos Geológicos del 2014 (CENAPRED, 2014) se menciona que "*una intensidad de lluvia de aproximadamente 70 mm/hora parece ser el valor de un umbral arriba del cual ocurren los deslizamientos. El número de deslizamientos y la severidad de sus consecuencias aumenta dramáticamente conforme crece la intensidad horaria respecto a este umbral*". Como se mencionó anteriormente, en los valores de las isoyetas obtenidas no se cumplen esas condiciones de tirante o intensidades por hora.

Otra de las conclusiones de CENAPRED (2014), es que "*la lluvia de 24 horas generalmente refleja lluvias cortas de intensidad alta, y ésta puede por tanto usarse como un indicador de la probabilidad de deslizamientos. Una lluvia de 24 horas de menos de 100 mm es muy improbable que provoque un deslizamiento mayor*". Con base en esta conclusión, se determina que los umbrales de precipitación evaluados para el territorio municipal de Irapuato no representan una amenaza mayor para considerarlos como un factor desencadenante de inestabilidad de laderas.



Mapa 1: Precipitación máxima en 24 horas para el periodo de retorno de 25 años.

VII.2.2 Sismicidad como factor desencadenante

El municipio de Irapuato ha sido testigo de dos epicentros, donde la sismicidad histórica es poco representativa, ya que la zona de estudio y en general del estado de Guanajuato presenta una actividad catalogada como de baja intensidad, es decir, los epicentros reportados en Irapuato son del orden de magnitud 3.8 y de acuerdo con el documento "Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país", se menciona que para el municipio no se identifica peligro por deslizamiento de laderas desencadenadas por eventos sísmicos, (CENAPRED, 2020).

VII.3 Trabajo de campo

Se realizaron los recorridos de campo en varias campañas, donde se elaboraron 13 fichas, tal como la que se muestra en la Tabla 13; los datos recopilados en el trabajo de campo y la evidencia fotográfica se ubican en el Anexo 1.

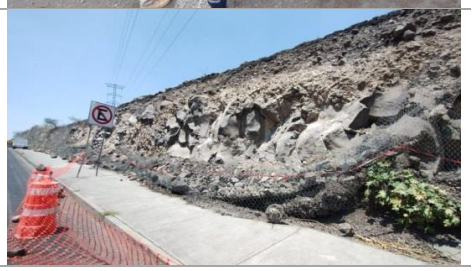
Tabla 13: Fincha de campo L-12 en Rancho Nuevo Yóstiro

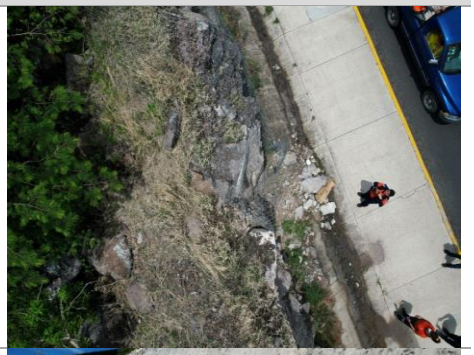
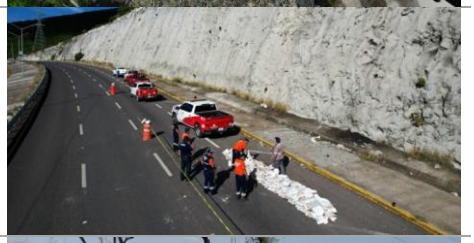
DATOS GENERALES				
Fecha	18-09-2024		**Clave**	L-12
Hora	12:55		**Registrador**	NLCO
Comunidad/Colonia	Rancho Nuevo Yóstiro		**Rumbo azimutal**	
Coordenadas UTM	**Este**	20.5681	**Altitud**	1722.24
	Norte	-101.425225	**Referencia**	
FACTORES TOPOGRÁFICOS E HISTÓRICOS				
Factor	**Intervalos o Categorías**		**Atributo Relativo**	**Calificación**
Inclinación de los taludes	Más de 45°		2	X
Altura	100 a 200 m		1.6	X
Antecedentes de deslizamientos en el sitio, área o región	Algunos someros		0.4	X
FACTORES GEOTÉCNICOS				
Factor	**Intervalos o Categorías**		**Atributo Relativo**	**Calificación**
Tipo de suelos o rocas	Rocas ígneas sanas (granito, basalto, riolita, etc.).		0.2 a 0.4	**0.2*4=0.8**
	Espesor de la capa de suelo.	Menos de 5 m	0.5	**X**
Aspectos estructurales en formaciones rocosas	Echado de la discontinuidad.	Más de 45°	0.9	**X**
	Ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud	Menos de -10°	1	**X**

	Ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud.		
FACTORES GEOMORFOLÓGICOS Y AMBIENTALES			
Factor	**Intervalos o Categorías**	**Atributo Relativo**	**Calificación**
Evidencias geomorfológicas de "huecos" en laderas contiguas	Volúmenes moderados	0.5	**X**
Vegetación y uso de la tierra	Zona urbana	2	**X**
Régimen del agua en la ladera	Nivel freático inexistente	0	**X**
		Sumatoria	**9.7**

Como parte de los antecedentes se enlistan los casos que se tienen reportadas por Protección Civil Municipal, registrados desde el año 2016 al 2024, los cuales se pueden identificar en las inmediaciones del 4to Cinturón Vial y la colonia Lomas de Españita, la cual se ubica en la parte baja de la vialidad antes mencionada, los cuales también se reportan en el Anexo Hemerográfico.

Tabla 14: Listado de reportes de inestabilidades de laderas en el municipio de Irapuato.

Tipo	Fecha	Observaciones de PC	Evidencia
Deslizamiento	21 al 25/08/2016	Fuertes lluvias y trombas provocaron escurrimientos desde el Cerro de Arandas, generando un deslave que afectó a la Colonia Lomas de Españita cercano al 4° Cinturón Vial.	
Derrumbe	18/08/2019	Se registró el desgajamiento de un talud del 4° Cinturón Vial en el tramo Arandas - Villas; tierra y piedras cayeron sobre banqueta.	
Caídos	17/07/2020	Caída de malla protectora de talud del 4° Cinturón Vial por caída de grandes rocas.	

Tipo	Fecha	Observaciones de PC	Evidencia
Derrumbe	26/07/2022	Se detectaron daños en la malla ciclónica que protege el muro de la vialidad denominada 4° Cinturón Vial en el sentido Cibeles – Arandas debido a la caída de rocas e inestabilidad de la propia ladera.	
Derrumbe	22/08/2022	Derrumbe de sección del talud de 4° cinturón vial, cierre parcial de vialidad (1 carril), colocación de muro de contención con costalera.	
Caídos	13/05/2024	Se localiza el desprendimiento parcial de la malla ciclónica (probablemente fue vandalizada) que cubre el talud derecho (sentido Cibeles – Arandas) así como la tornillería, ocasionando el deslizamiento de algunos sólidos hacia la banqueta.	

Fuente. Elaboración propia con información de Protección Civil Municipal.

En la Tabla 15, se muestra la información general de las fichas como las coordenadas, comunidad/colonia y fecha de realización.

Tabla 15: Fichas de campo de inestabilidad de laderas.

Clave	Fecha	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud
L-01	20/09/2024	El encino	20.790905	-101.258280	1867.74
L-02	20/09/2024	Lo de Sierra	20.741293	-101.293488	1768.39
L-03	20/09/2024	La Garrida	20.741367	-101.357806	1747.01
L-04	04/09/2024	Arandas	20.715292	-101.395502	1738.64
L-05	04/09/2024	Cinturón Vial - Arandas	20.704776	-101.377214	1802.87
L-06	04/09/2024	Villas de Irapuato	20.691055	-101.395325	
L-07	18/09/2024	Cerro Piloncillo	20.680084	-101.424063	1890.00
L-08	20/09/2024	San Diego del Rosal	20.691948	-101.444532	1746.37
L-09	18/09/2024	Tamahula	20.715450	-101.496460	1762.91
L-10	18/09/2024	Munguía	20.539810	-101.466595	1732.34
L-11	18/09/2024	Tinaja de Bernales	20.552488	-101.435957	1720.23

Clave	Fecha	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud
L-12	18/09/2024	Rancho Nuevo Yóstiro	20.568115	-101.425225	1722.24
L-13	18/09/2024	Rancho Nuevo Yóstiro	20.565721	-101.415682	1722.24

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se pueden observar fotografías de las elevaciones topográficas dentro del municipio de Irapuato, mismas que evidencian las condiciones de algunas laderas, por ejemplo, en El Encino (Figura 11), y Lo de Sierra cerca de Valencianita (Figura 12), las pendientes son suaves con poca vegetación, mientras que para La Garrida (Figura 13) y Cerro de Arandas (Figura 14) las pendientes incrementan, pero también la vegetación (esto último dependiendo de la época del año, si es temporada de secas o de lluvias), sin perder de vista que estas elevaciones ya están dentro de la zona urbana. El Cuarto Cinturón Vial (Figura 15) ha presentado problemas de caído de bloques de rocas por el talud realizado, además de la presencia de vegetación que está creciendo entre las fracturas de la roca, lo que hace que sea menos estable. El Cerro del Piloncillo, San Diego del Rosal y Tamahula (Figura 16, Figura 17 y Figura 18), están en la porción oeste del municipio, zona menos poblada, donde las pendientes son medias y con presencia de vegetación. Las comunidades de Munguía, Tinaja de Bernales y Rancho Nuevo Yóstiro (Figura 19 a Figura 22), se ubican al sur del municipio, donde las laderas corresponden a aparatos volcánicos extintos y frentes de lava; las pendientes pronunciadas son las que pueden representar mayor peligro para la población asentada a sus faldas.

Figura 11: Panorama de las elevaciones en la Comunidad El Encino.

Figura 12: Panorama de las elevaciones en la Comunidad Lo de Sierra, cerca de Valencianita.

Figura 13: Panorama de las elevaciones en del Cerro La Garrida.

Figura 14: Panorama de las elevaciones en del Cerro de Arandas.

Figura 15: Vista del corte carretero en el Cuarto Cinturón Vial, Cerro de Arandas.

Figura 16: Panorámica del Cerro El Piloncillo.

Figura 17: Laderas en San Diego del Rosal.

Figura 18: Panorámica del Cerro del Veinte o Tamahula.

Figura 19: Laderas en la comunidad de Munguía.

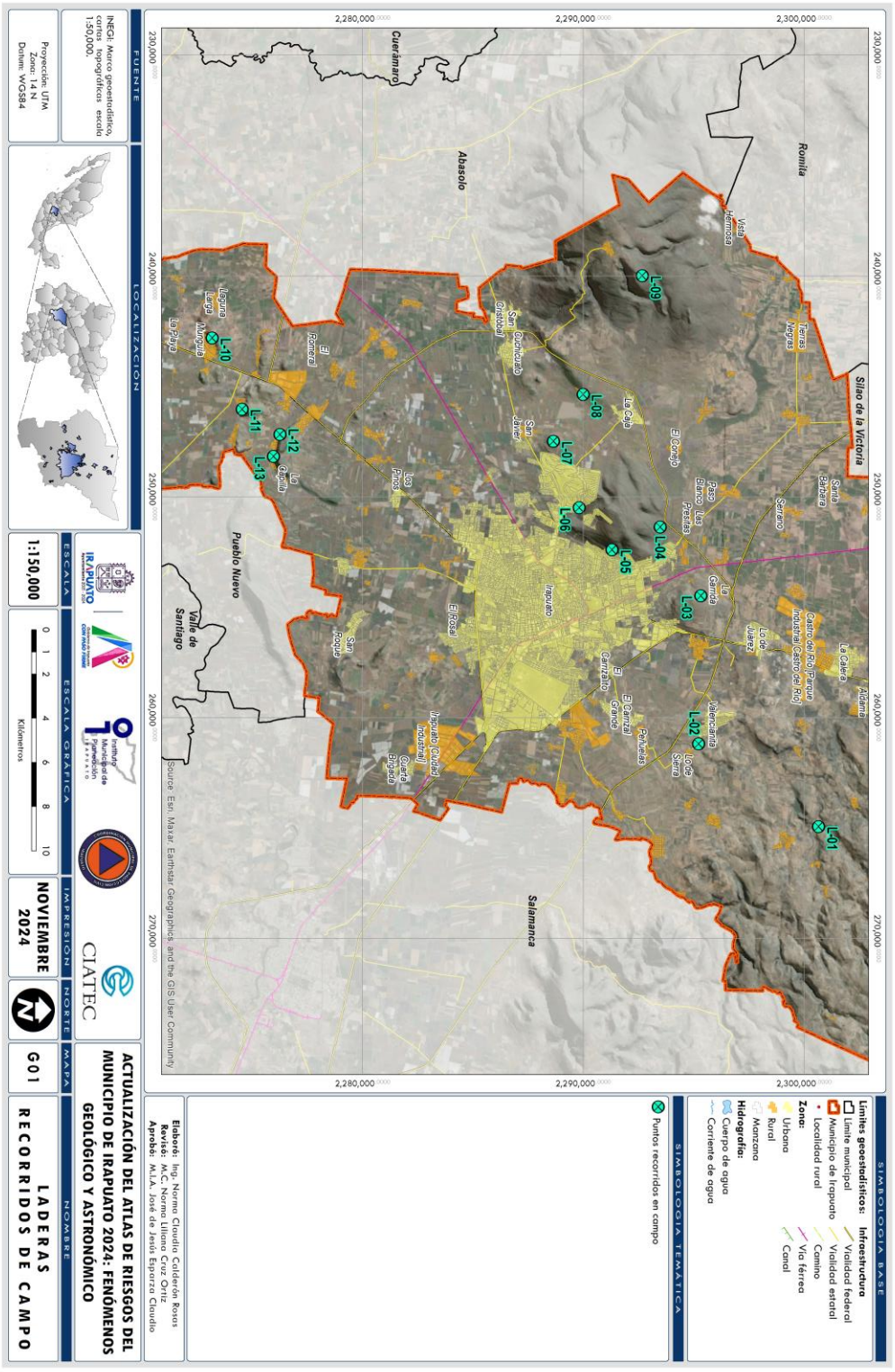
Figura 20: Elevaciones en la Comunidad Tinaja de Bernales.

Figura 21: Frente de rocas en la Comunidad Rancho Nuevo Yóstiro.

Figura 22: Vegetación moderada en las laderas de la Comunidad Rancho Nuevo Yóstiro.

Fuente. Elaboración propia

En el Mapa 2, se pueden observar las ubicaciones de los puntos antes descritos; los sitios de mayor elevación se encuentran en las periferias de la zona urbana, siendo las más prominentes la zona norte que corresponde a la Sierra de Guanajuato y la zona sur con sus aparatos volcánicos de la Faja Volcánica Transmexicana, sin perder de vista el Cerro de Arandas que es la elevación con la que más interactúan los irapuatenses, ya sea para actividades recreativas, zona de viviendas y/o con vías de comunicación.



Mapa 2: Puntos de verificación en campo de inestabilidad de laderas.

VII.4 Susceptibilidad al deslizamiento de laderas

Como parte de la metodología de CENAPRED, las fichas de campo reflejan una calificación o puntaje para cada sitio en particular, mismos que se clasifica en 5 niveles que va desde Muy Bajo a Muy Alto, considerando que la calificación más baja es menor a 5 puntos y el mayor nivel excede los 10 puntos; el detalle de cada clasificación se observa en la Tabla 16 para cada uno de los niveles de peligro considerados en el presente estudio.

Tabla 16: Clasificación de la susceptibilidad de una ladera por puntaje de formato de campo.

Susceptibilidad		Suma de calificaciones
Muy Bajo		Menos de 5
Bajo		5.1 a 7
Medio		7.1 a 8.5
Alto		8.6 a 10
Muy Alto		Más de 10

Fuente: (CENAPRED, 2014).

La evaluación de los puntos antes mencionados se muestra en la Tabla 17, donde se establecen los resultados de susceptibilidad de las laderas en cada uno de los sitios; cabe recordar que las fichas evalúan principalmente la topografía, aspectos geotécnicos, geomorfológicos y ambientales, siendo estos principalmente los factores intrínsecos de las laderas.

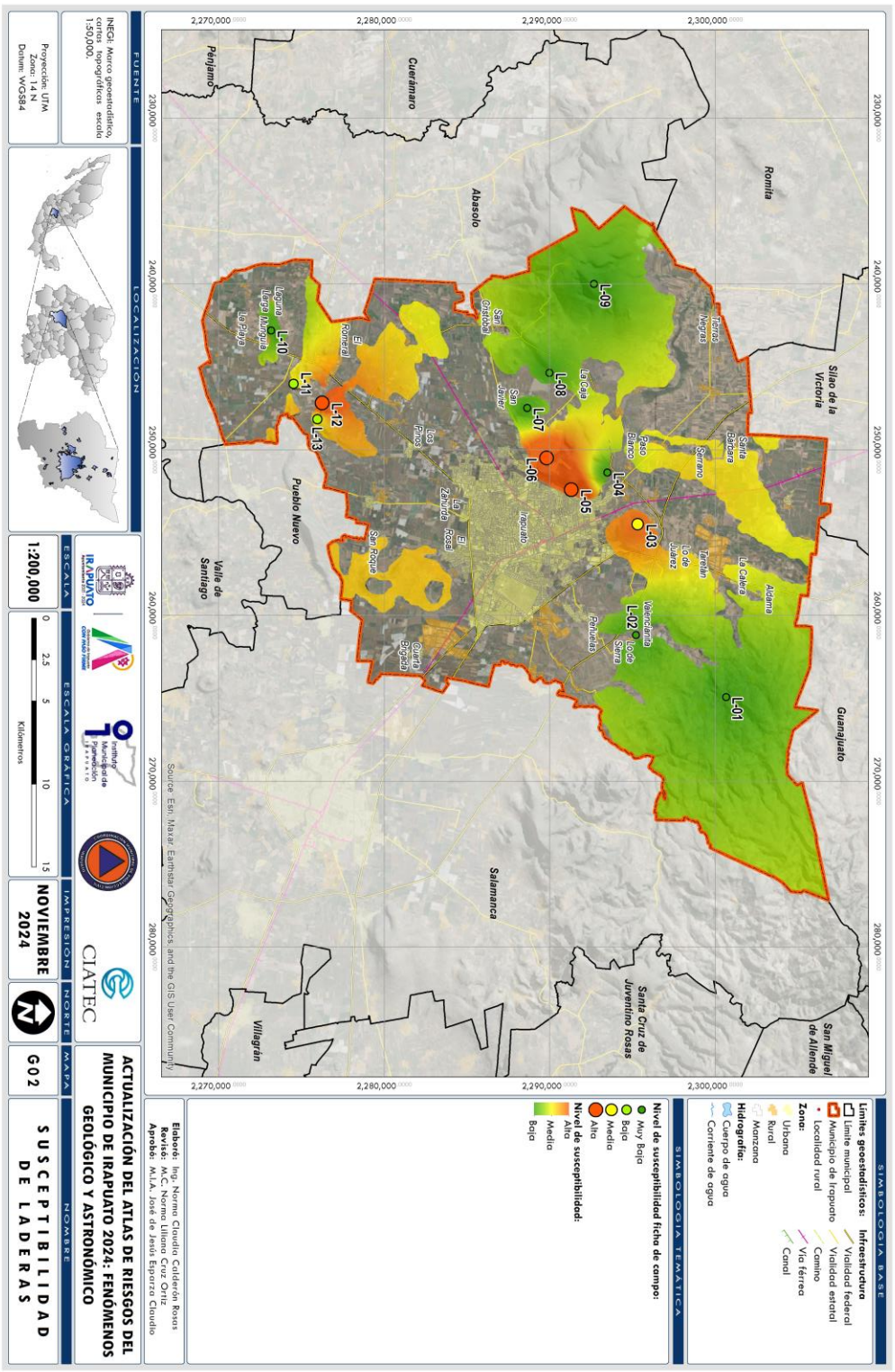
Tabla 17: Resultado de la susceptibilidad por inestabilidad de laderas.

Clave	Comunidad	Sumatoria	Susceptibilidad
L-01	El encino	3.1	Muy bajo
L-02	Lo de Sierra	3.1	Muy bajo
L-03	La Garrida	7.6	Medio
L-04	Arandas	4.7	Muy bajo
L-05	Cinturón Vial - Arandas	8.8	Alto
L-06	Villas de Irapuato	8.6	Alto
L-07	Cerro Piloncillo	4.8	Muy bajo
L-08	San Diego del Rosal	4.9	Muy bajo
L-09	Tamahula	4.8	Muy bajo
L-10	Munguía	4.6	Muy bajo
L-11	Tinaja de Bernales	6.2	Bajo
L-12	Rancho Nuevo Yóstiro	9.7	Alto
L-13	Rancho Nuevo Yóstiro	6.7	Bajo

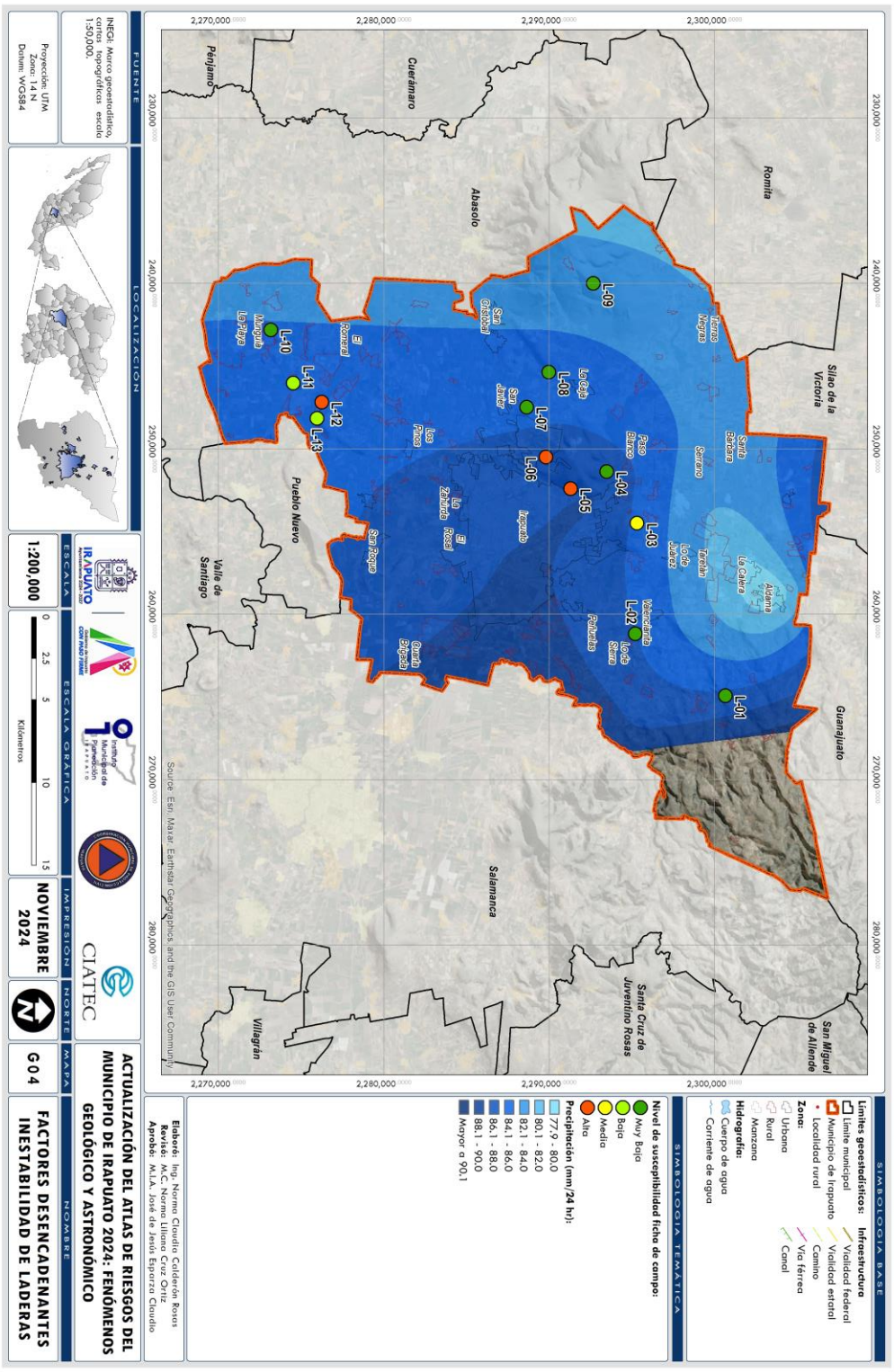
Fuente: elaboración propia.

Los resultados indican susceptibilidades en general bajas, ya que la mayoría de los sitios están en zonas poco pobladas o rurales, sin embargo; sobresalen tres sitios, dos de los cuales se ubican en la zona urbana, con excepción de Rancho Nuevo Yóstiro que es una comunidad al sur del territorio. En el Mapa 3 se pueden identificar los resultados antes mencionados, se utilizó la zonificación geotécnica rocosa publicada en el Atlas Municipal de 2013 (IMPLAN, 2013) como base de las pendientes principales.

En un análisis de factores desencadenantes, para el caso del municipio de Irapuato es factible analizar el grado de influencia de las precipitaciones acumuladas en 24 horas en un periodo de retorno de 25 años y su relación con la susceptibilidad a la inestabilidad de laderas. En el Mapa 4 se muestra el resultado de la integración de las dos variables mencionadas anteriormente, observando que la zona de mayor susceptibilidad (Cerro de Arandas) coincide con la zona donde se esperan precipitaciones acumuladas de 86 a 90 mm en 24 horas cada 25 años; en concordancia con los reportes hemerográficos y de Protección Civil Municipal, los cuales ocurren en la temporada de lluvias en los que se presentan eventos de caído de material granular en el Cuarto Cinturón Vial.



Mapa 3: Susceptibilidad por inestabilidad de laderas.



Mapa 4: Precipitación como factor desencadenante de inestabilidad de laderas.

VII.5 Peligro

El nivel de peligro generado por la pendiente natural es uno de los parámetros intrínsecos más importantes a considerar, ya que las condiciones de equilibrio de los esfuerzos actuantes considerados dentro de las características de litología, clima, respuesta sísmica, entre otros, pueden no desencadenar un movimiento de masas.

Los factores externos que pueden modificar el equilibrio como la construcción de vías de comunicación, generación de taludes, actividad antropogénica y/o precipitaciones extraordinarias pueden activar algún mecanismo de movimiento pendiente abajo. En la Tabla 18, se describen los niveles de peligro y su alcance.

Tabla 18: Definición del grado de peligro por inestabilidad de laderas.

Nivel de peligro	Alcance en la población e infraestructura
Muy Bajo	Laderas muy suaves **menores a 15°,** las condiciones geomorfológicas del sitio permiten que el peligro por deslizamiento de laderas sea prácticamente nulo, donde se presenta principalmente la erosión hídrica generada por lluvias prolongadas que pueden generar cárcavas. La presencia de vegetación ayuda a conservar la estabilidad. El suelo superficial suele componerse mayoritariamente de material arcilloso cohesivo, que ofrece una estructura semipermeable que propicia el escurrimiento pluvial laminar.
Bajo	Representan laderas de **15.1° a 25°** de inclinación, donde la generación de un deslizamiento ocurre en la temporada de lluvias con precipitaciones extraordinarias, lo que se conjuntará con la alteración de las cargas en la ladera que se puedan tener. La presencia de vegetación ayudaría a la estabilidad y conservación de suelos, sin embargo; es factible que se reporte la presencia de suelo residual grueso (grava y arena), en conjunto con una matriz de suelos finos. La infiltración de agua superficial toma relevancia como factor determinante de superficies de falla; por lo que es necesario realizar labores de seguimiento de las condiciones geotécnicas del sitio.
Medio	Representan laderas de **25.1° a 35°** de inclinación. Al igual que el grado anterior, la ocurrencia del deslizamiento de laderas en estas zonas ocurre en la temporada de lluvias, acentuada en las precipitaciones máximas. Las modificaciones antropogénicas en las laderas será un factor de cambio preferencial en el estado de los esfuerzos. Un evento de esta magnitud genera daños considerables a la población y la infraestructura de la zona.
Alto	Representan laderas de **35.1° a 45°** de inclinación. La pendiente en conjunto con la alteración de los esfuerzos por actividad humana y de los factores internos y externos pueden generar deslizamientos de importancia y de gran relevancia en su alcance a los daños a la infraestructura pública y privada, propiciando daños a las vías de comunicación. Toman relevancia como factor secundario las propiedades fisicoquímicas de la capa superficial del suelo, ya que la conformación de arcillas, limos o material arenoso definirán las propiedades

Nivel de peligro	Alcance en la población e infraestructura
	cohesivas o friccionantes del relleno y con base en ello la susceptibilidad de un colapso podría incrementarse.
Muy Alto	Representan laderas de **más de 45.1°** de inclinación. Estas pendientes son consideradas peligrosas y se debe mantener observadas en temas de exposición a la población y la infraestructura, la vegetación puede ser escasa y dependiendo de las condicionantes internas y externas pueden generarse caída de bloques, deslizamientos de laderas y/o reptación.

Fuente: elaboración propia.

En relación con el fenómeno de la sismicidad como un elemento detonante de la inestabilidad de laderas en el municipio de Irapuato, no se cuenta con antecedentes históricos que den sustento a la posibilidad de considerar a este como un factor dentro de un análisis multifactorial. Esto en concordancia con la sismicidad histórica reportada por las fuentes oficiales, así como por la microzonificación sísmica reportada en el capítulo correspondiente de este documento.

La matriz de cálculo de peligro por inestabilidad de laderas se muestra en la Tabla 19, indicando en el lado vertical el grado de pendientes, que van desde 0 a 15 grados como Muy Bajo, mayor a 45 grados como Muy Alto, y en el eje horizontal se tienen los puntajes obtenidos en las fichas, que van desde menos de 5 puntos hasta mayor a 10 puntos, que en su conjunto determinaran el nivel de peligro obtenido de las revisiones en campo y de la bibliografía dada por CENAPRED.

Tabla 19: Matriz de cálculo del peligro por inestabilidad de laderas.

Pendiente (grados)	Valor ficha				
	< 5	5.1 - 7	7 - 8.5	8.5 - 10	> 10
0 – 15 (Muy Bajo)	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
15.1 – 25 (Bajo)	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
25.1 – 35 (Medio)	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
35.1 – 45 (Alto)	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
> 45.1 (Muy Alto)	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 20, se observan los resultados del análisis de la matriz de peligro, de acuerdo con las dos tablas previas; los grados de la pendiente tienen un papel importante dado

que son el principal factor intrínseco de las laderas para un evento de deslizamiento, así como las precipitaciones.

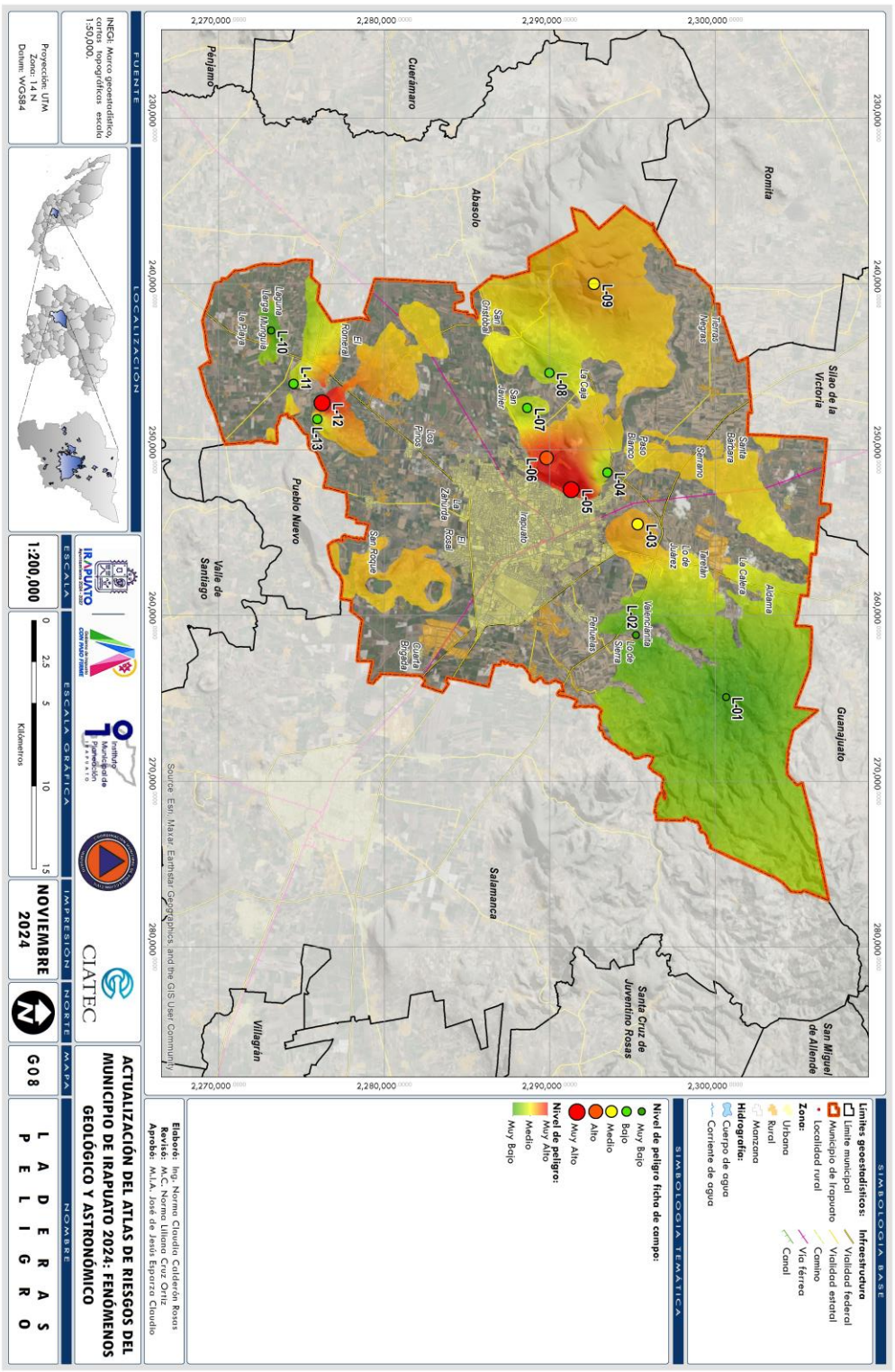
Se destaca que se presentan los cinco niveles de peligro, sobresaliendo el Cinturón Vial de Arandas y la comunidad de Rancho Nuevo Yóstiro como Muy Alto, ya que en ambos casos la pendiente de las rocas y el ángulo de reposo establecido en la conformación del corte carretero son lo suficientemente importantes. En la colonia Villas de Irapuato la elevación y las pendientes son observables y no deben perderse de vista la densidad de servicios y de población.

Tabla 20: Resultado de la matriz para obtener el nivel de peligro.

Clave	Comunidad	Peligro
L-01	El encino	Muy bajo
L-02	Lo de Sierra	Muy bajo
L-03	La Garrida	Medio
L-04	Arandas	Bajo
L-05	Cinturón Vial - Arandas	Muy Alto
L-06	Villas de Irapuato	Alto
L-07	Cerro Piloncillo	Bajo
L-08	San Diego del Rosal	Bajo
L-09	Tamahula	Medio
L-10	Munguía	Muy bajo
L-11	Tinaja de Bernales	Bajo
L-12	Rancho Nuevo Yóstiro	Muy Alto
L-13	Rancho Nuevo Yóstiro	Bajo

Fuente: elaboración propia.

El Mapa 5, muestra la distribución del peligro para la componente de inestabilidad de laderas en la zona geotécnica rocosa; se pueden identificar fácilmente los sitios de peligros Alto y Muy Alto por las tonalidades rojizas, las transiciones a peligro medio en Tamahula y la Garrida, la zona noreste del municipio a pesar de las pendientes el peligro se reporta como Muy Bajo ya que la población e infraestructura es menor, además de la vegetación presente en la zona de la sierra que apoya a la conservación de la estabilidad de los esfuerzos y de las laderas.



Mapa 5: Peligro por inestabilidad de laderas.

VII.6 Vulnerabilidad

Conceptualmente, la vulnerabilidad es el grado de daños o pérdidas potenciales en un conjunto de elementos como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. En general, una sociedad vulnerable es una sociedad frágil y por ende es menos capaz de absorber las consecuencias de los desastres de origen natural y/o humano provocados. La vulnerabilidad es también la debilidad, incapacidad o dificultad para evitar, resistir, sobrevivir y recuperarse, en caso de desastre.

Actualmente en México no se cuenta con una metodología estandarizada para la evaluación de la vulnerabilidad asociada a la inestabilidad de laderas, por lo que en seguimiento a los lineamientos establecidos en la GCM-ANR (CENAPRED, 2021); se ha recurrido a un valor único estimado, el cual puede ser adoptado con base en experiencias y juicios previos.

El impacto más representativo que los fenómenos geológicos es que pueden afectar a una comunidad en la infraestructura como viviendas, edificios públicos, escuelas, hospitales, vías terrestres, redes de tubería, etc., ya que los eventos de inestabilidad de laderas se manifiestan directamente sobre la superficie del suelo y, por ende, en las estructuras asentadas en ella son la primera manifestación de los daños por un evento determinado. Dentro de los sistemas expuestos se contabilizan los siguientes:

- **Población:** total, con discapacidades, y vulnerable (< 6 años y > 60 años).
- **Viviendas:** total de viviendas y viviendas particulares habitadas.
- **Infraestructura estratégica:** establecimientos de salud públicos y privados, escuelas públicas y privadas, supermercados y minisúper, hospedajes, gasolineras, caminos rurales, red vial, líneas de transmisión eléctrica y líneas de ductos.

VII.6.1 Población

La metodología menciona que se debe indicar la población total clasificada por género, con capacidades diferentes, así como la población más vulnerable dentro del rango de menos de 6 años y mayores de 60 años clasificados por género. Del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021) se obtuvieron los datos de población, discapacidad y los mayores de 60 años; para los menores de 6 años se consideró el campo "0 a 14 años" dado que el censo no maneja el rango específico, tomando este último como grupo

vulnerable para el fenómeno. La población con discapacidad agrupa varias dificultades físicas, dentro de la cuales se enlistan:

- Dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana para bañarse, vestirse y/o comer.
- Dificultad para caminar o moverse, subir o bajar.
- Dificultad para ver, aun cuando usen lentes; para escuchar; aun usando aparato auditivo; para mantener un nivel de atención en cosas sencillas o con alguna limitación mental.
- Con dificultad para comunicarse con los demás o que tienen limitaciones para la recepción y producción de mensajes para hacerse entender a través del lenguaje, signos y símbolos.

Como se describió previamente, los niveles de peligro Medio a Muy Alto son los que pueden representar mayores afectaciones a la población o a los gobiernos desde el punto de vista de la infraestructura que se debe reparar, mejorar o reemplazar. En la Tabla 21, se muestran los resultados de la población en las zonas identificadas en los peligros de Medio a Muy Alto, identificando en la zona urbana un total de 5,457 personas mientras que en la zona rural es de 1,162, la proporción de géneros es cercana al 50% para cada zona, en los rangos de edad la mayor cantidad de población vulnerable va de los 0 a los 14 años, con proporción de 3:1 respecto a los adultos mayores de 65 años. La única diferencia considerable es la proporción de personas con discapacidad, ya que en la zona rural es 4 veces más que en la zona urbana.

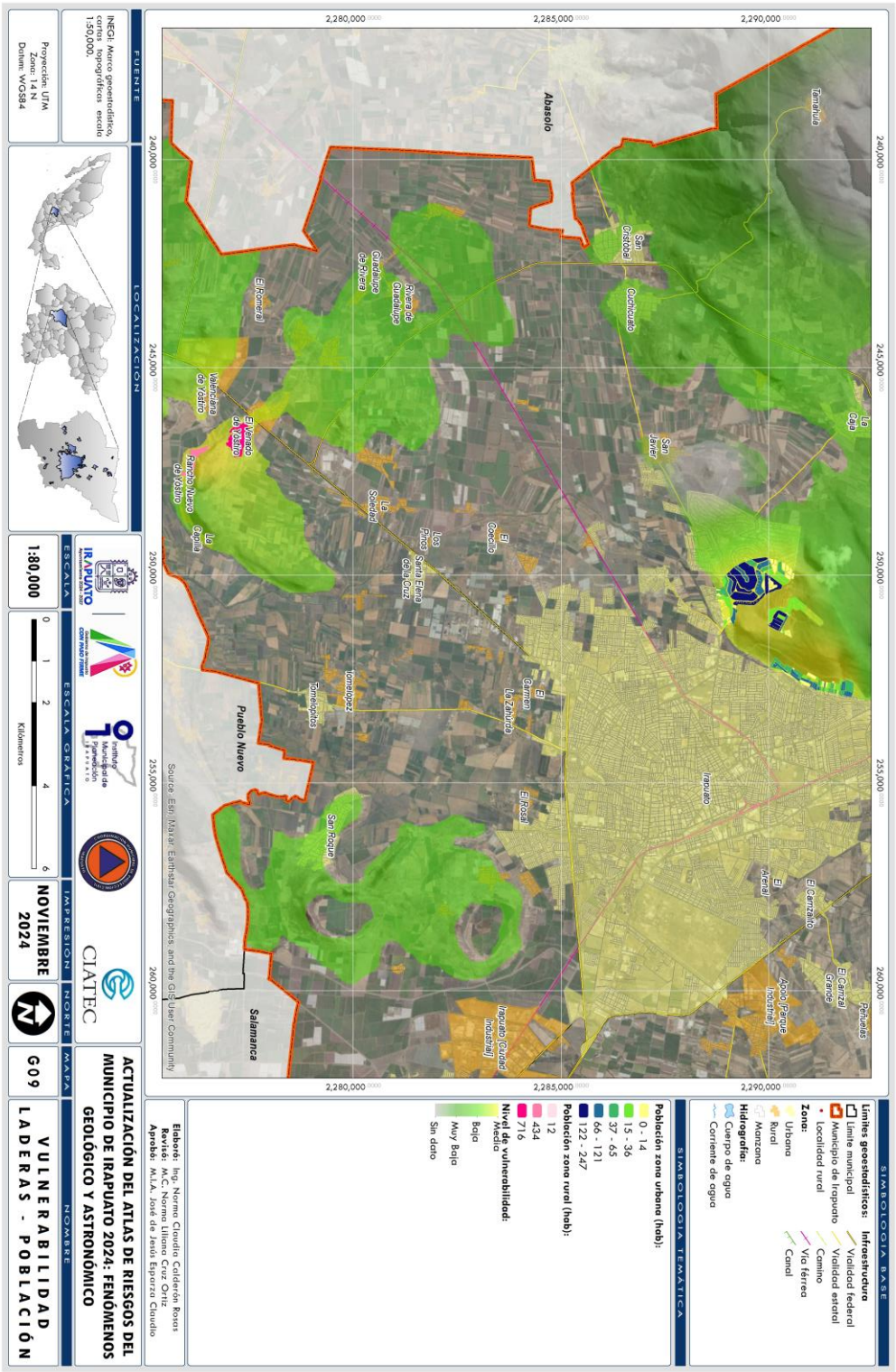
Tabla 21: Población expuesta por posible afectación por inestabilidad de laderas.

Población total en zona Urbana		**Población total en zona Rural**	
5,457		1,162	
Mujeres	**Hombres**	**Mujeres**	**Hombres**
2,723	2,646	602	559
0 a 14 años	**65 años y más**	**0 a 14 años**	**65 años y más**
1,266	409	368	82
Con Discapacidad		**Con Discapacidad**	
14		52	

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2021).

En el Mapa 6, se muestra la distribución espacial de la población potencialmente expuesta, incluyendo todos los rangos de edad, discapacidades y género, en el mapa se puede observar que las concentraciones de población más vulnerable en la zona rural

corresponden a las comunidades El Venado y Rancho Nuevo Yóstiro, en tanto que en la zona urbana se concentran en Villas de Irapuato como la zona más densamente poblada, en las orillas del Cerro de Arandas se considera que la concentración es menor sin dejar de ser importante, ya que se encuentran en la parte baja del Cinturón Vial con posible presencia de caída de fragmentos de rocas.



Mapa 6: Población expuesta por inestabilidad de laderas.

VII.6.2 Vivienda

Otro de los sistemas expuestos importantes es la vivienda, de la cual se realizó una cuantificación directa de las pérdidas materiales en caso de un evento por inestabilidad de laderas. Para este sistema expuesto se utilizó el Censo de Población y Vivienda del INEGI del 2020 (INEGI, 2021); dentro de las descripciones disponibles se seleccionaron cantidad de viviendas totales, viviendas habitadas y viviendas particulares habitadas, esto derivado de que no todas las viviendas están actualmente ocupadas y para la contabilización de las pérdidas materiales se relaciona la vivienda afectada habitada y sus habitantes. En la Tabla 22, se muestran los totales de viviendas en la zona urbana y rural contabilizando 2,346, de las cuales el 80% están habitadas y el 20 % restante se consideran deshabitadas.

Tabla 22: Viviendas expuestas por posible afectación por inestabilidad de laderas.

Totales urbanas		Totales rurales	
1,977		369	
Habitadas	**Particulares habitadas**	**Habitadas**	**Particulares habitadas**
1,592	1,592	301	301

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2021).

Con base en lo anterior, para los cálculos de vulnerabilidad por acción de la inestabilidad de laderas dentro del municipio de Irapuato, se utilizó una clasificación de las viviendas existentes en el territorio, la cual se fundamenta en la clasificación de vivienda de acuerdo con la tipología establecida por INEGI. En el Anexo 9 de las guías para la elaboración de mapas de vulnerabilidad de CENAPRED, se expone la clasificación de muros, de techos, y sus posibles combinaciones.

Para cada uno de los puntos de las fichas de campo se identificaron los tipos de vivienda de acuerdo a la clasificación dada por el INEGI. Como se muestra en la Tabla 23, para cada ficha se asignó el tipo de vivienda más representativo y se obtuvo el promedio del costo por vivienda, con el cual se obtuvo un cálculo estimado del monto de la afectación máxima por un evento de desastre por inestabilidad de laderas.

Tabla 23: Resultado de la evaluación de tipos de vivienda por fichas de campo de inestabilidad de laderas.

Ficha	Comunidad	Tipo de vivienda
L-01	El Encino	4
L-02	Lo de Sierra	5
L-03	La Garrida	5
L-04	Arandas	NA
L-05	Cinturón Vial - Arandas	5

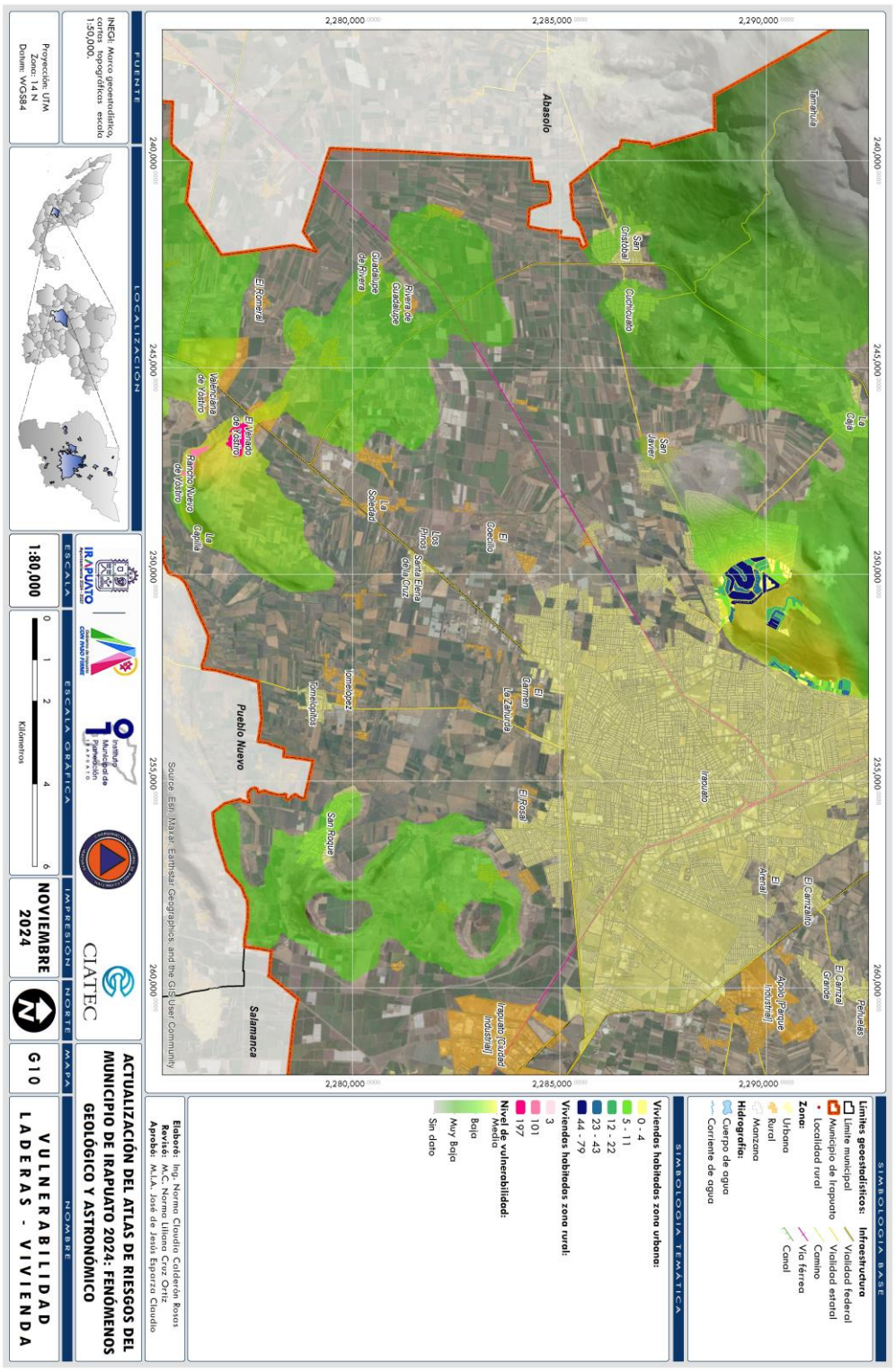
Ficha	Comunidad	Tipo de vivienda
L-06	Cerro Piloncillo	NA
L-07	San Diego del Rosal	5
L-08	Tamahula	NA
L-09	Munguía	5
L-10	Tinaja de Bernales	4
L-11	Rancho Nuevo Yóstiro	5
L-12	Rancho Nuevo Yóstiro	5

Fuente: elaboración propia

Una vez identificada la tipología, se calcularon los costos por afectación de las mismas, entre las que predomina el tipo V, (techos y muros rígidos); en algunas zonas se pueden identificar viviendas tipo IV, que son las que tienen muros rígidos y techos flexibles.

Las viviendas susceptibles a las manifestaciones de este componente geológico fueron 2,356 con un costo estimado de $450,000.00 M.N. por unidad; de acuerdo al Anexo 9 para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006), se estima un monto total de $1,060,200,000.00 M.N. (1.06 billones de pesos). Este es un monto estimado y no corresponde a los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en la zona de estudio, dado que, se tomó el censo de INEGI del 2020, por lo que pudiera incrementarse debido al crecimiento de la ciudad de Irapuato.

En el Mapa 7, se observa la distribución de las viviendas, en la zona rural el área de mayor densidad corresponde a El Venado de Yóstiro seguido de Rancho Nuevo Yóstiro; en la zona urbana se concentran en Villas de Irapuato y en menor proporción la zona baja del Cinturón Vial.



Mapa 7: Viviendas expuestas por inestabilidad de laderas.

VII.6.3 Infraestructura estratégica

Para los demás sistemas expuestos como establecimientos de salud, escuelas, supermercados, hoteles, gasolineras, caminos, red vial, líneas de transmisión y líneas de comunicación, se obtuvieron de diversas fuentes, como fue el DENUE (INEGI, 2024) y el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2021). A continuación, se describen a detalle cada uno de los tipos de infraestructura.

VII.6.3.1 Infraestructura de salud

En la Tabla 24, se muestran los establecimientos que cuentan con servicios médicos, de atención privada, siendo los principales los consultorios dentales, otras dos con especialidades y otro más de medicina general.

Tabla 24: Infraestructura de salud con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Categorías	Cantidad
Consultorios de medicina especializada del sector privado	1
Consultorios de medicina general del sector privado	1
Consultorios dentales del sector privado	3
Hospitales del sector privado de otras especialidades médicas	1
Total	**6**

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

VII.6.3.2 Infraestructura educativa

Para el sector educativo del municipio de Irapuato se identificaron más instituciones del sector privado que público (Tabla 25), encontrándose todos los niveles educativos desde preescolar a superior, también se reportan escuelas de arte y deportes, con un total de 12 instituciones en ambas zonas, rural y urbana.

Tabla 25: Infraestructura de educación con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Categorías	Cantidad
Escuelas de arte del sector privado	2
Escuelas de deporte del sector privado	1
Escuelas de educación preescolar del sector privado	3
Escuelas de educación secundaria general del sector privado	1

Categorías	Cantidad
Escuelas de educación secundaria general del sector publico	2
Escuelas de educación superior del sector privado	1
Escuelas del sector privado que combinan diversos niveles de educación	2
Total	**12**

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

VII.6.3.3 Infraestructura de comunicación

Se obtuvieron datos de dos fuentes para las vías de comunicación, del Censo Nacional 2020 y de la Red nacional de caminos 2022; en la Tabla 26, se muestran los datos del censo donde se muestran las longitudes, zona rural y urbana y si es que son de uno o dos sentidos de comunicación, se anexa también los kilómetros de ciclovías, que es un tipo de traslados cada vez más utilizado. Las vialidades más largas son las calles con 37.7 kilómetros, privadas en fraccionamientos que cada vez son más frecuentes y las ciclovías, cuatro en zona urbana y una en zona rural; las avenidas con 1.33 km también se ven afectadas en menor proporción. Las que menos se verían afectadas son los bulevares y algunas calles cerradas. Con un total de 45.48 kilómetros expuestos, es de los sistemas más vulnerables y que pudieran generar otras afectaciones con la incomunicación.

Tabla 26: Infraestructura vial con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Tipo de vialidad	Rural	Urbana	Dos sentidos	Un sentido	Longitud (km)
Avenida	4	11	15		1.33
Boulevard		1	1		0.21
Calle	61	360	416	5	37.77
Carretera		1	1		0.166
Cerrada		16	16		1.02
Privada	4	75	79		5.00
Ciclovías	1	4			5.95
Total	**70**	**468**	**528**	**5**	**45.48**

Fuente: elaboración propia con información de (INEGI, 2021)

Dentro de la Red nacional de caminos 2022, en la Tabla 27 se muestran los datos de kilómetros posibles afectables los cuales son 21.55, siendo las más vulnerables de daños las calles, bulevares, caminos, y carreteras.

Tabla 27: Infraestructura vial de la Red Nacional de Caminos con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Tipo de vialidad	Cantidad	Longitud (km)
Avenida	4	0.58
Boulevard	3	5.73
Calle	110	10.17
Camino	6	2.45
Carretera	3	1.99
Enlace	2	0.11
Glorieta	6	0.19
Privada	1	0.01
Retorno	18	0.31
Total	**153**	**21.55**

Fuente: elaboración propia con información de (INEGI, 2022).

VII.6.3.4 Infraestructura eléctrica

Uno de los servicios básicos en las ciudades es la energía eléctrica y se identificaron las líneas de alta tensión que cruzan por la zona de estudio por posible afectación de la inestabilidad de laderas; en la Tabla 28, se muestra que hay 5.8 kilómetros, entre torres y postes que suministran energía.

Tabla 28: Infraestructura eléctrica con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Alta tensión	Longitud (km)
En torres de acero	3.67
En postería sencilla	2.13
Total	**5.80**

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

VII.6.3.5 Infraestructura comercial

En la Tabla 29, se muestra un resumen de las categorías de los negocios que se encuentran en el polígono de análisis para cuantificar las afectaciones, dentro de las principales están el comercio al por menor, seguido de servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas, dentro de los que se encuentran los restaurantes, fondas, cadenas de alimentos, etc., una clasificación general es la de otros servicios excepto actividades gubernamentales, sobresalen también las industrias manufactureras, dentro de las principales actividades de la población.

Con un total de 190 unidades comerciales tanto en la zona rural y urbana que pueden ser afectadas por eventualidades de inestabilidad de laderas que pueden afectar la economía de la población y de las autoridades.

Tabla 29: Total de infraestructura estratégica expuesta de servicios y comercio por posible afectación por inestabilidad de laderas.

Categoría	Cantidad
Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia	1
Comercio al por mayor	7
Comercio al por menor	67
construcción	7
Industrias manufactureras	16
Información en medios masivos	1
Otros servicios excepto actividades gubernamentales	27
Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	27
Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación	2
Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos	4
Servicios financieros y de seguros	8
Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles	11
Servicios profesionales, científicos y técnicos	11
Transportes, correos y almacenamiento	1
Total	**190**

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

VII.6.3.6 Estaciones de servicio

Respecto a los establecimientos de venta de combustibles se identifican dos (ver Tabla 30), uno al por menor de gasolina y diésel y otro al por mayor de combustibles de uso industrial.

Tabla 30: Infraestructura de estaciones de servicio con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Categorías	Cantidad
Comercio al por menor de gasolina y diésel	1
Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial	1
Total	**2**

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

Hospedaje

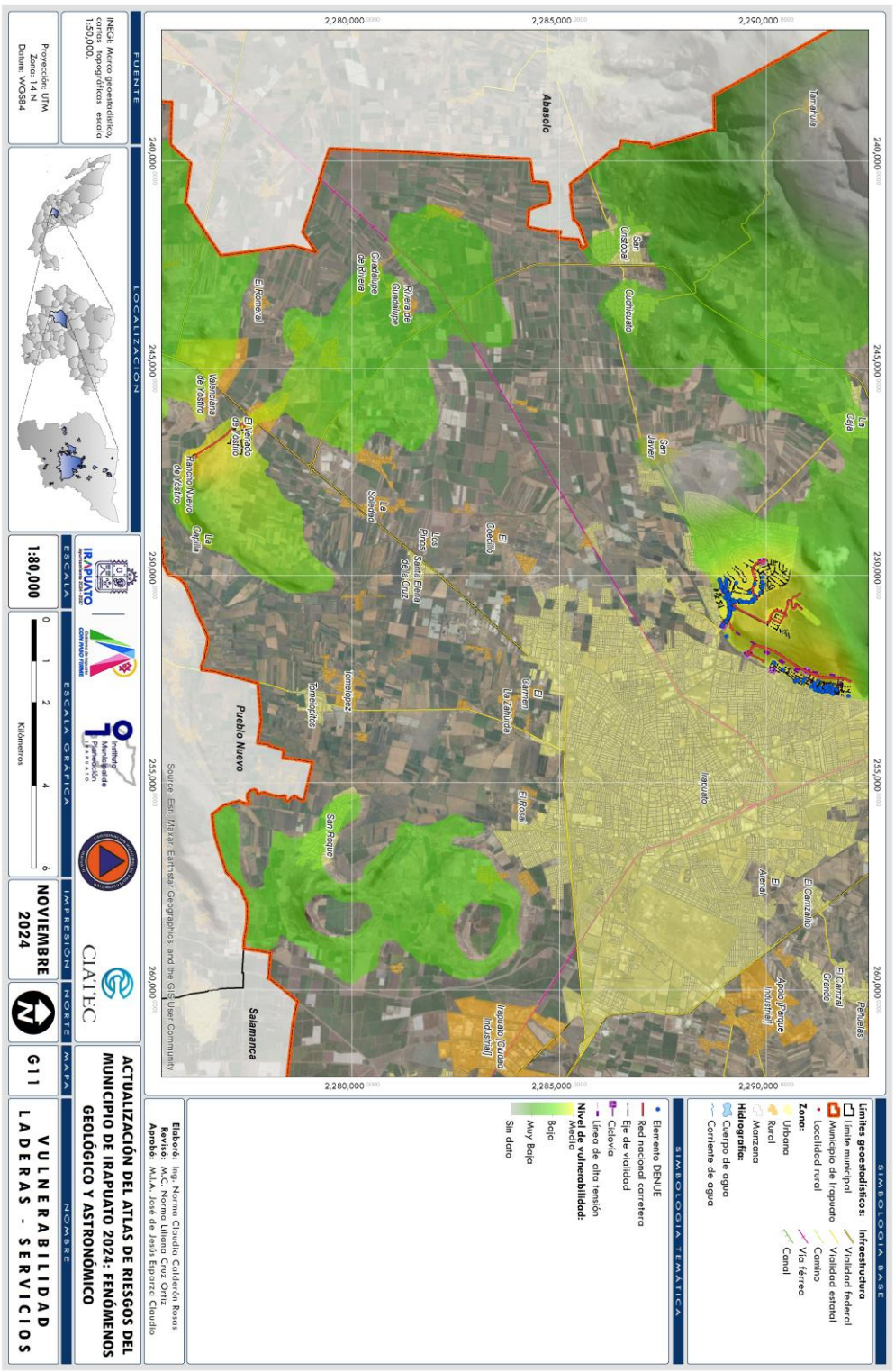
Uno de los servicios de menor representatividad es el servicio de hospedaje, con una unidad de comercio (Tabla 31).

Tabla 31: Infraestructura de hospedaje con posible afectación por inestabilidad de laderas.

Categorías	Cantidad
Hoteles sin otros servicios integrados	1

Fuente: elaboración propia con datos de (INEGI, 2024).

En el Mapa 8, se muestra la distribución de las calles, avenidas, unidades comerciales, escuelas y demás sistemas expuestos en las zonas afectables.



Mapa 8: Infraestructura expuesta por inestabilidad de laderas.

VII.6.4 Matriz de cálculo de vulnerabilidad por inestabilidad de laderas

Para la vulnerabilidad de la inestabilidad de laderas se considera el sistema expuesto de viviendas, las cuales en las zonas de laderas son variadas las construcciones ya que algunos son desarrollados por constructoras, otras son particularmente contrataciones y muchas más son autoconstrucción sin supervisión. Anteriormente, se indicaron las principales características de las viviendas, tipos de muros y de techos. De manera general se puede mencionar que las viviendas son de tipo V y IV.

En la Tabla 32, se muestra la matriz de cálculo para la vulnerabilidad; ya que se conoce el peligro y la tipología de viviendas se pudo analizar cada uno de los sitios que se recorrieron en el trabajo de campo. Estos recorridos sirvieron también para conocer las condiciones (solo por el exterior), de las viviendas y/o infraestructura que pudiera verse afectada en caso de que se presente un evento de remoción de masas, ya sea deslizamiento, flujo de finos o caído de bloques.

Como se observa en la matriz, conforme se eleva el nivel peligro y la calidad de la vivienda disminuye, la vulnerabilidad se ve incrementada, entendiendo que cada zona y sitio son particularmente evaluados.

Tabla 32: Matriz de cálculo de la vulnerabilidad por inestabilidad de laderas.

Peligro / Vivienda	Nivel de vulnerabilidad				
	Tipo V	**Tipo IV**	**Tipo III**	**Tipo II**	**Tipo I**
Muy Bajo	Muy Baja	Baja	Media	Media	Media
Bajo	Baja	Baja	Media	Media	Media
Medio	Baja	Baja	Media	Alta	Alta
Alto	Media	Media	Media	Alta	Muy Alta
Muy Alto	Media	Media	Alta	Alta	Muy Alta

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 33, se muestran los resultados del análisis de cada ficha revisado en la matriz de cálculo para la vulnerabilidad, y como se puede observar se tiene nivel bajo a medio principalmente con 7 de los sitios que representa el 58.3% de la zona estudiada y con 2 de los 12 sitios en nivel medio con el 16.66%, cabe mencionar que el 25% de los sitios (es decir, 3 puntos) se consideraron como vulnerabilidad nula ya que son zonas protegidas donde no hay viviendas o población expuesta en las inmediaciones.

Tabla 33: Resultado de la matriz para obtener el nivel de vulnerabilidad.

Clave	Comunidad	Vulnerabilidad
L-01	El encino	Baja
L-02	Lo de Sierra	Muy Baja
L-03	La Garrida	Baja
L-04	Arandas	
L-05	Cinturón Vial - Arandas	Media
L-06	Villas de Irapuato	Media
L-07	Cerro Piloncillo	
L-08	San Diego del Rosal	Baja
L-09	Tamahula	
L-10	Munguía	Muy Baja
L-11	Tinaja de Bernales	Baja
L-12	Rancho Nuevo Yóstiro	Media
L-13	Rancho Nuevo Yóstiro	Baja

Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 9, se muestran espacialmente los resultados de la tabla anterior, donde las mayores vulnerabilidades están en las zonas de mayor pendiente dentro de la zona urbana, es decir, en el Cerro de Arandas y al sur en la zona rural en Yóstiro.

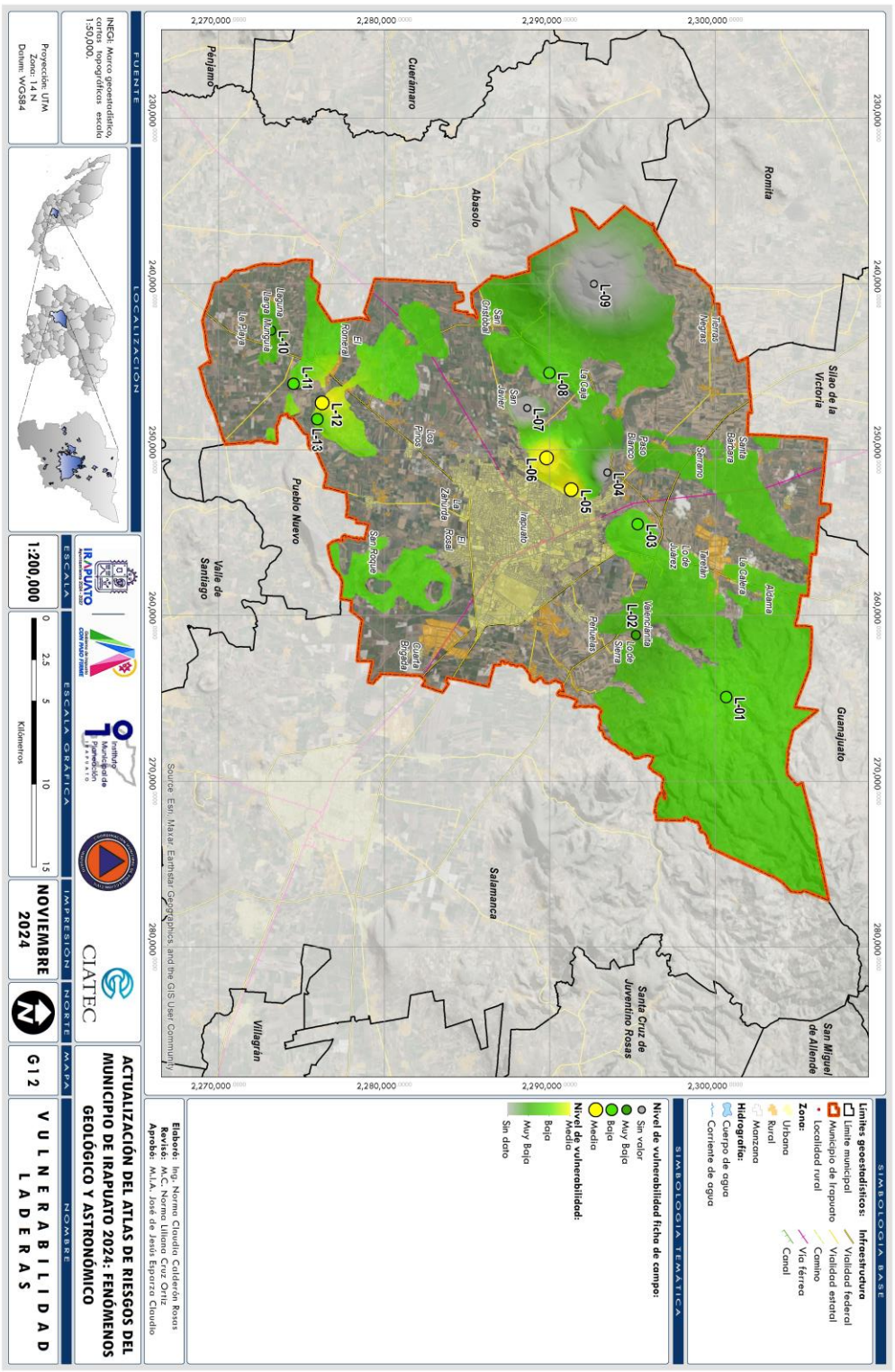
VII.7 Riesgo

La evaluación del riesgo asociado a la componente de inestabilidad de laderas está en función del peligro, la vulnerabilidad y el costo de afectaciones (considerando variables internas y externas) para el desarrollo de este; de acuerdo con los lineamientos establecidos en la CGM-ANR (CENAPRED, 2021). En la Tabla 34, se muestra la matriz de cálculo, donde para un nivel de peligro y un nivel de vulnerabilidad dado, se considera el nivel mayor de ambos parámetros, esto tratando de conservar el alertamiento sobre el sitio de estudio.

Tabla 34: Matriz de cálculo del riesgo por inestabilidad de laderas.

Vulnerabilidad	Nivel de Peligro				
	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.



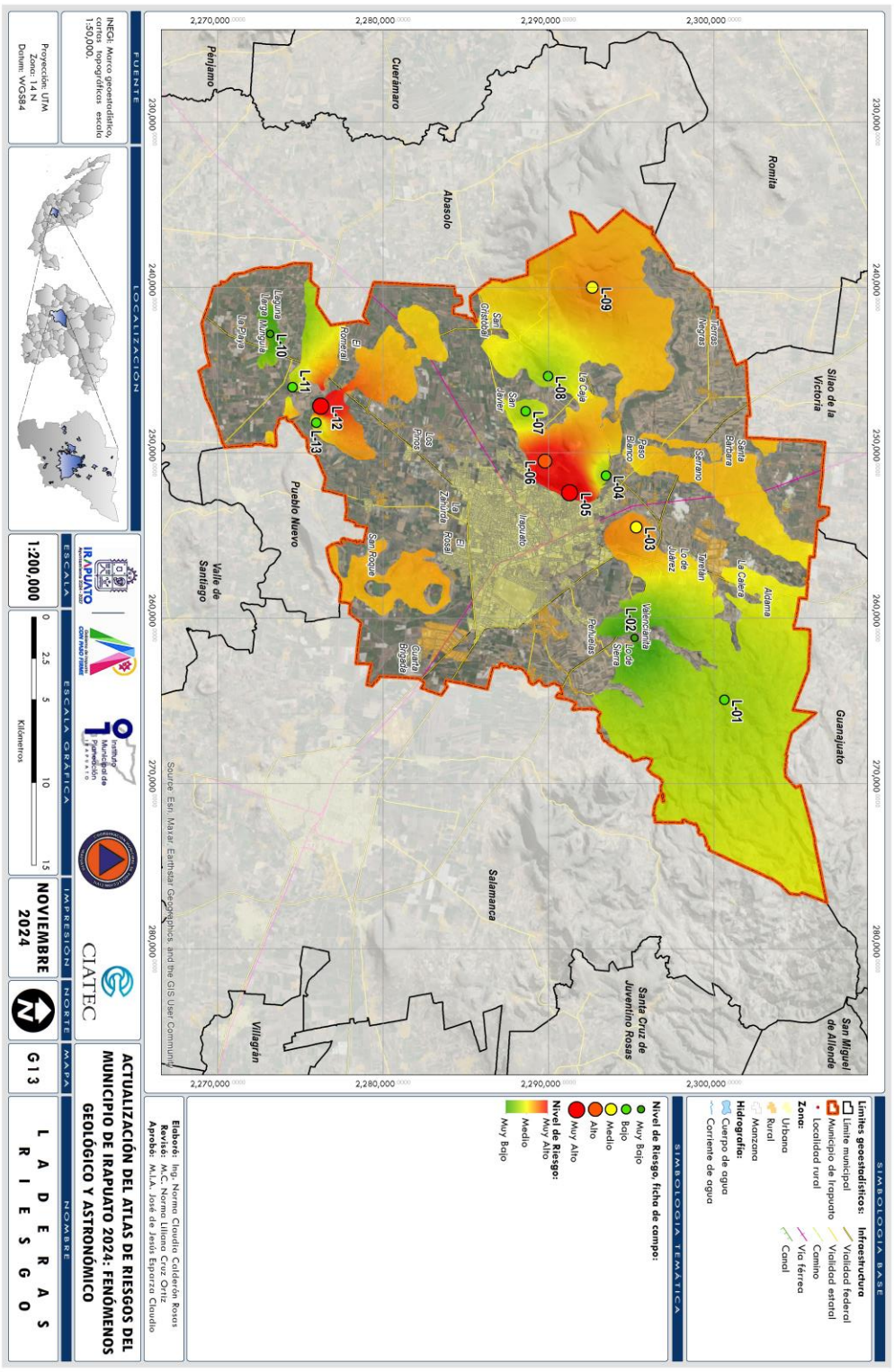
Mapa 9: Vulnerabilidad por inestabilidad de laderas.

En la Tabla 35, se muestran los resultados del análisis para riesgo entre peligro y vulnerabilidad, como se puede observar se conservaron los puntos de peligro a riesgo Muy Alto. En el Mapa 10, se muestra el mapa de riesgos para la inestabilidad de laderas, que como se ha explicado previamente los tres sitios donde se debe mantener monitoreo sobre la estabilidad de las laderas y/o de los cortes realizados, como es el caso del Cuarto Cinturón Vial, y la semaforización en el mapa es una evidencia clara de las zonas de atención.

Tabla 35: Resultado de la matriz para obtener el nivel de riesgo.

Clave	Comunidad	Riesgo
L-01	El encino	Bajo
L-02	Lo de Sierra	Muy Bajo
L-03	La Garrida	Medio
L-04	Arandas	Bajo
L-05	Cinturón Vial - Arandas	Muy Alto
L-06	Villas de Irapuato	Alto
L-07	Cerro Piloncillo	Bajo
L-08	San Diego del Rosal	Bajo
L-09	Tamahula	Medio
L-10	Munguía	Muy Bajo
L-11	Tinaja de Bernales	Bajo
L-12	Rancho Nuevo Yóstiro	Muy Alto
L-13	Rancho Nuevo Yóstiro	Bajo

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 10: Riesgos por inestabilidad de laderas.

VIII. LICUACIÓN DE SUELOS

El fenómeno de licuación de suelos (conocido también como licuefacción), ha sido conocido en todo el mundo debido a sus manifestaciones asociadas a movimientos de masa causados por eventos sísmicos. Entre los primeros registros a nivel mundial, se destaca un evento puntual durante un terremoto en Alaska y Niigata en 1964; en este sitio se presentaron evidencias de licuación, las cuales generaron fallas estructurales en cimentaciones de edificios y puentes, así como emersión de estructuras enterradas. Este componente geológico no se desarrolló en el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 por lo que no se tenía reportado ni analizado en el territorio.

Desde el concepto se puede decir que la licuefacción de suelos es un fenómeno que puede presentarse ante la ocurrencia de un sismo de gran magnitud, donde el suelo pierde la resistencia al corte y pasa a comportarse como un líquido, y cuyo riesgo de ocurrencia se incrementa en presencia de niveles freáticos superficiales, suelos fino-arenosos, mal gradados, mal drenados y de forma general, ante una condición de suelos saturados y poco consolidados (Cano-Franco, 2023).

En el caso de México, este fenómeno se ha presentado durante los sismos de Jáltipan, Veracruz en 1958, en el estado de Michoacán en 1985, en el municipio de Manzanillo en 1995 y en el municipio de Mexicali en 2010 (Vargas Moreno C. O., 2016). En la Figura 23 se muestran evidencias de licuación de suelos generadas por el sismo del 7 de septiembre de 2017 de magnitud 8.2, en la ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz (Guzmán Ventura, 2020).

De acuerdo a la información publicada en el Atlas Nacional de Riesgos (ANR, 2025), los sismos históricos que se han reportado y/o percibidos (arriba de intensidad IV) en el territorio municipal son algunos de los ya mencionados como el sismo de Santa Juliana de 1858 el cual alcanzo intensidades entre V y VI, el sismo de Colima en 1941 registrando valores de VI y VII en Irapuato, otro de los eventos fue el 1985 con intensidades de V y VI y finalmente el sismo de 2003 en Tecomán, Colima registro valores de IV y V, en todos esos eventos (sobre todo los más recientes) no se reportaron ni se tienen registros de efectos de licuación de suelos en el territorio municipal de Irapuato.

Bajo una conceptualización técnica, la licuación es un proceso por el que una masa de suelo saturado (generalmente granular y de baja compacidad), disminuye drásticamente su resistencia por un aumento de su presión de poro, habitualmente asociado a cargas monotónicas o cíclicas, tales como las inducidas por los eventos sísmicos (Pastor, 2018).

Figura 23: Daños por licuación de suelos en Coatzacoalcos, Veracruz.
Fuente: (Guzmán Ventura, 2020).

Existen varios factores que influyen en la posibilidad de ocurrencia de la licuación, de acuerdo con Díaz (1986), estos son el tipo de suelo, la compacidad relativa o relación de vacíos, el esfuerzo confinante inicial, la magnitud del esfuerzo repetido, el número de ciclos de esfuerzo, la estructura del suelo, el lapso de esfuerzo sostenido y la historia previa de deformaciones. Adicional a esto se identifican otros factores, tales como el grado de saturación y la influencia de la infraestructura existente. La Figura 24, ilustra de forma esquemática las condiciones generales para la generación de la licuación de suelos; las cuales están condicionadas por una combinación de estratos de suelos finos y gruesos con un nivel de saturación elevado, a la ocurrencia del sismo se modifican las condiciones geotécnicas y se propicia la licuación de los estratos más susceptibles, causando daños a la infraestructura instalada en la superficie.

La susceptibilidad a la licuación de un suelo puede ser evaluada mediante diversos métodos, siendo los más utilizados Seed e Idriss (1971), Youd e Idriss (2001) y Yegian y Whitman, (1978). Todos ellos comparan la resistencia cíclica del suelo a la licuación, obtenida mediante correlaciones con ensayos de campo (penetración estándar SPT, ensayo de penetración con cono CPT y velocidad de onda de corte) con la solicitación cíclica que se puede producir a causa del evento sísmico.

Figura 24: Generación de la licuación de suelos.
Fuente: (GEOSEC, 2024).

VIII.1 Peligro

El municipio de Irapuato no cuenta con registros históricos de reportes de incidencias relacionadas con la licuación de suelos, y esto se debe a las condiciones geológicas de la región, además de que la componente sísmica no ha sido relevante para propiciar efectos de sitio que pudieran favorecer de forma local este fenómeno. Sin embargo, se deben de tener presentes los niveles del acuífero somero (aguas freáticas) en algunas fracciones del territorio municipal, los cuales podrían representar condiciones concatenantes con sismos, cuyos epicentros se localicen dentro del municipio de Irapuato o los municipios vecinos, ya que una magnitud sísmica menor también podría activar este tipo de fenómeno geológico. Con base en esto, las autoridades municipales podrían establecer programas de seguimiento y prevención de condiciones geotécnicas que infieran esta fenomenología (ver Mapa 11).

VIII.2 Vulnerabilidad

Dado que el rango de peligro establecido para esta componente geológica es muy bajo (con base en las características naturales del subsuelo), no se establecen las condiciones para que este fenómeno desarrolle algún rango de vulnerabilidad hacia la infraestructura existente en el territorio municipal de Irapuato. Sin embargo, se debe prestar atención a

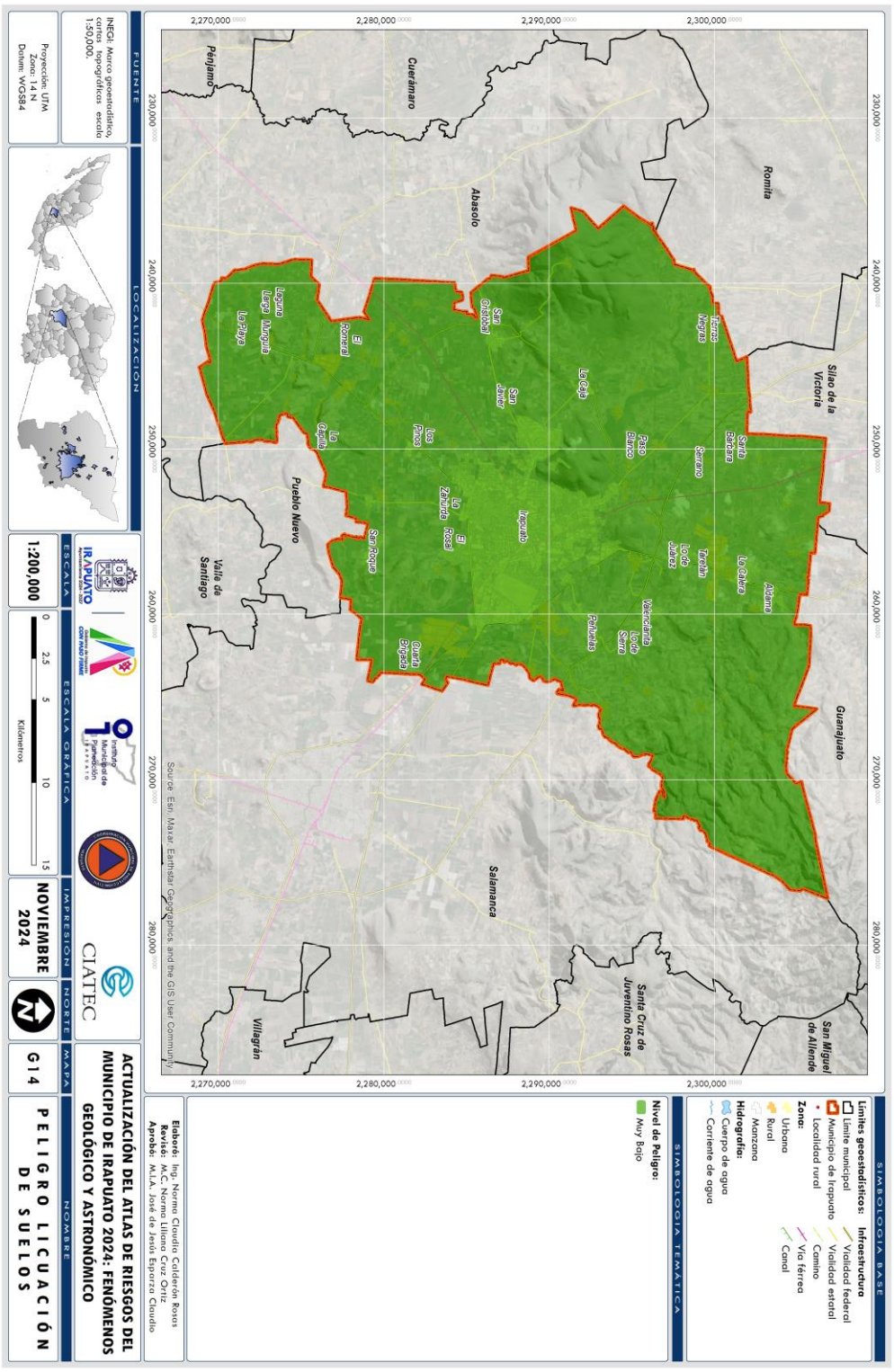
áreas susceptibles a presentar efectos de socavación asociada a flujos antropogénicos en el subsuelo (fugas de tuberías de agua potable y drenaje, por ejemplo); en donde un movimiento sísmico puede modificar el estado de esfuerzos en un estrato compuesto por suelos gruesos (rellenos) y propiciar hundimientos locales que pudieran confundirse con la licuación de suelos (ver Mapa 12).

VIII.3 Riesgo

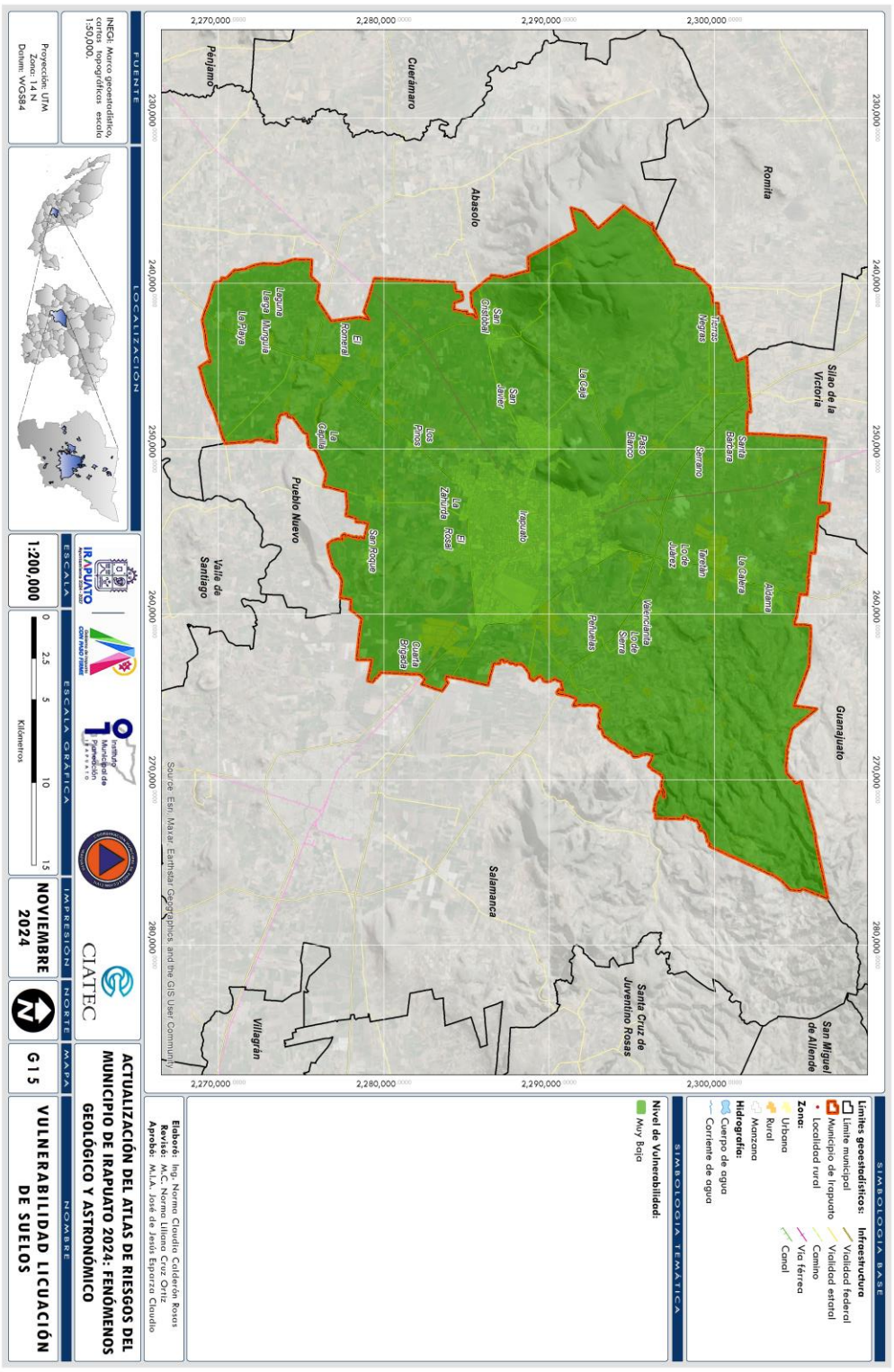
Las condiciones geológicas y edafológicas que imperan en el municipio de Irapuato no corresponden a estratos susceptibles de presentar el fenómeno de la licuación de suelos; definiendo un riesgo muy bajo para esta componente geológica (ver Mapa 13).

El efecto de sitio no ocurre de manera significativa en suelos duros y rocosos, tal como se presenta en los estratos que subyacen a las arcillas duras de la zona geotécnica del valle en el municipio de Irapuato. En este caso, las ondas sísmicas se propagan más rápido y con menor amplitud, lo que reduce la intensidad del movimiento en las capas superficiales. Dicho de otra forma, los estratos duros o rocosos presentes definen un efecto de sitio bajo o nulo; ya que su naturaleza geológica amortigua la energía sísmica y mitiga la amplificación del movimiento.

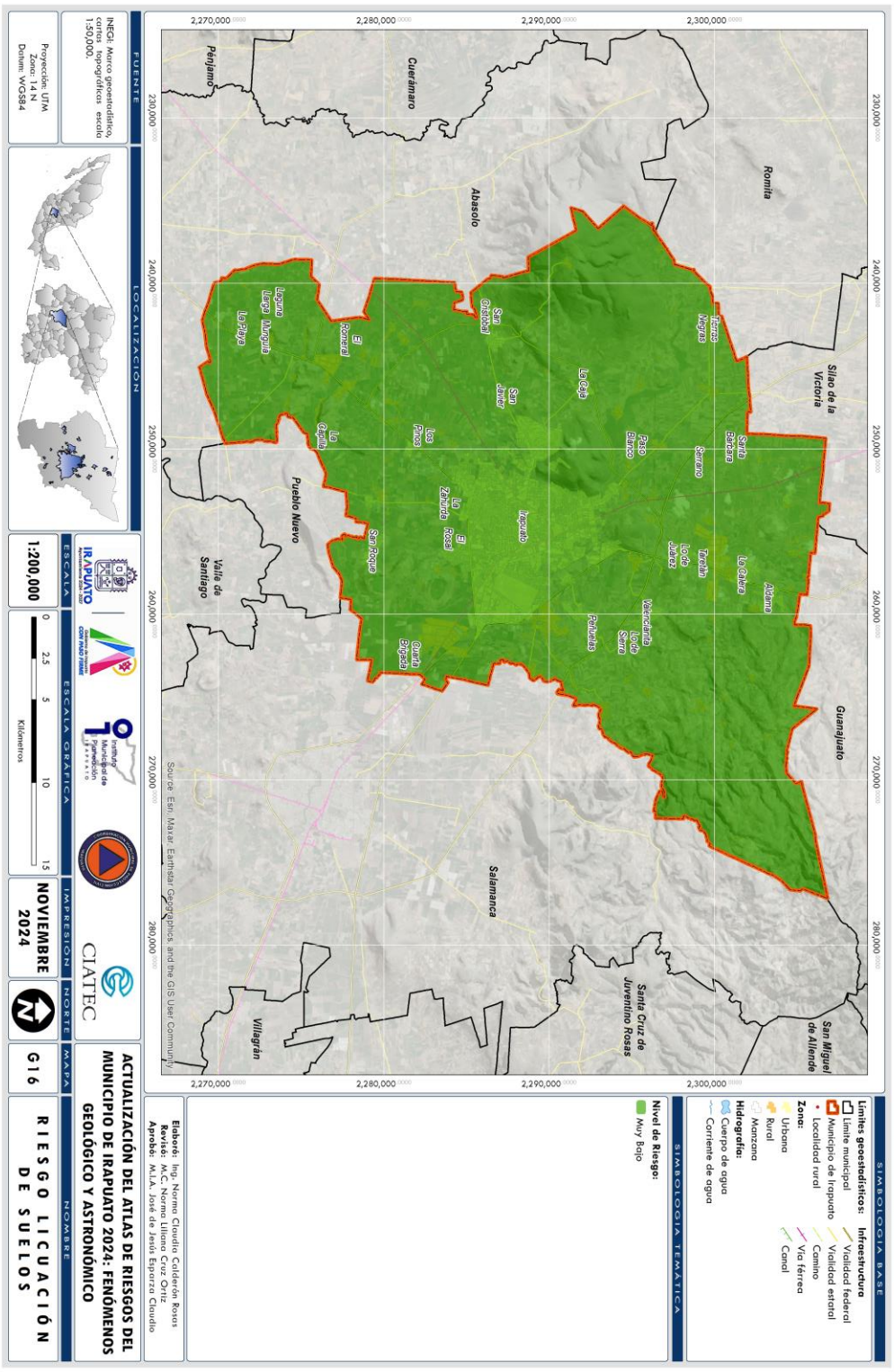
El municipio de Irapuato se encuentra dentro de la "Zona B" (Medio) de acuerdo con la Regionalización Sísmica de la República Mexicana, por lo que los sismos no son de gran impacto, la litología predominante en el municipio está conformada de rocas sedimentarias en específico areniscas que de acuerdo a lo mencionado anteriormente son propensas a licuación de suelos, sin embargo, deben considerarse las condiciones de los niveles freáticos, que para Irapuato de acuerdo a la CONAGUA es del orden de 70 a 120 metros de profundidad (CONAGUA, 2024); históricamente se han presentado algunos sismos de pequeñas magnitudes en el municipio como el ocurrido el 3 de diciembre de 2018 de magnitud 3.8 y el ocurrido el 10 de febrero de 2021 de magnitud 3.8 por lo que no se pueden descartar este fenómeno si se reúnen las condiciones necesarias, y actualmente no se tienen registros de este fenómeno perturbador en el municipio de Irapuato (SSE, 2023).



Mapa 11: Peligro por licuación de suelos.



Mapa 12: Vulnerabilidad por licuación de suelos.



Mapa 13: Riesgo por licuación de suelos.

IX. KARSTICIDAD

La palabra "*karst*" refiere al nombre del lugar en Eslovenia, donde este tipo de paisaje geológico fue descrito por primera vez a finales del siglo XIX, (Gams, 1993). En una definición clásica, el karst representa un paisaje natural que se desarrolla en áreas conformadas por rocas relativamente solubles tales como las evaporitas (halita [NaCl], anhidrita [$CaSO_4$] y yeso [$CaSO_4.2H_2O$]), así como las calizas (dominadas por $CaCO_3$) (Jennings, 1985). Este componente geológico no se desarrolló en el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 por lo que no se tenía reportado ni analizado en el territorio.

Las zonas más extensas de karst en México (Figura 25) se encuentran asociadas a la Sierra Madre del Sur, Península de Yucatán, Montañas de Chiapas, Península de Yucatán, Montañas de Chiapas, Sierra de Coahuila, Sierras Orientales de Oaxaca y Sierra Madre Oriental (Bautista, 2023).

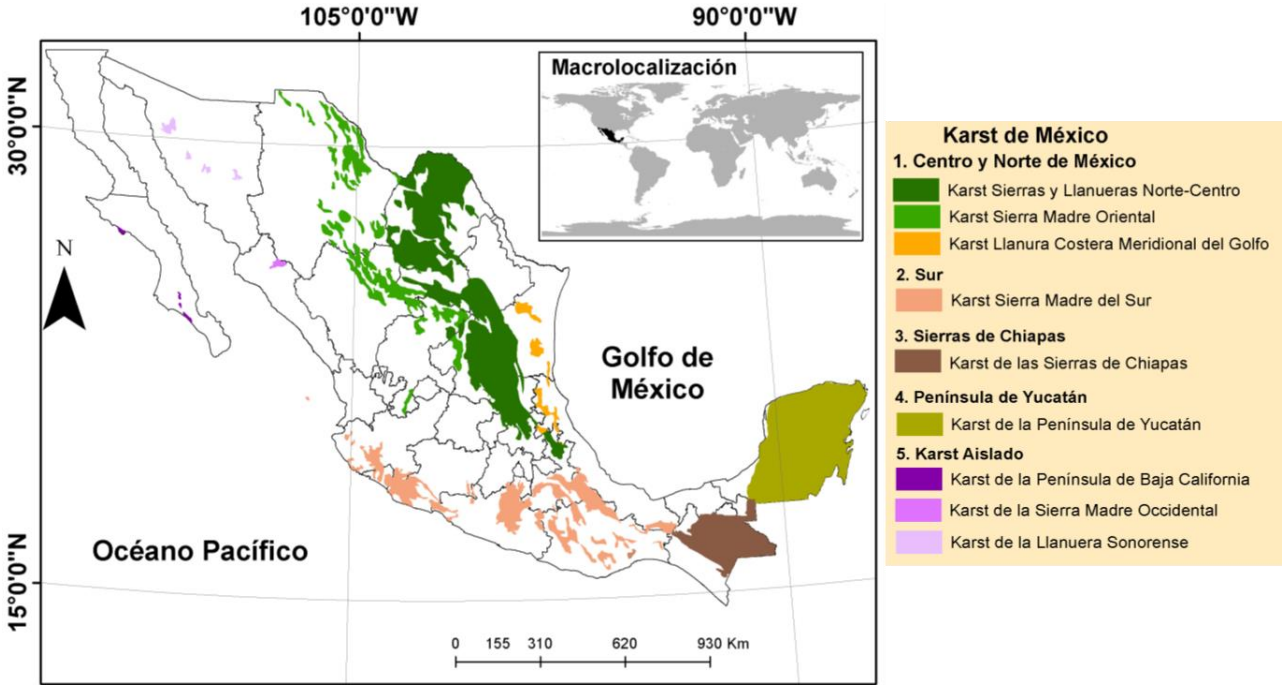


Figura 25: Zonas de karst de México.
Fuente: (ÁLvarez-Rivera, 2024)

Siendo el sistema karst de la Sierra Madre Oriental el más cercano al municipio de Irapuato y que toca territorio guanajuatense. Dentro de este sistema se tienen las siguientes clasificaciones de karst tropical, bosque lluvioso, cálido-subhúmedo, semiárido fósil y calizas no karstificadas como se puede observar su distribución en la Figura 26, además del marcador azul de la ubicación de la zona urbana de Irapuato.

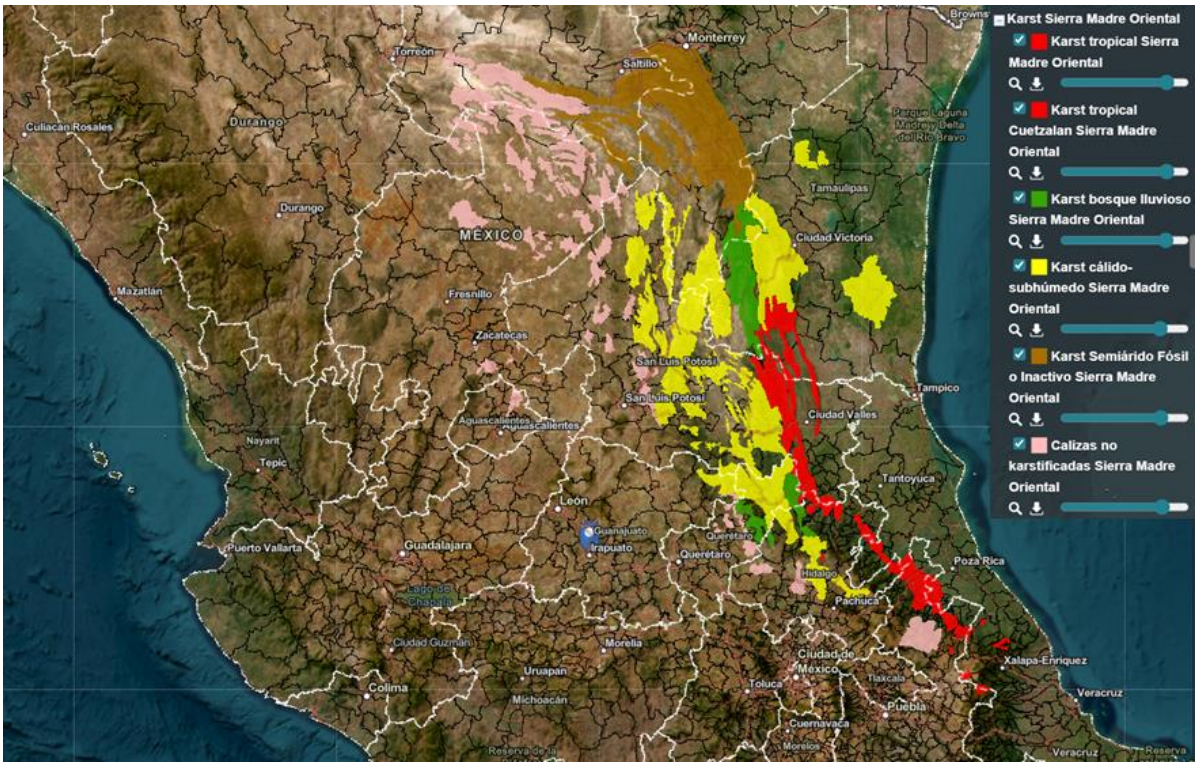


Figura 26: Zonas kársticas de la Sierra Madre Oriental

Fuente: (CENAPRED, 2025)

Para el caso de Guanajuato, se estima una superficie de 736 km^2 de territorio kárstico, el cual se compone de rocas carbonatadas continuas (calizas), las cuales se desarrollan en un clima templado subhúmedo sobre topoformas en forma de sierras y suelos leptosoles (Álvarez-Rivera, 2024). Estas áreas pertenecen a la porción noreste del estado, de manera puntual, en algunas fracciones del territorio de los municipios de Atarjea, Xichú y Victoria (SSE, 2023). Asimismo, se reportan también manifestaciones en los municipios de San Francisco del Rincón, San Miguel Allende y San Luis de la Paz, (Figura 27).

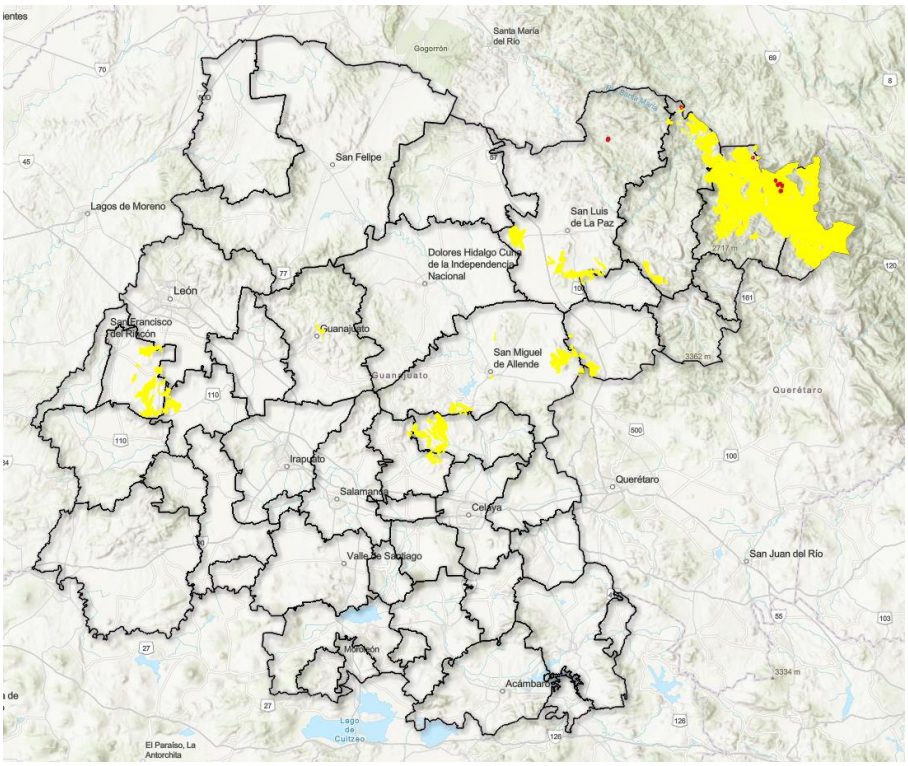


Figura 27: Zonas kársticas en el estado de Guanajuato

Fuente: (SSE, 2023).

El proceso de activación de la karsticidad se ejemplifica en la Figura 28, donde se aprecia que cada una de las fases depende de las condiciones naturales del territorio (intemperismo), en conjunto con las condiciones del medio físico (geología) y en menor grado de los factores antropogénicos que pueden acelerar o retrasar la formación de agrietamientos que evolucionen en cárcavas, cuevas y cavernas.

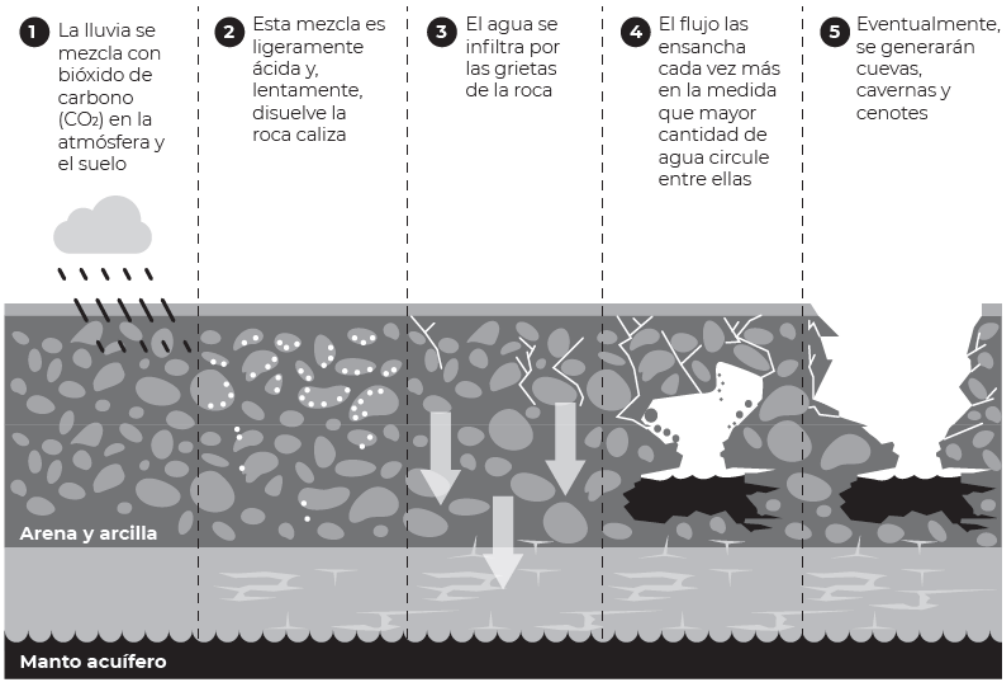


Figura 28: Proceso de formación de la karsticidad.
Fuente: (CENAPRED, 2023)

En el capítulo de Medio Físico del presente documento se describe el mapa de geología del municipio de Irapuato, donde se indica la presencia de rocas sedimentarias calizas y calizas – lutitas en las inmediaciones de las comunicades de Lo de Juárez y Valencianita. El actual Servicio Geológico Mexicano (antes Consejo de Recursos Minerales) (COREMI, 2004) en sus inventario físicos de recursos minerales del municipio de Irapuato describieron la superposición de rocas que conforman la columna estratigráfica de la región antes mencionada, está representada en la base por rocas que comprenden edades del Jurásico Superior al Reciente, divididas en dos grupos de unidades vulcanosedimentarias, un paquete de rocas volcánicas del Terciario, rocas clásticas continentales de origen lacustre del Pliocuaternario, así como depósitos de aluvión del Cuaternario (COREMI, 2004).

Durante el Pliocuaternario, se depositaron rocas sedimentarias continentales en un sistema de fosas tectónicas convertidas en lagos, dando origen a conglomerados, aglomerados, areniscas, areniscas calcáreas y gravas (COREMI, 2004), a continuación se describen las calizas de las localidades antes mencionadas.

Caliza (Tpl Cz): esta caliza es de origen continental, depositada en un ambiente lacustre en pequeñas cuencas endorreicas, en donde se tuvieron las condiciones físico-químicas para la concentración y precipitación de carbonatos de calcio, la cual ha sido explotada

para la obtención de cal hidratada. Esta roca aflora en las inmediaciones de las comunidades La Calera y Valencianita (COREMI, 2004).

Su litología la conforman capas y lentes de caliza de 5 a 20 cm de espesor, de color gris oscuro y textura microcristalina, se intercalan con tobas arenosas, ignimbritas y tobas riolíticas, además de algunos horizontes de conglomerados polimícticos (Figura 29). Se le ubica subyaciendo a los derrames de andesita y andesita basáltica del Mioceno medio (Figura 30). Por correlación con la caliza que aflora en el área de San Francisco del Rincón, se le ha asignado una edad del Mioceno inferior (COREMI, 2004).

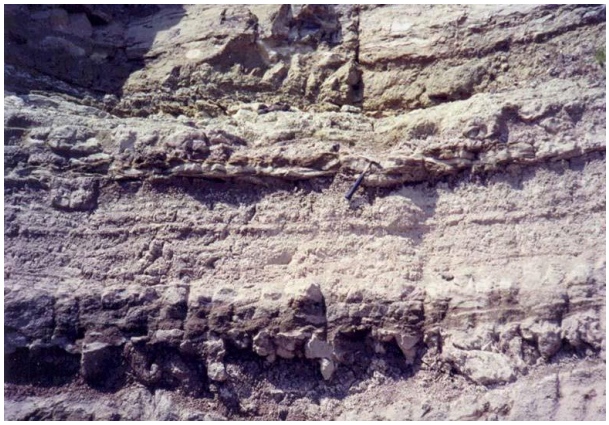


Figura 29: Aspecto de la caliza de origen continental depositada en un medio lacustre, en el municipio Irapuato, Gto. Fuente: **(COREMI, 2004)**.

Figura 30: Caliza subyaciendo a derrames de andesita basáltica del Mioceno medio, en el municipio de Irapuato, Gto. Fuente: **(COREMI, 2004)**.

Dentro de los yacimientos no metálicos se consideran las calizas antes mencionadas, las cuales únicamente se ha explotado caliza para la obtención de cal hidratada, al sureste de la comunidad La Calera y también en la localidad Valencianita existen horizontes carbonatados que pueden ser utilizados para este mismo fin, dependiendo del contenido de carbonato de calcio (COREMI, 2004).

IX.1 Peligro

En función de la conformación geológica del territorio del municipio de Irapuato, no se tienen las condiciones naturales para la definición de áreas en las que el fenómeno de karsticidad pudiera desarrollarse como un peligro geológico que vulnere a la población o a la infraestructura de servicios;, sin embargo, se deberá de estar actualizando la zonificación geotécnica del municipio en la medida que se genere mayor información en zonas que hoy en día no han sido estudiadas, a efecto de poder descartar por completo

esta condición geológica. Con base en esto, se da cumplimiento a lo dispuesto en la GCMEANR (DOF, 2016), para el fenómeno de karstificación (ver Mapa 14).

IX.2 Vulnerabilidad

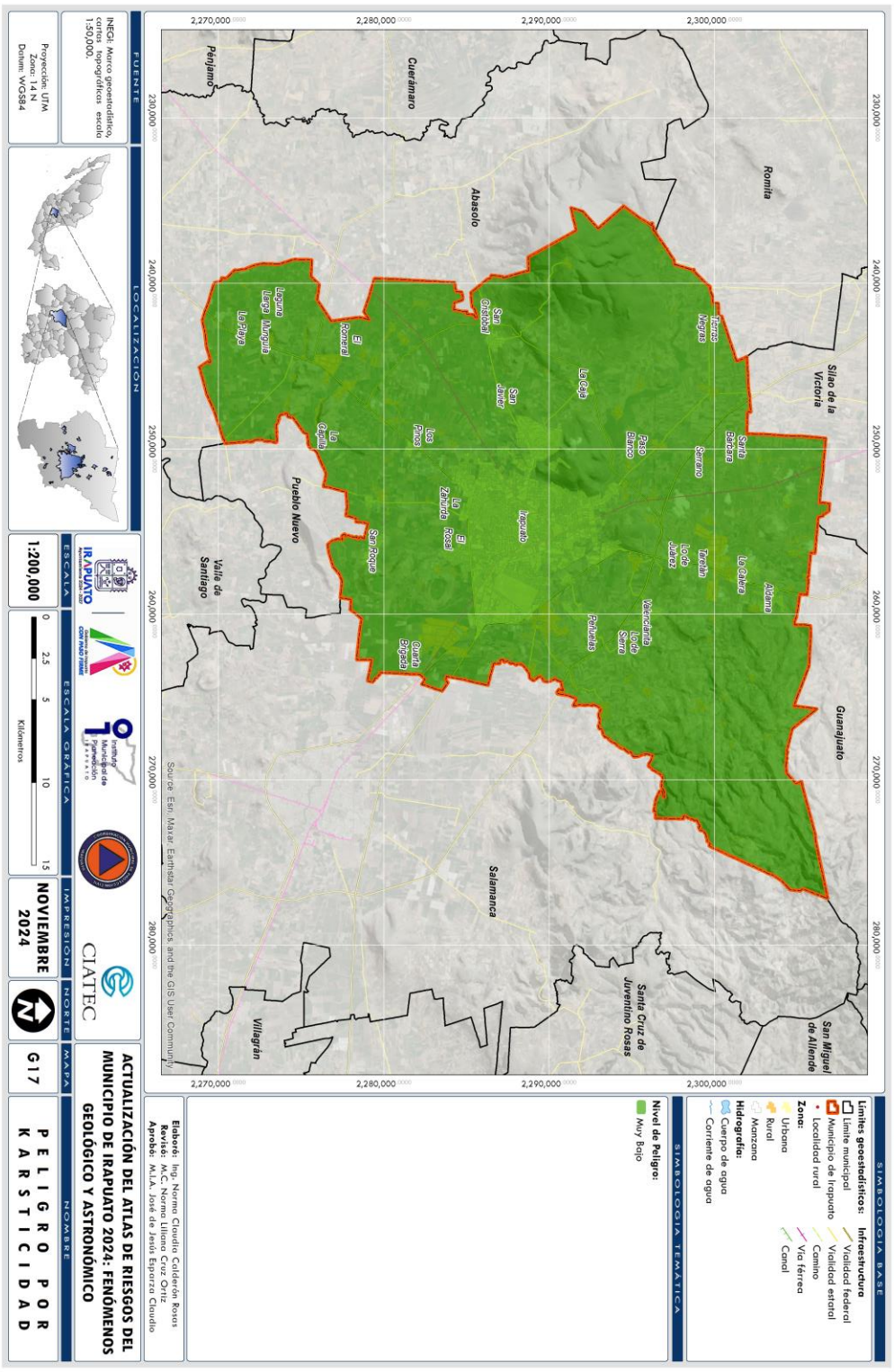
Dado que no existen las condiciones geológicas naturales para la manifestación de esta componente geológica, se establece una vulnerabilidad nula para esta componente geológica en el territorio municipal de Irapuato (ver Mapa 15).

Destaca que, en algunas laderas naturales o taludes dispuestos por la construcción de obras de infraestructura, como el libramiento Solidaridad, exponen caras semi intemperizadas en las que los agentes de intemperización natural (lluvia, viento, sequía) parecieran disgregar los materiales en forma similar a la karstificación; pero esto en realidad es asociado totalmente a la erosión de la cara de las laderas y taludes.

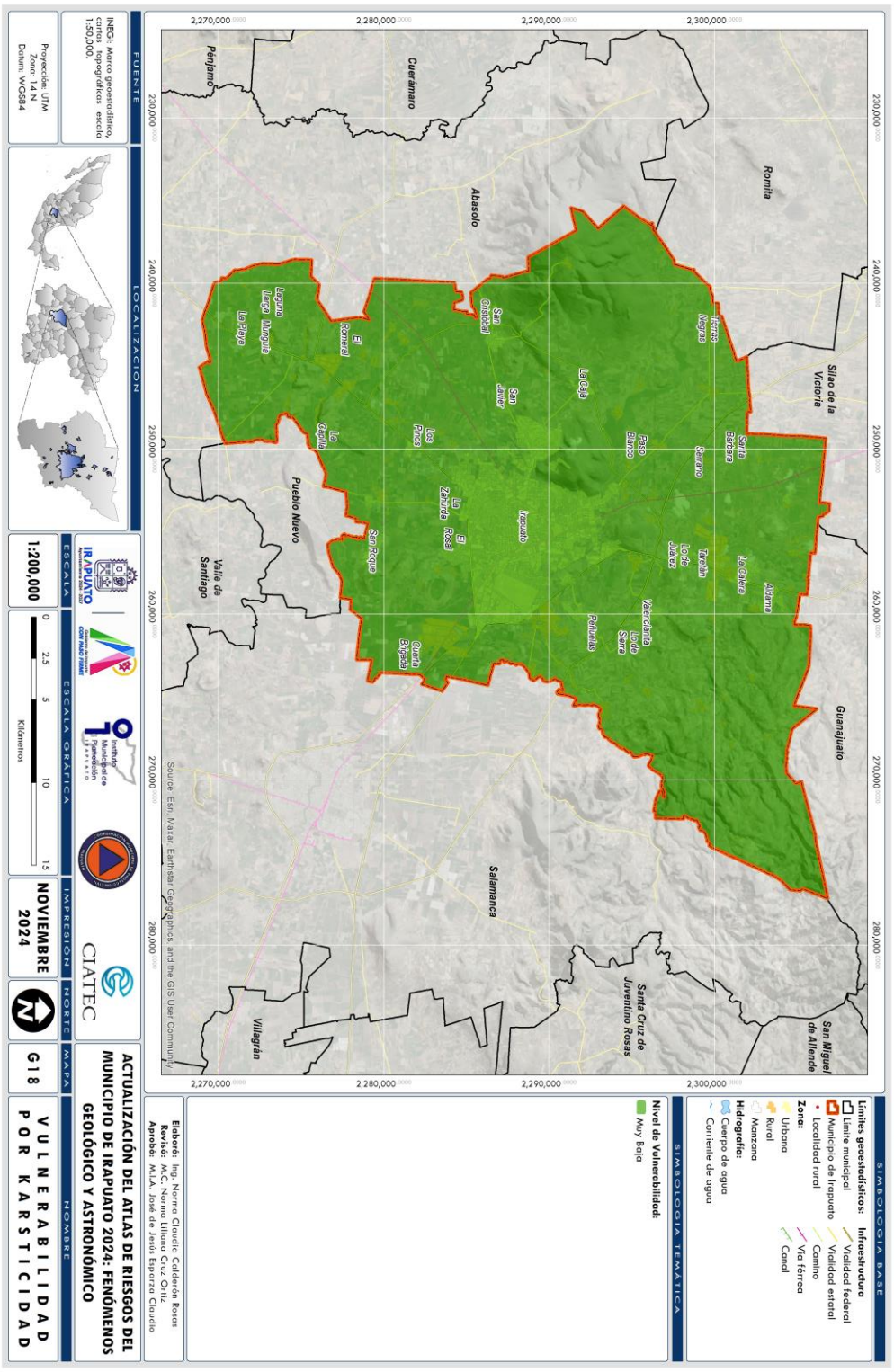
IX.3 Riesgo

Se considera un riesgo nulo para el fenómeno de karstificación en el municipio de Irapuato (con base en los fundamentos técnicos previos), ver Mapa 16.

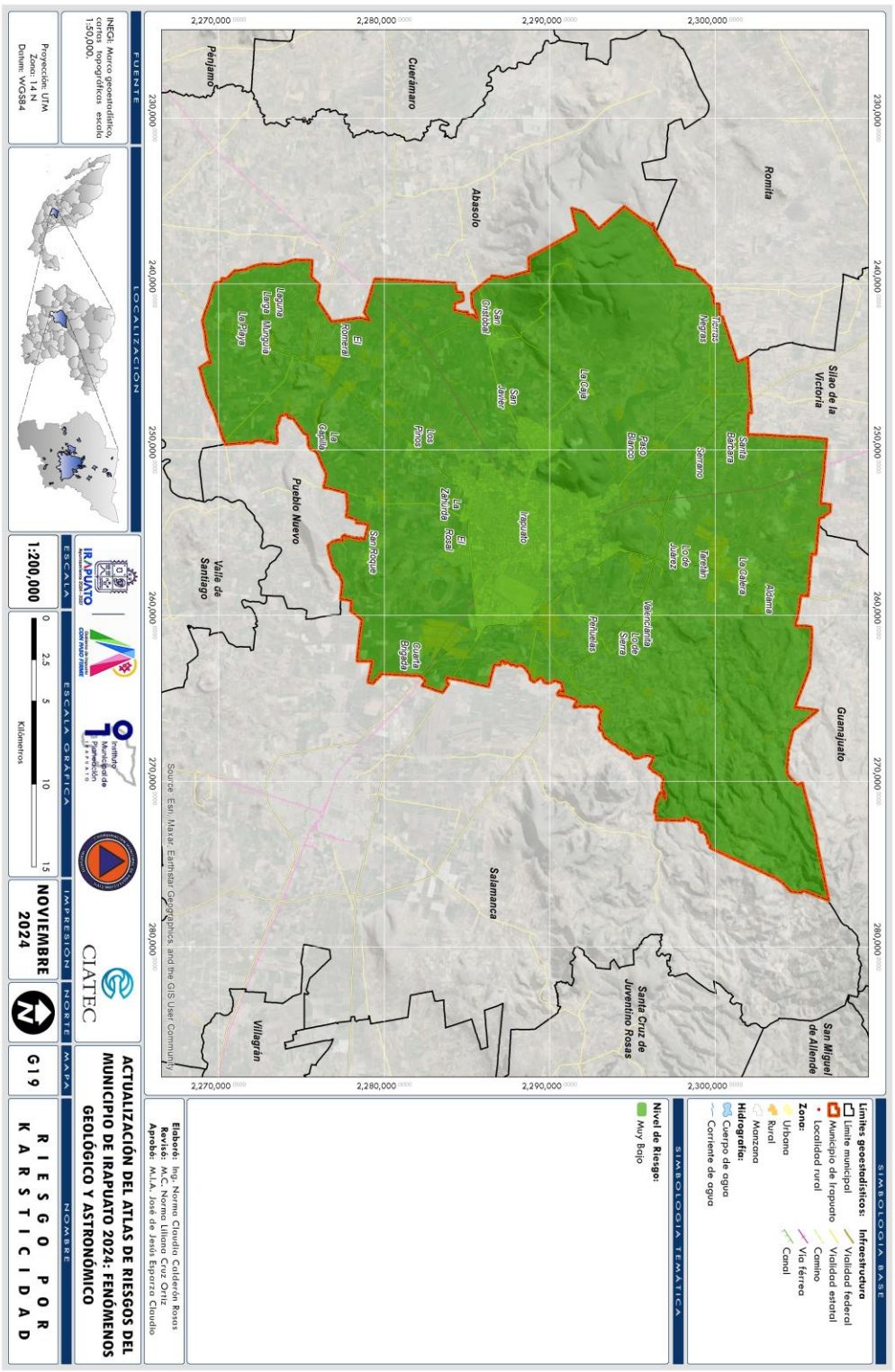
Debido a su ubicación geográfica dentro del territorio nacional el municipio de Irapuato no se tienen registros de este fenómeno geológico y de los efectos y consecuencias que causa de manera directa ya que no se encuentra dentro de ninguna región kárstica (SSE, 2023). En seguimiento con lo establecido por el Diario Oficial de la Federación, el acuerdo por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, en la fracción III.2. d) menciona que para el fenómeno de karstificación que no está considerado en el artículo de 2, fracción XXIII de la LGPC se podrá evaluar las consecuencias del fenómeno de karstificación cuando existan antecedentes de peligro (SSE, 2023).



Mapa 14: Peligro por karsticidad.



Mapa 15: Vulnerabilidad por karsticidad.



Mapa 16: Riesgo por karsticidad.

X. SISMICIDAD

Los sismos conforman un fenómeno geológico natural que se originan por la liberación súbita de energía elástica acumulada en la corteza terrestre debido generalmente a los movimientos de las placas tectónicas. Estas interactúan entre sí deformando lentamente las rocas de la corteza terrestre, almacenando energía elástica hasta que esta rebasa la resistencia de los materiales y se genera un rompimiento repentino, provocando que esta irradie en forma de ondas sísmicas que generan movimientos en el subsuelo y en la superficie. Los sismos tienen dos puntos de localización, foco y epicentro. El foco es el lugar en el interior de la tierra en donde se originan las ondas sísmicas, mientras que el epicentro es el lugar en la superficie situado justo encima del foco.

En México han existido eventos sísmicos históricos que propiciaron la creación de institutos, centros o dependencias encargados de la gestión del riesgo, tal como lo es el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), que ha realizado una identificación del peligro sísmico a nivel municipal a partir de la regionalización propuesta por la Comisión Nacional de Electricidad (CFE) en su "Manual de Obras Civiles"; con la intención de presentar información básica para el desarrollo de los atlas de riesgo municipales en todo el país.

En el ámbito local, dentro del Atlas de Riesgos Municipal (IMPLAN, 2013), se realizó una investigación sobre la sismicidad del municipio en el cual se tomaron en cuenta diversos aspectos geotécnicos, mismos que se retomarán como base del análisis actual. En dicho documento se reportan Sondeos Sísmicos de Refracción y de Ruido Ambiental, siendo 20 puntos de análisis distribuidos en el municipio, con un periodo fundamental de vibración promedio de 0.0964s. En la Figura 31 se muestra el mapa de isovalores para el año 2013.

En el presente año se ha realizado la actualización de la microzonificación sísmica del municipio de Irapuato mediante la técnica de Cocientes Espectrales Promedio de Nakamura H/V (sísmica por registro de ruido blanco), con 18 sitios de medición distribuidos en la zona urbana. En conjunto se aplicaron las metodologías actualizadas emitidas por el CENAPRED, tal como "Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el

país" (CENAPRED, 2020). Con base en los datos obtenidos en los trabajos de campo, se reportan los valores estimados para cada uno de los 18 sitios analizados dentro del territorio municipal de Irapuato, donde se destaca el período de vibración dominante promedio de fondo equivalente a 0.215s.

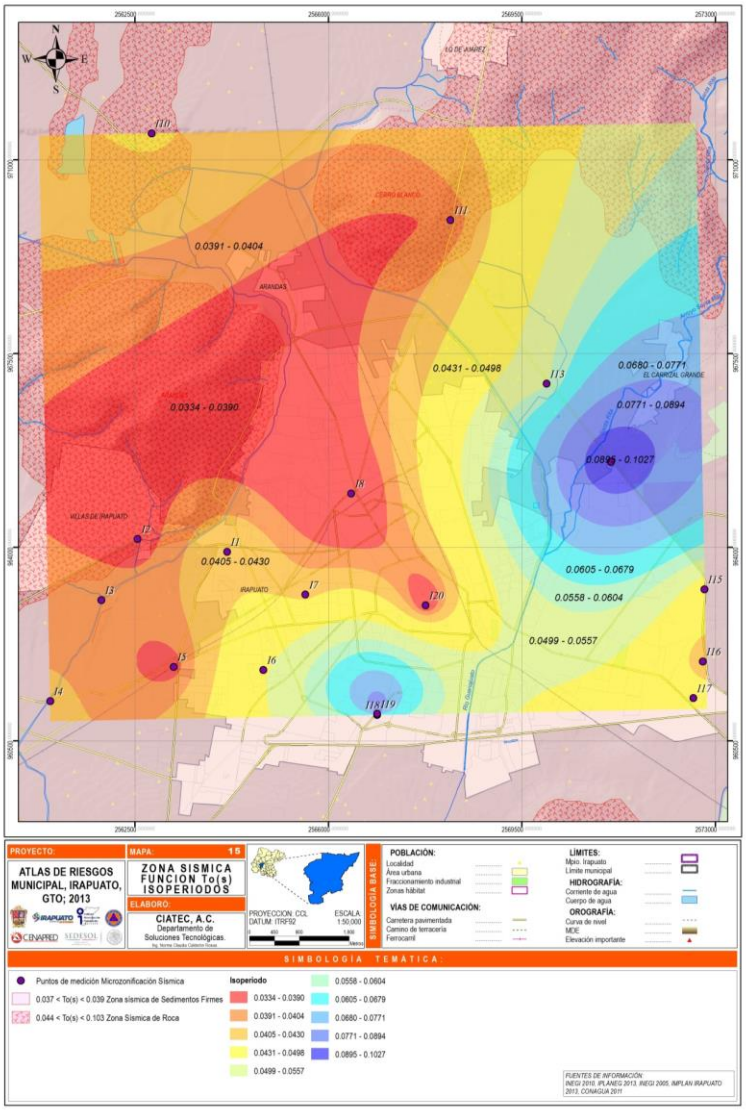


Figura 31. Zonas Sísmicas (isovalores) en función del Periodo Fundamental de Vibración, To(s).
Fuente: (IMPLAN, 2013).

X.1 Intensidad sísmica en el territorio municipal

Esta se evalúa con la Escala Modificada de Mercalli, que se asigna en función de los efectos causados a la sociedad. Para ello, se toma como antecedente un mapa de isosistas (Figura 32), elaborado por CENAPRED (2001), donde se identifica que el estado de Guanajuato está entre los III y VII grados de intensidad. Para el municipio de Irapuato se observa que existe una transición de franjas de intensidad sísmica del rango VI al VII en la escala Modificada de Mercalli.

X.2 Regionalización sísmica

Se utiliza la Regionalización Sísmica de la República Mexicana de la CFE, con clasificación municipal (Figura 33), identificando que el territorio del municipio de Irapuato se encuentra dentro de la zona B, considerada de riesgo sísmico bajo, coincidiendo con lo publicado en 2020 por CENAPRED sobre que la mayor probabilidad de desastre se concentra en los centros urbanos, en este caso, la ciudad de Irapuato, que es la cabecera municipal.

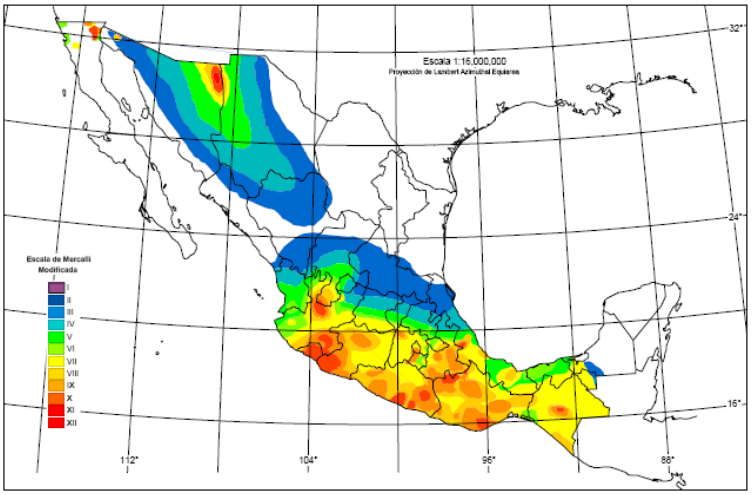


Figura 32. Mapa de isosistas de temblores ocurridos entre 1845 y 1985
Fuente: (CENAPRED, 2001).

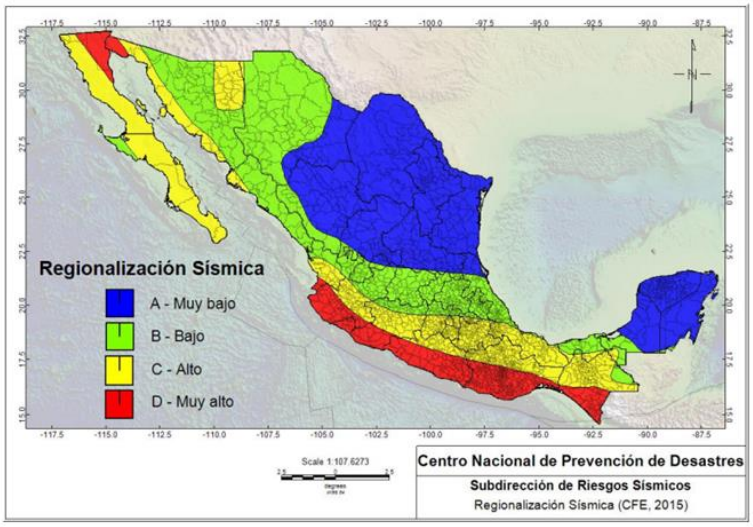
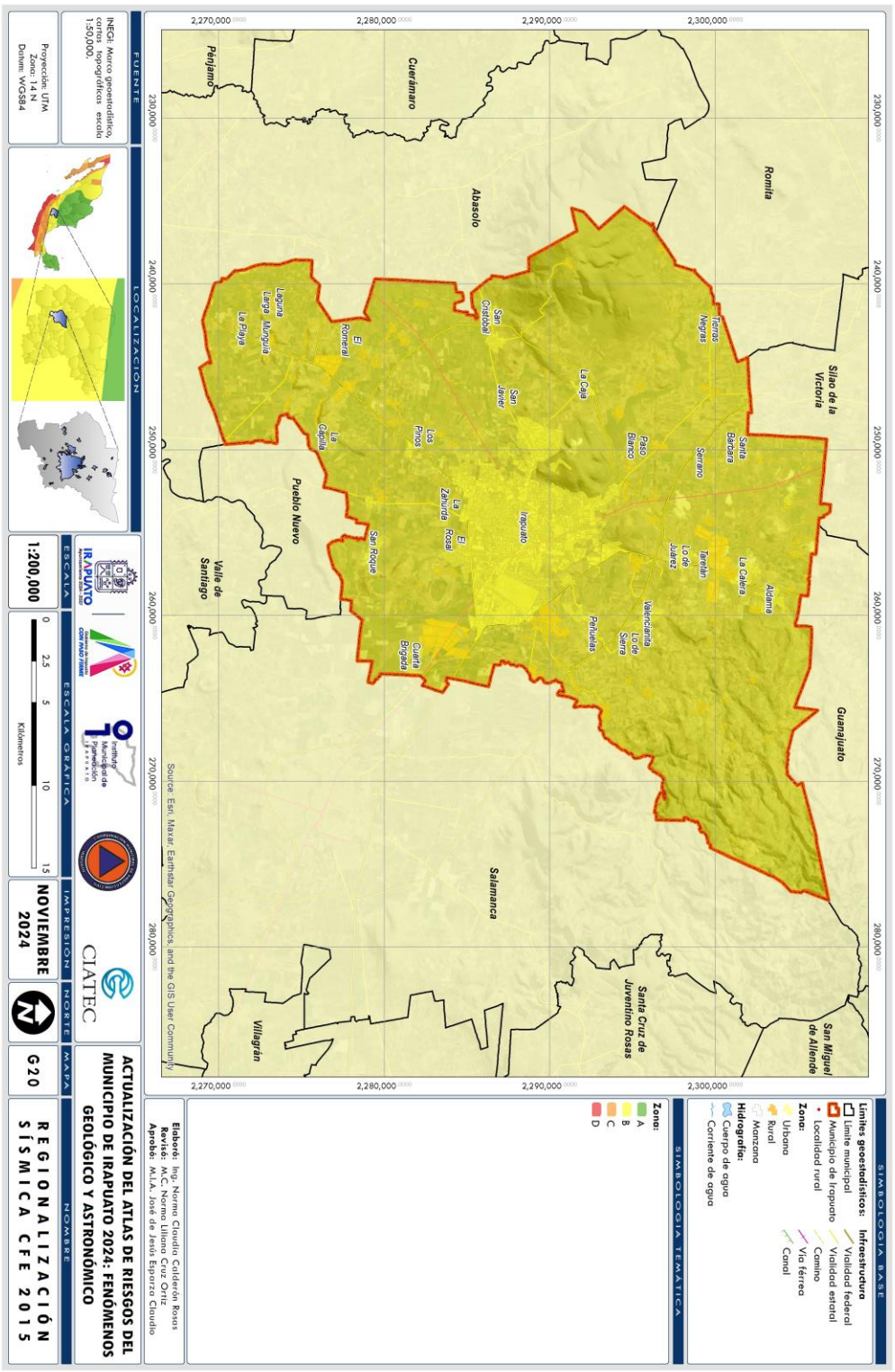


Figura 33. Regionalización sísmica de México.
Fuente: (CENAPRED, 2020).

La importancia de que el municipio de Irapuato se localice en la zona B, se establece con la diferenciación descriptiva de las cuatro zonas definidas por CFE en 2015:

- **Zona A**, se caracteriza por ser una región de sismicidad muy baja en la cual no se tienen registros históricos de eventos importantes en los últimos 80 años, época de instrumentación.
- **Zona B**, se caracteriza como una región baja en donde no se registran sismos con frecuencia, pero se pueden sentir los que se generan en la zona C y D.
- **Zona C**, de sismicidad alta se caracteriza por ser una región en donde se registran eventos sísmicos de forma frecuente.
- **Zona D**, de sismicidad muy alta, se identifica por la frecuencia de sismos de gran magnitud.

En el Atlas Nacional de Riesgos de México se indica la regionalización y el peligro sísmico asociado a cada una de las regiones antes mencionadas, y tal como se expone en el Mapa 17 la zona B indica un peligro sísmico medio para el estado de Guanajuato y por ende para el municipio de Irapuato.



Mapa 17: Regionalización sísmica de Irapuato y nivel de peligro sísmico.

En un análisis más detallado, CENAPRED (2020) ha presentado un informe denominado "Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país"; en el que se expone la clasificación de los municipios del estado de Guanajuato. En este documento se indica que Irapuato se encuentra entre las delimitaciones A y B con base en la Regionalización Sísmica de la CFE. De acuerdo con este mismo informe, las características sísmicas de Irapuato y los municipios colindantes presentan la posibilidad de manifestar efectos de sitio o bien, activación de deslizamientos de laderas asociados a esta causa (Tabla 36). Este antecedente se toma como base para la evaluación local del territorio municipal, sin embargo; los datos resultantes de la microzonificación sísmica determinarán si estas consideraciones son válidas de acuerdo a las condiciones actuales del terreno.

Tabla 36: Características sísmicas de Irapuato y municipios colindantes.

Municipio	Zonificación CFE	Efecto de sitio	Deslizamiento por sismo
Irapuato	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	-
Guanajuato	B	-	En este municipio hay peligro de deslizamiento por sismo
Salamanca	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	-
Pueblo Nuevo	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	-
Valle de Santiago	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	-
Abasolo	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	-
Romita	B	-	-
Silao de la Victoria	B	Posibles efectos de sitio (suelo blando)	En este municipio hay peligro de deslizamiento por sismo

Fuente: (CENAPRED, 2020).

Otra referencia ampliamente a nivel mundial para el análisis de peligro sísmico corresponde al Modelo Global de Terremotos (GEM) en su versión 2023.1, en el cual es posible consultar los valores de la Aceleración Máxima del Terreno (AMT), con una probabilidad del 10 % de ser excedida en 50 años (Figura 34), calculada para condiciones de roca de referencia (velocidad de onda de corte, Vs_{34}, de 760-800 m/s) (K. Johnson, 2023). En la Tabla 37 se consultó la información de cinco puntos localizados dentro de la zona urbana de la Ciudad de Irapuato, reflejando que la AMT (g) oscila entre 0.0898 y 0.1039 m/s^2, manifestando un peligro bajo en términos de efecto de sitio para el territorio municipal.

Tabla 37: Aceleración Máxima del Terreno con una probabilidad del 10 % de ser excedida en 50 años.

Sitio	AMT (g)
1	0.1014
2	0.1028
3	0.0898
4	0.0946
5	0.1039

Fuente: (K. Johnson, 2023)

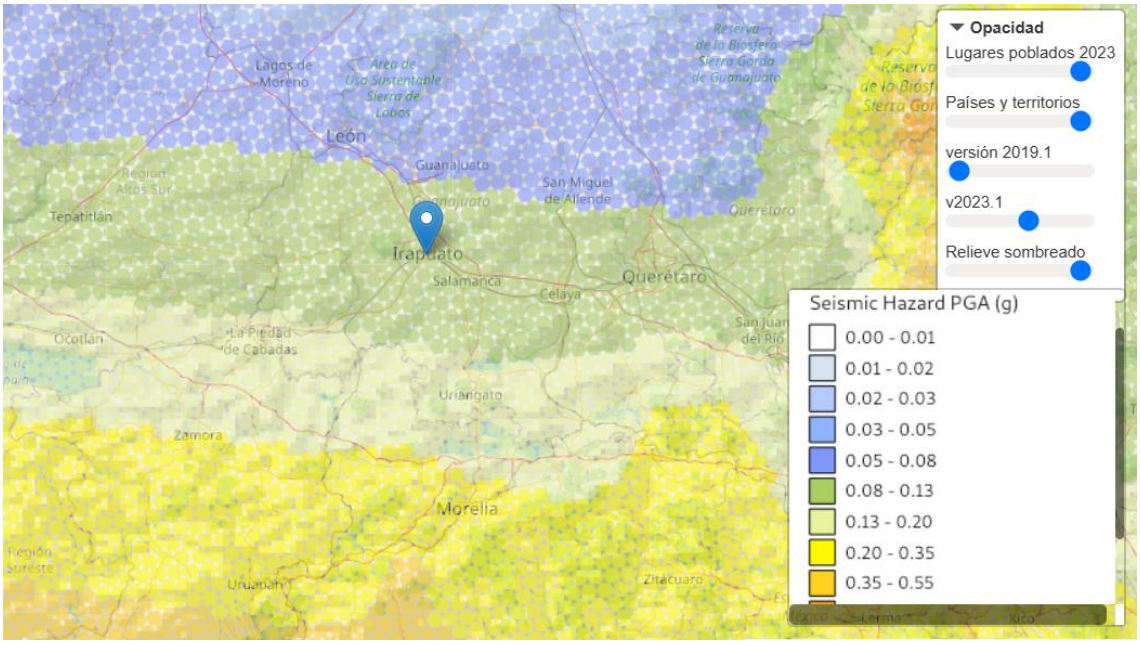


Figura 34. El Mapa de Peligro Sísmico del GEM

Fuente: (K. Johnson, 2023)

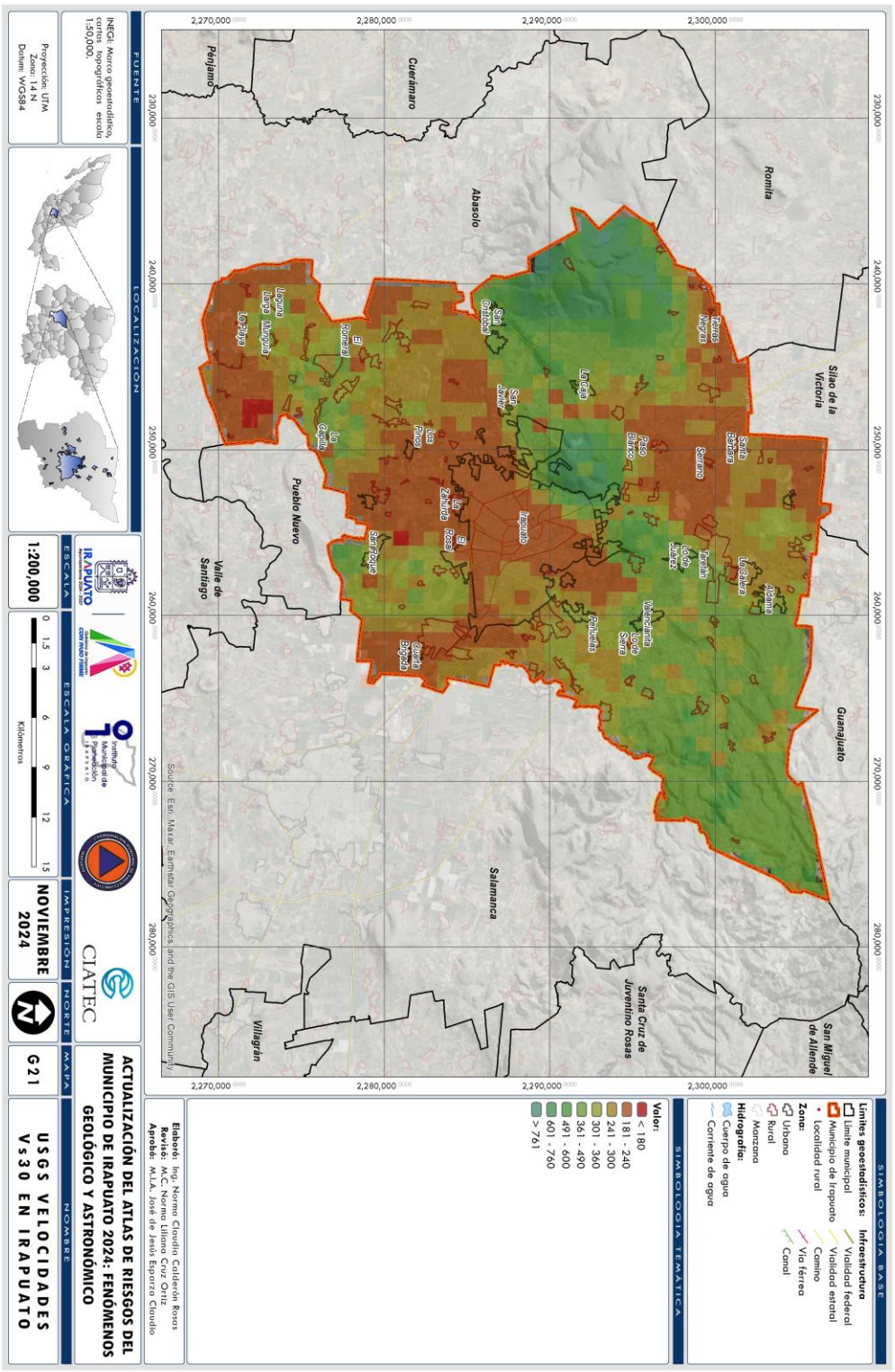
Bajo un análisis global, se realizó la consulta en el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), en relación con su base de datos para la clasificación de respuesta sísmica en sitios Vs 30 (USGS, 2025); destacando que los valores reportados para el territorio municipal de Irapuato se identifican en los rangos de suelo firme hasta roca (Tabla 38). De forma gráfica, la distribución de respuesta sísmica en sitios Vs 30 puede observarse en el Mapa 18.

Tabla 38: Clasificación de respuesta sísmica en sitios Vs30.

Sitio	Descripción	Valores de Vs
A	Roca dura	Vs 30 > 1500

Sitio	Descripción	Valores de Vs
B	Roca	760 < Vs 30 > 1500
C	Roca suave y/o suelo denso	360 < Vs 30 > 760
D	Suelo firme	180 < Vs 30 > 360
E	Suelo blando	Vs 30 < 180

Fuente: (Benjumea, 2008)



Mapa 18: Velocidades Vs30 para el municipio de Irapuato.

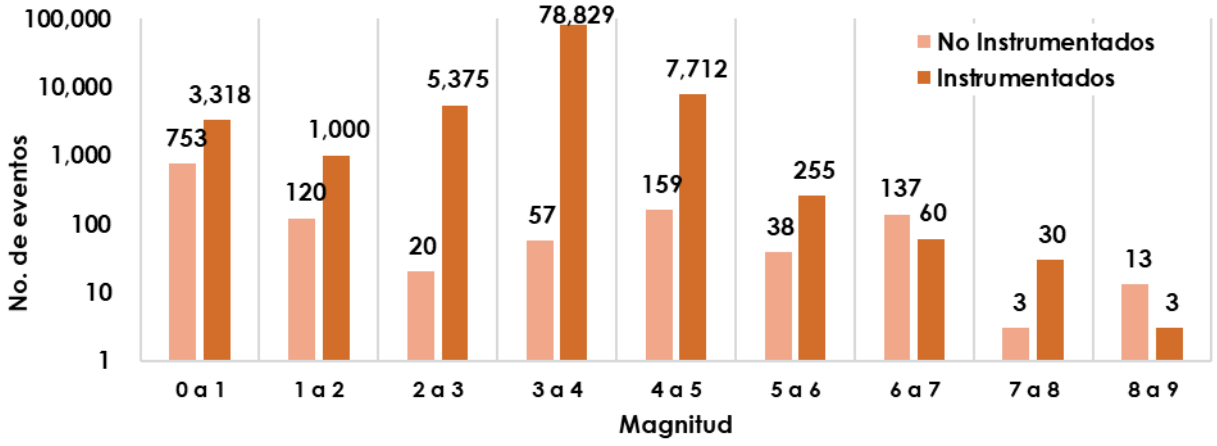
Fuente: (USGS, 2025)

X.3 Sismicidad histórica

El municipio de Irapuato y en general el estado de Guanajuato, se encuentran en una zona caracterizada por presentar actividad sísmica que va de Muy Baja a Baja, por lo cual; estos eventos no han ocasionado problemas mayores para la población de esta ciudad. Sin embargo, existen registros históricos que reportan la ocurrencia de eventos sísmicos con epicentros dentro del territorio estatal, además de percepción de los ocurridos en otras zonas del país.

La Faja Volcánica Transmexicana ha presentado eventos sísmicos de diferentes magnitudes a lo largo de la historia como el ocurrido el 3 de junio de 1932 al sur del estado de Jalisco, este evento de magnitud 8.2 se presentó a más de 320 km aproximadamente al suroeste del municipio de Irapuato., otro evento ocurrió a 100 km aproximadamente, al sur del municipio de Irapuato, este sismo ocurrió el 19 de junio de 1858 de magnitud 7.7 al norte del estado de Michoacán (SSE, 2023).

El análisis histórico de sismos lejanos se realizó con las bases de datos de fuentes oficiales ((SSN, 2025) y (Suárez, 2021)), en las cuales se tienen registrados más de 97 mil sismos instrumentados y no instrumentados, con una antigüedad desde 1523 a la fecha y cuyo epicentro se localiza a una distancia máxima de 500 kilómetros alrededor del municipio de Irapuato. Destaca que para el mayor número de eventos se concentran en magnitudes que oscilan en el rango 3 a 5 (Gráfica 1), que corresponden a epicentros localizados en la costa del Océano Pacífico.

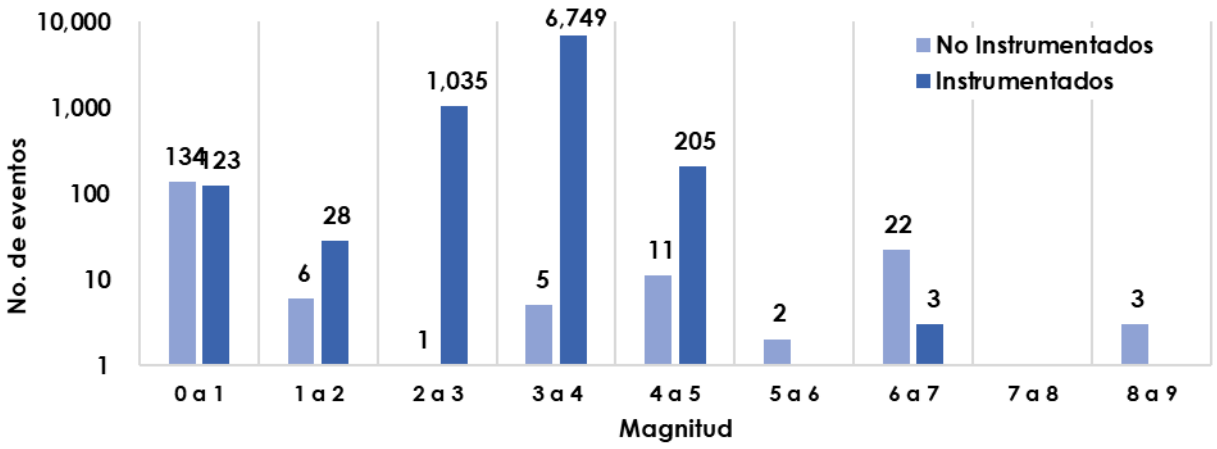


Gráfica 1: Distribución de eventos sísmicos a 500 km del municipio de Irapuato.
Fuente: (SSN, 2025) y (Suárez, 2021).

De los sismos más representativos reportados previamente que tuvieron afectaciones importantes en diferentes zonas del país, el 19 de junio de 1858 a 150 km de Morelia ocurrió uno en la región costera del Pacífico (Garduño-Monroy, 2009), con magnitud de 7.5 e intensidades entre 9 y 10; el cual se propago a zonas lejanas como Hidalgo, Veracruz, Puebla, Jalisco, Colima, Tlaxcala, Guerrero, Oaxaca, San Luis Potosí, Querétaro, Guanajuato y Estado de México.

Así mismo el martes 15 de abril de 1941, un sismo con magnitud de 7.6 sacudió el territorio colimense. El Servicio Sismológico Nacional reportó el epicentro a 33 kilómetros de profundidad en las costas de Michoacán, pero su intensidad fue percibida en otras entidades como Puebla, Ciudad de México, Guerrero, Michoacán, Guanajuato y parte de Jalisco, por su amplitud e impactos fue denominado como "megasismo" (Bracamontes Ceballos, 2015).

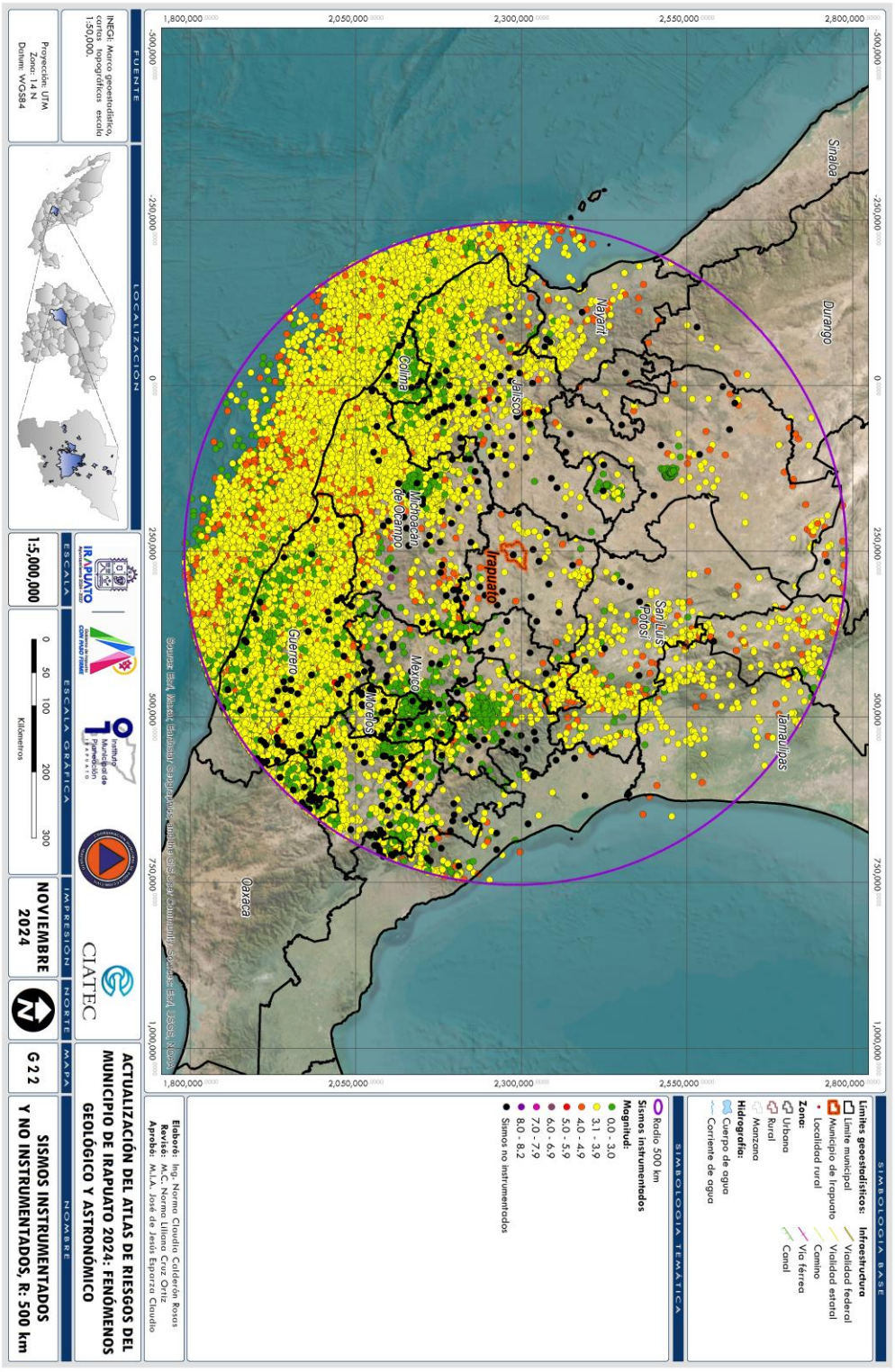
En cuanto al análisis histórico de sismos cercanos, se reportan 8,327 sismos instrumentados y no instrumentados, cuyo epicentro se localiza a una distancia máxima de 200 kilómetros alrededor del municipio de Irapuato. El mayor número de eventos se concentran en magnitudes que oscilan en el rango 2 a 4 (Gráfica 2), que corresponden a epicentros localizados en las inmediaciones del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato.



Gráfica 2: Distribución de eventos sísmicos a 200 km del municipio de Irapuato.
Fuente: (SSN, 2025) y (Suárez, 2021).

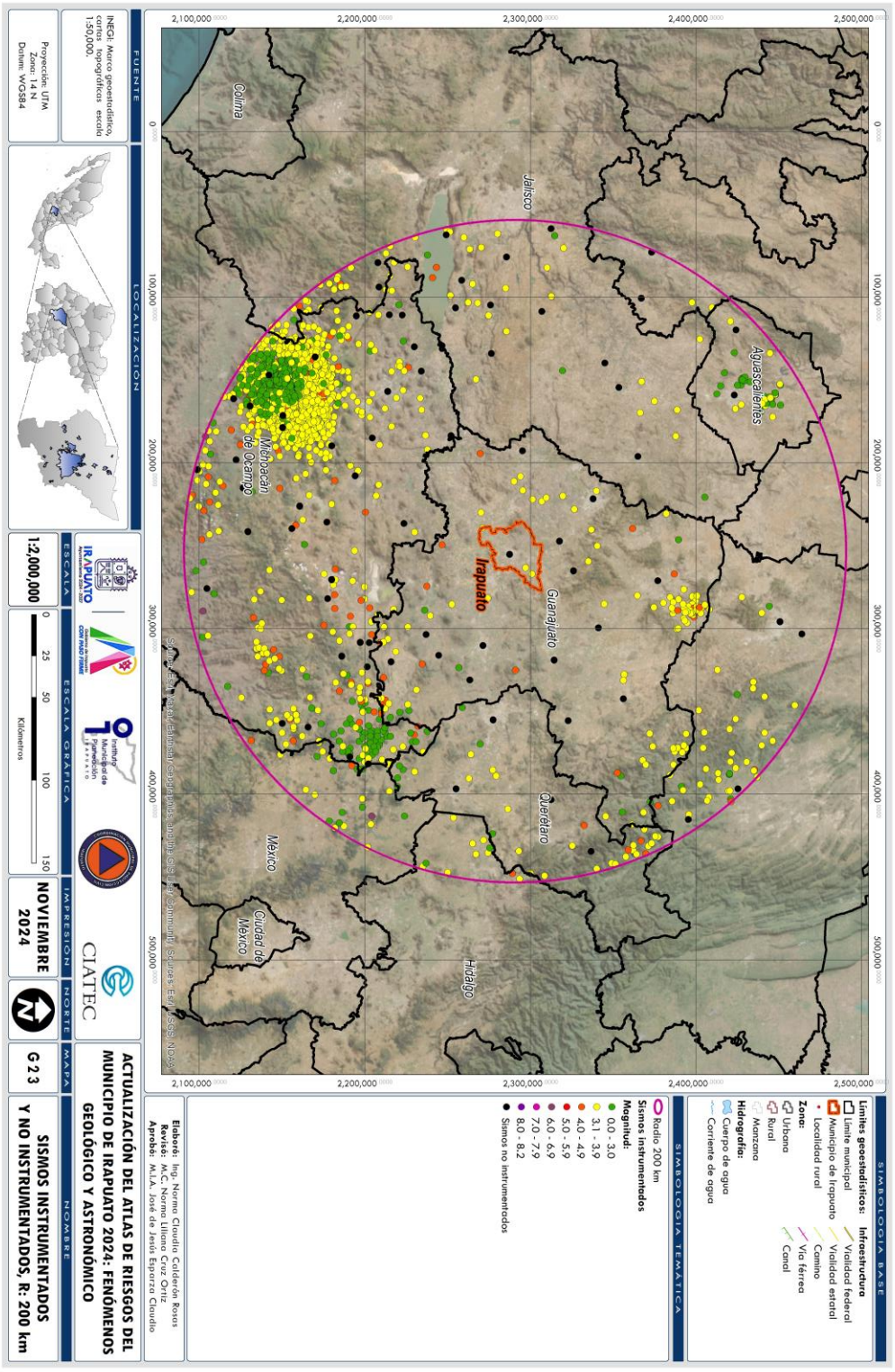
Con relación a eventos sísmicos cuyos epicentros se reportan dentro del territorio de Irapuato, se cuenta con un registro de dos manifestaciones ocurridas en el 2018 y el 2021, cuyas magnitudes son de 3.8 (Mapa 21). Estos eventos fueron percibidos levemente por la

población cercana al epicentro y no se cuenta con reportes de daños a la infraestructura. La génesis de estos eventos se asocia inicialmente a fallamientos geológicos que no representan un peligro importante, dada su magnitud sísmica.



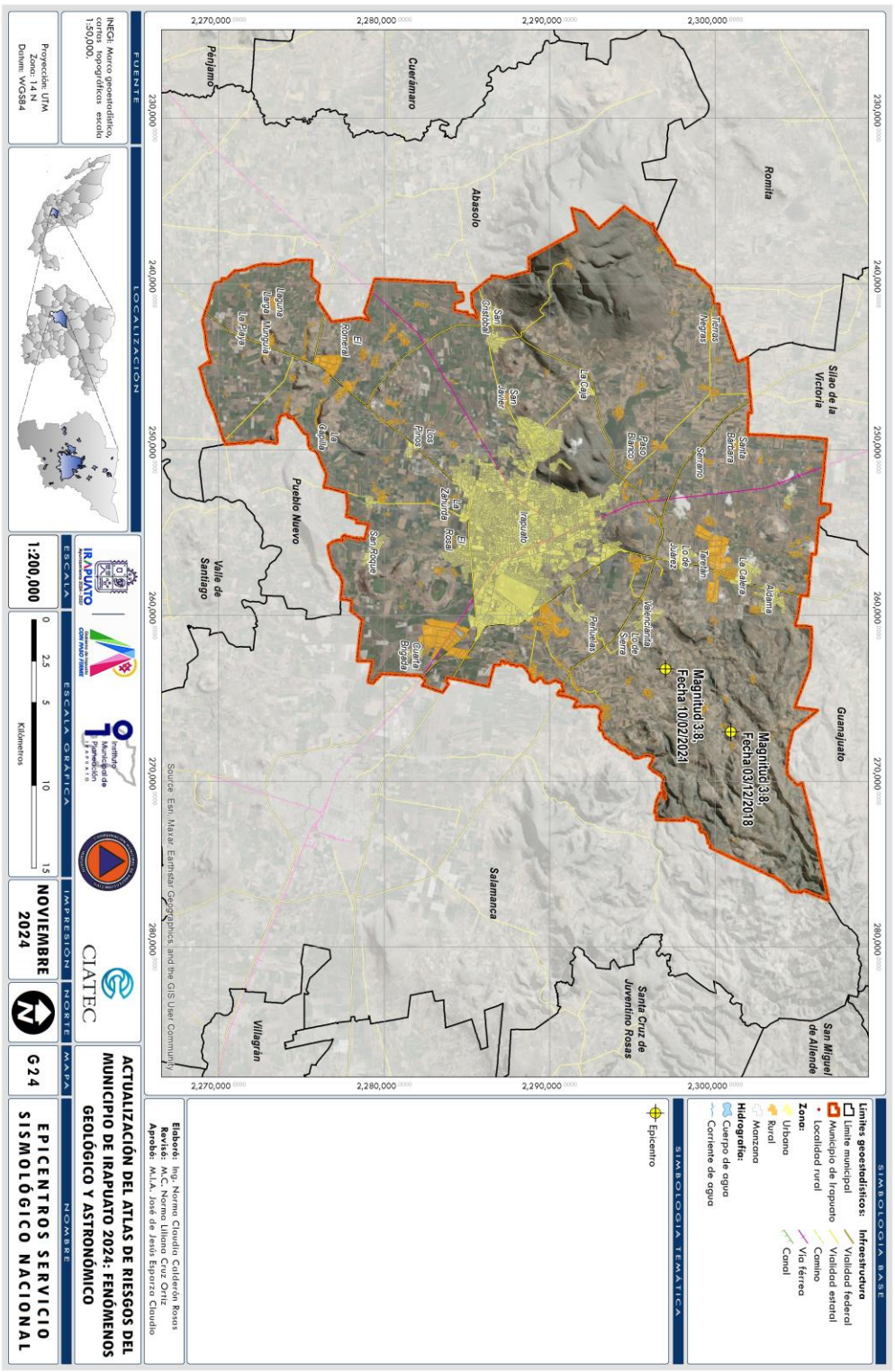
Mapa 19: Epicentros de sismos a 500 km del municipio de Irapuato.

Fuente: (SSN, 2025)



Mapa 20: Epicentros de sismos a 200 km del municipio de Irapuato.

Fuente: (SSN, 2025)



Mapa 21: Epicentros de sismos en el municipio de Irapuato.

X.4 Trabajo de campo

Con base en los antecedentes documentales existentes, en particular la microzonificación sísmica reportada en la versión anterior del atlas municipal de riesgos (IMPLAN, 2013), se ha realizado la actualización de la microzonificación sísmica del municipio de Irapuato mediante la técnica de Cocientes Espectrales Promedio de Nakamura H/V (sísmica por registro de ruido blanco). Esta técnica consta de medir las vibraciones ambientales (ruido blanco) de un sitio en sus componentes horizontal y vertical, y considerar que la componente vertical no es amplificada al atravesar el suelo, por lo que se puede considerar, a nivel práctico, que las acciones sísmicas en el basamento rocoso y en el afloramiento cercano son iguales (Nakamura, 1989).

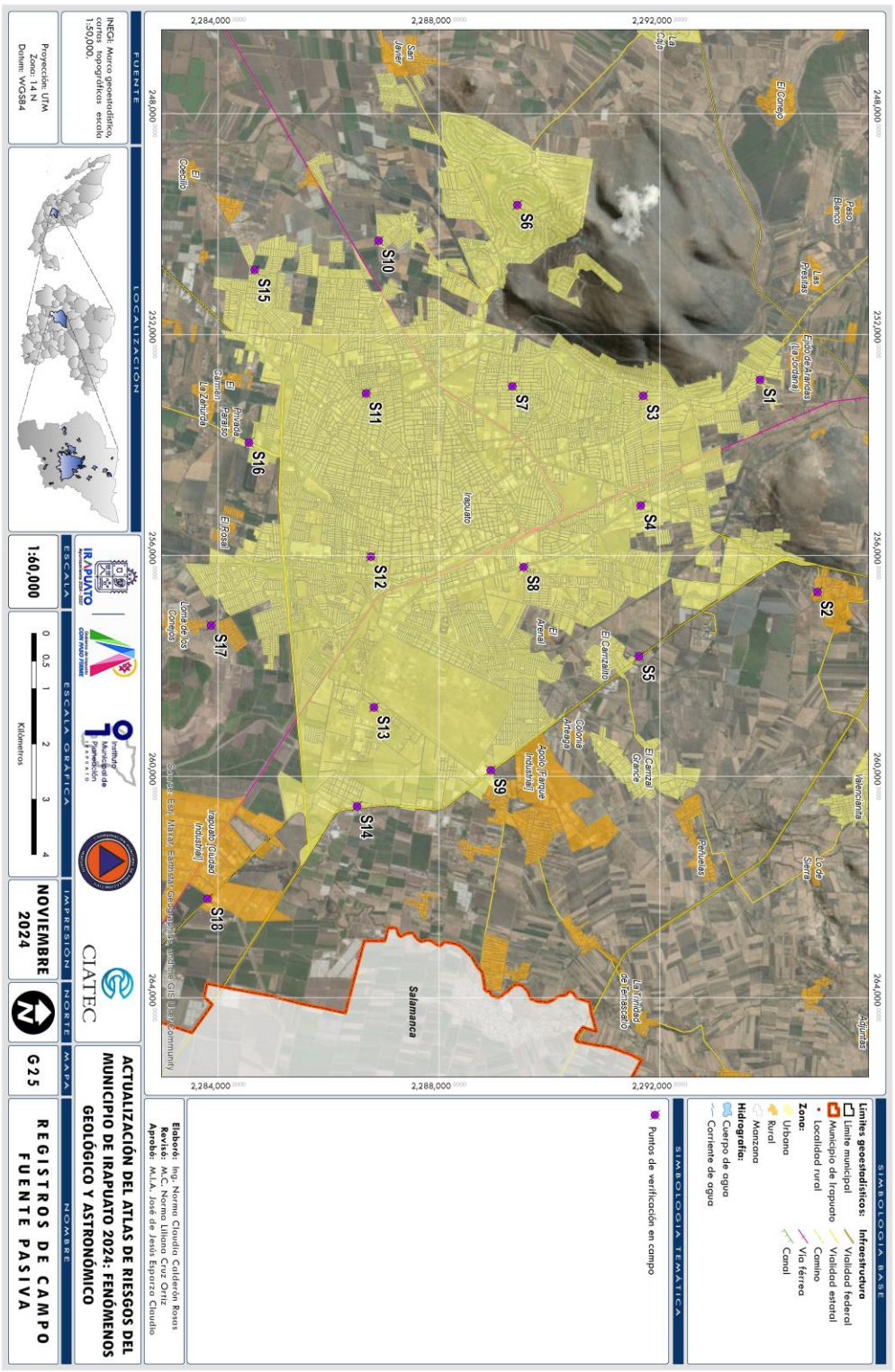
Como parte de los trabajos de campo se realizó una campaña para la toma de datos de fuente pasiva para conocer la aceleración del terreno, se seleccionaron 18 sitios distribuidos en la zona urbana del municipio de Irapuato. En la Tabla 39 se identifica la georreferenciación de cada sitio, además de la comunidad o punto de referencia.

Tabla 39: Fichas de campo de sismicidad con fuente pasiva.

Clave	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud
S-1	Arandas	20.727660	-101.373683	1,730.79
S-2	Hacienda Copal	20.737527	-101.336937	1,669.73
S-3	San Antonio de Ayala	20.708568	-101.370590	1,726.84
S-4	Plaza Fragaria	20.708392	-101.351509	1,722.35
S-5	Carretera libre	20.708502	-101.325337	1,696.27
S-6	Villas de Irapuato	20.687476	-101.403423	1,779.11
S-7	Las Heras 2a sección	20.687126	-101.371933	1,718.00
S-8	Blvd. Solidaridad	20.689396	-101.340557	1,712.21
S-9	Carretera libre	20.684462	-101.305184	1,717.79
S-10	Horizontes Residencial	20.664887	-101.396862	1,727.39
S-11	Benito Juárez	20.663161	-101.370296	1,726.78
S-12	Flores Magón Sur	20.664372	-101.341993	1,639.76
S-13	Los Olivos	20.665230	-101.315829	1,700.26
S-14	Emiliano Zapata	20.662689	-101.298601	1,707.97
S-15	Purísima del Jardín	20.644629	-101.391480	1,725.52
S-16	Carretera a Pueblo Nuevo	20.644139	-101.361466	1,718.71
S-17	Loma de los Conejos	20.638381	-101.329638	1,725.13
S-18	Lomas de San Antonio Km 1.6	20.638391	-101.282176	1,708.61

Fuente: elaboración propia.

Para la estimación de los cocientes espectrales promedio H/V se utilizó el software Microtremor (desarrollado por Geogiga Technology Corporatiom). En este se considera que el medio está compuesto por una capa homogénea o estratos pseudo-horizontales y de extensión infinita. Cuando el medio es muy rígido, compuesto por tobas o lavas, el pico es prácticamente indistinguible. El principal interés del método reside en la identificación de la frecuencia fundamental del sitio, no en la amplificación sísmica esperada a pequeñas deformaciones de corte γ_s.



Mapa 22: Puntos de registro de fuente pasiva.

En las Figura 35 a Figura 37 se observan los trabajos realizados en campo para el levantamiento de datos relativos a la sismicidad pasiva. En el Mapa 22, se expresa de forma gráfica la localización de los sitios muestreo de sísmica pasiva; se destacad que la distribución geoespacial cubre el perímetro total de la zona urbana de la ciudad de Irapuato.

Figura 35: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 3.

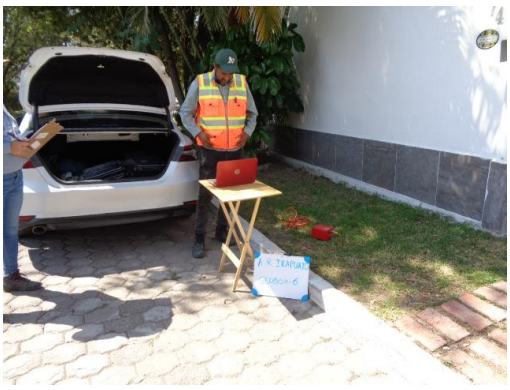


Figura 36: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 6.

Figura 37: Toma de datos con GEOBOX, Pasivas 16.

Fuente: Elaboración propia.

X.5 Microzonificación sísmica

De acuerdo con CENAPRED (2017), la microzonificación sísmica tiene la finalidad de reconocer el contenido de frecuencias naturales del subsuelo y así tener una estimación preliminar de las amplificaciones relativas que pueden esperarse durante un sismo. La evaluación de la respuesta sísmica de un sitio está basada en el perfil de velocidades de corte en los primeros 30 metros bajo la superficie del terreno (Vs_{30}), este parámetro generalmente proporciona una estimación razonable de la amplificación esperada y las aceleraciones espectrales para sitios con suelo donde se observa un aumento gradual de la velocidad de onda transversal con la profundidad.

Con base los datos obtenidos en los trabajos de campo, se ha estimado el cociente espectral de las componentes horizontales con respecto a la vertical de las vibraciones de ruido ambiental registradas (técnica de Nakamura). En la Tabla 40 se reportan los valores estimados para cada uno de los 18 sitios analizados dentro del territorio municipal de Irapuato, donde se destaca una amplitud del periodo dominante desde 0.114 s en la zona del Blvd. Mariano J. García hasta 0.356 s en la zona de Flores Magón Sur.

Tabla 40: Resultado del Levantamiento de datos sísmicos de ruido ambiental.

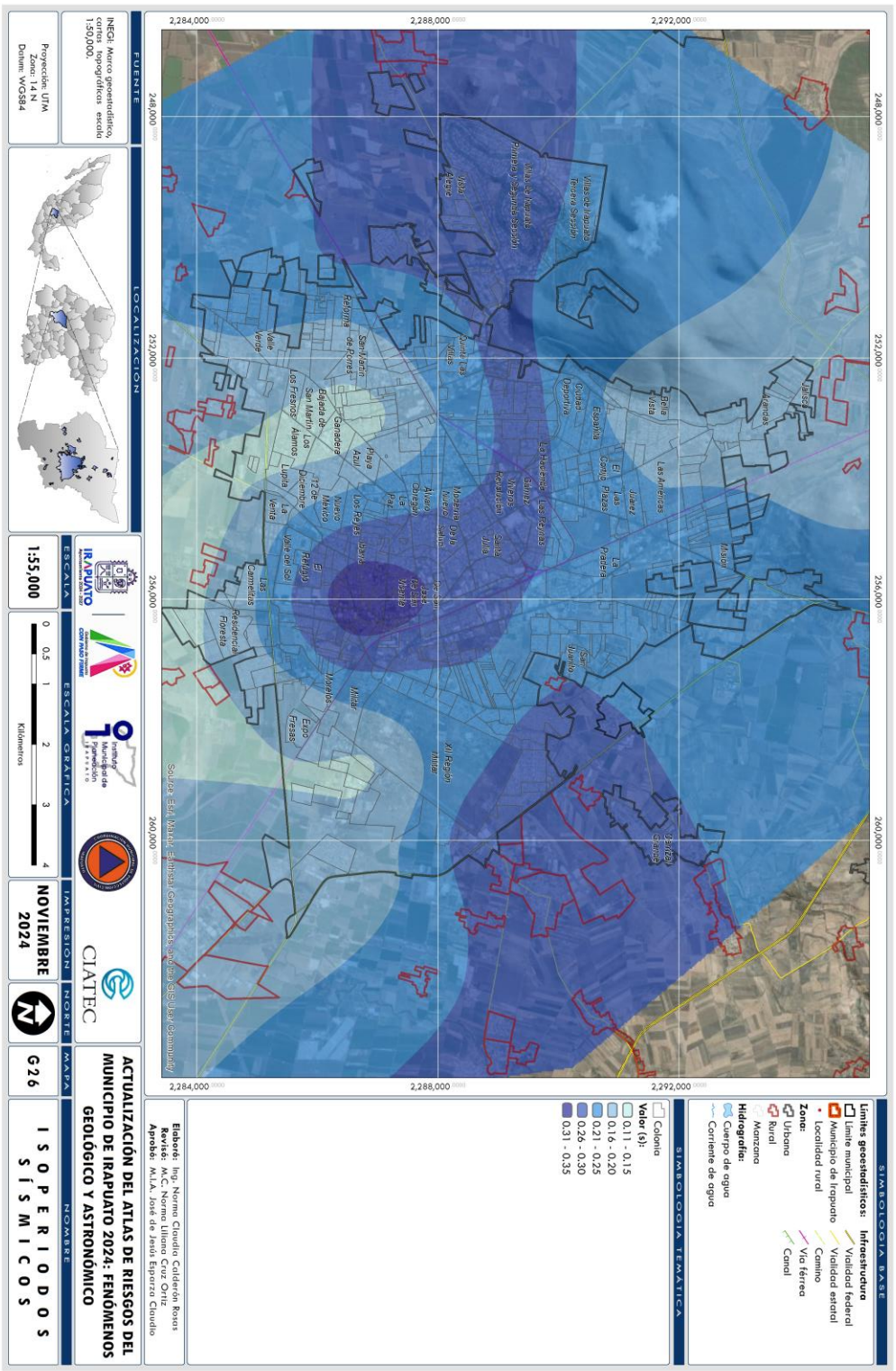
Clave	Comunidad	Periodo dominante (s)
S-1	Arandas	0.183
S-2	Hacienda Copal	0.220
S-3	San Antonio de Ayala	0.160
S-4	Plaza Fragaria	0.236
S-5	Carretera libre	0.244
S-6	Villas de Irapuato	0.260
S-7	Las Heras 2a sección	0.270
S-8	Blvd. Solidaridad	0.242
S-9	Carretera libre	0.294
S-10	Horizontes Residencial	0.258
S-11	Benito Juárez	0.114
S-12	Flores Magón Sur	0.356
S-13	Los Olivos	0.141
S-14	Emiliano Zapata	0.165
S-15	Purísima del Jardín	0.236
S-16	Carretera a Pueblo Nuevo	0.132
S-17	Loma de los Conejos	0.136
S-18	Lomas de San Antonio Km 1.6	0.176

Fuente: elaboración propia.

Con base en los resultados reportados, se elabora el Mapa 23, en el cual se representa la configuración de los isoperiodos, el período dominante promedio o de fondo equivale a 0.215 s, con 18 puntos se realizó una red de datos que apoyarán a la toma de decisiones. La configuración de los periodos está definida por la litología y las estructuras geológicas presentes en la zona urbana (grietas de tensión por abatimiento de acuífero), en las cuales se manifiesta una pérdida de presión de poro y cambios en la compresibilidad de los materiales, el cual se reportó por CONAGUA en el 2023 de -60.0 Mm^3 anuales, el cual ha ido disminuyendo con los años.

Los periodos más largos se encuentran ubicados en los puntos de Villas de Irapuato, zona de Puente de Guadalupe y atrás de la Zona Militar, así como en las faldas del Cerro de

Arandas, y como se mencionó anteriormente es donde se tiene identificada la presencia de roca, lo que hace el subsuelo más denso que el resto del territorio, que muestra valores cortos como los identificados en la zona sur y entre el Cerro de Arandas y la Garrida, que es primordialmente suelo de vocación agrícola que pueden tener presencia de tobas o lavas a poca profundidad, o bien una capa de sedimentos relativamente delgada.



Mapa 23: Isoperiodos sísmicos.

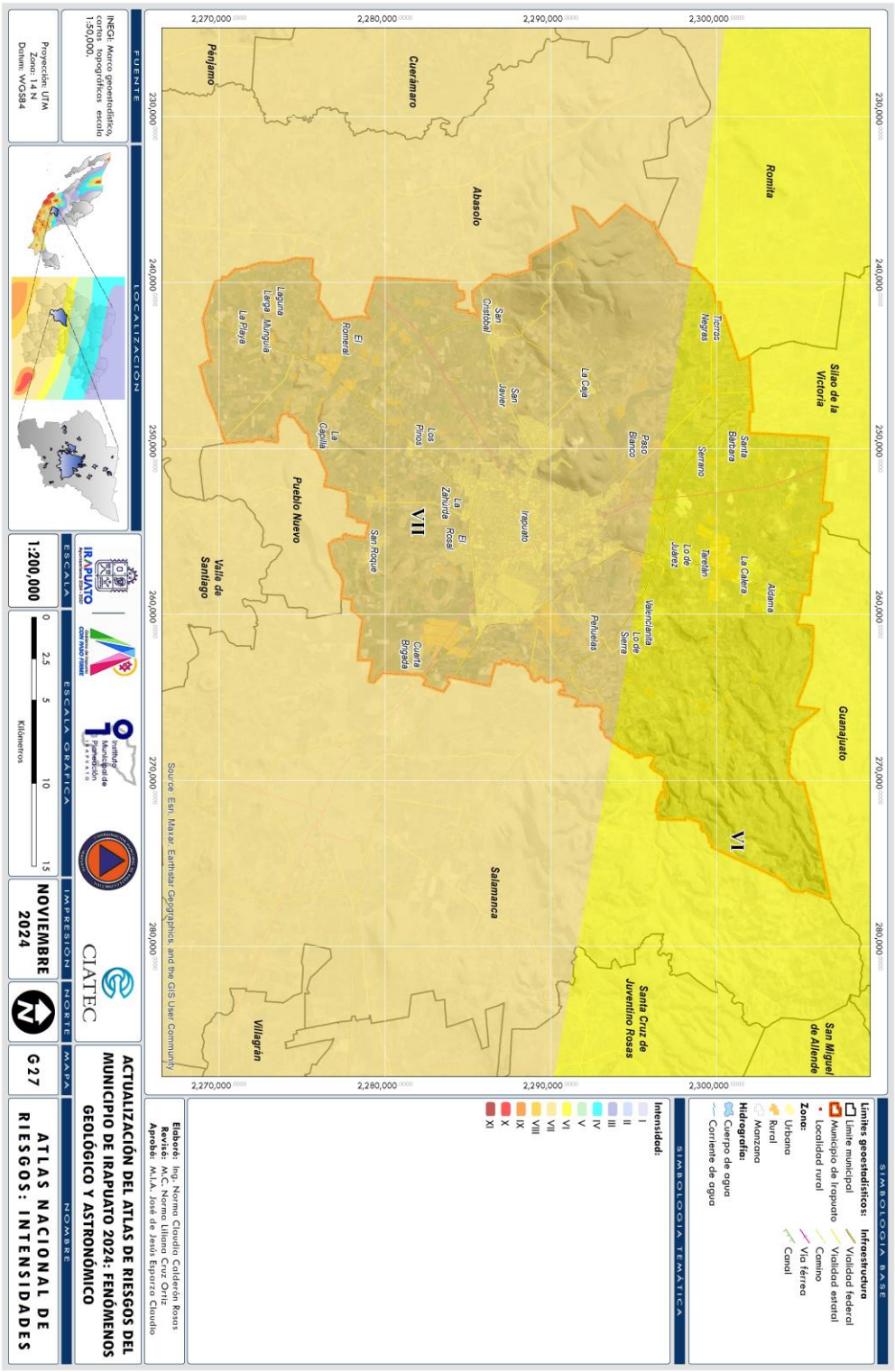
X.6 Vulnerabilidad

Las intensidades reportadas en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2024) indican que estos son los valores que deben considerarse para eventos ocurridos dentro del territorio municipal, los cuales se reportan en el orden de intensidad VI y VII (Mapa 24). Sin embargo, los sismos ocurridos en la costa del Pacífico que son perceptibles en el territorio municipal pueden alcanzar rangos entre VII y VIII; por lo que se analizan estos rangos de intensidades para entender y estimar la vulnerabilidad física, ampliando el espectro al rango IX, ya que los sismos en la costa pueden ser mayores.

La zonificación sísmica del municipio de Irapuato refleja un rango de aceleraciones que oscilan entre 0.11 s y 0.36 s en la zona del valle. Estos valores permanecen en la zona moderada definida por la CFE. De esta forma, se propone una matriz de cálculo de vulnerabilidad con base a la escala modificada de Mercalli (considerando del rango V a IX), y tomando en cuenta la clasificación de vivienda emitida por CENAPRED (2006).

En la Tabla 5, se indica la clasificación de vivienda de acuerdo con los muros y techos que predominan, siendo Tipo V y IV los principales en la zona de estudio, aunque también pueden encontrarse de las demás características de viviendas en algunas zonas, son las menos representativas.

En la Tabla 41, se expresa la matriz de cálculo respecto a la vulnerabilidad física para la componente sísmica en el territorio del municipio de Irapuato. Se aprecia que los grados descritos de vulnerabilidad se componen de muy baja, baja, media y alta. Se excluye del resultado el grado de vulnerabilidad muy alta, ya que las condiciones geológicas que imperan en el territorio municipal conforman una estructura geotécnica cuya respuesta ante las ondas sísmicas puede ser considerada estable, además de que la zonificación sísmica local no refleja posibles efectos de sitio.



Mapa 24: Intensidades reportadas en el ANR.

Tabla 41: Matriz de cálculo de la vulnerabilidad por sismos.

Mercalli Modificada	Clasificación de viviendas				
	Tipo V	Tipo IV	Tipo III	Tipo II	Tipo I
Grado V	Muy Baja	Muy Baja	Baja	Baja	Media
Grado VI	Baja	Baja	Baja	Baja	Media
Grado VII	Baja	Baja	Baja	Media	Media
Grado VIII	Baja	Media	Media	Media	Media
Grado IX	Media	Media	Alta	Alta	Alta

Fuente: elaboración propia.

Con base en la matriz de cálculo, se presenta el Mapa 25, en donde el resultado de la vulnerabilidad para la totalidad del territorio municipal se estima en el valor bajo para las consideraciones del escenario más crítico, con la intensidad mayor (VIII y IX) de la escala modificada de Mercalli (considerando sismos con epicentro en la costa del Pacífico). De manera ilustrativa, en la Tabla 42 se realiza la descripción ordinaria de las percepciones de cada uno de los rangos de percepción de acuerdo con la escala modificada de Mercalli.

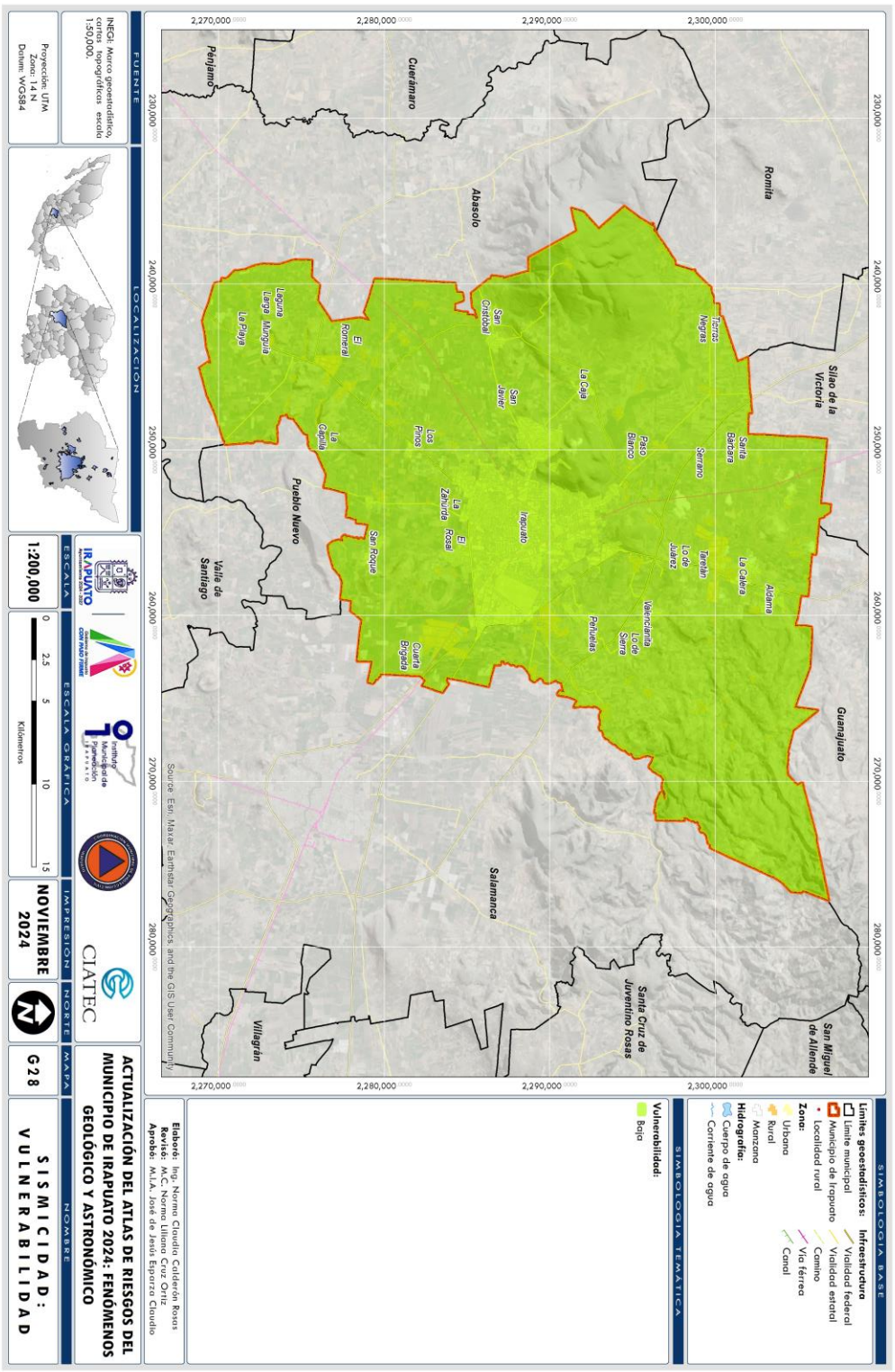
Tabla 42: Escala de Mercalli modificada.

Escala de Mercalli	Descripción
I	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
II	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable.
IV	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando contra un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
V	**Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.**
VI	**Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros.**
VII	**Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura**

Escala de Mercalli	Descripción
	de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	**Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor.**
IX	**Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen.**
X	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: (SGM, 2017).

Los sistemas expuestos por esta componente son amplios, prácticamente toda la infraestructura construida; ya que no solo se pueden afectar las vidas humanas, sino también viviendas, vialidades, redes básicas como tuberías de agua y/o gas, entre otras. Un factor determinante para disminuir la vulnerabilidad radica en la constante actualización del reglamento de construcción del municipio, además del correcto seguimiento por parte de desarrolladores y constructores, además de una constante divulgación y revisión por parte de las autoridades del municipio cuyas funciones converjan en el desarrollo del territorio. Con base en ello y con respaldo de los reportes hemerográficos en los que se indica que se han percibido los eventos sísmicos de los últimos años (2017, 2022, etc.), se deberán realizar los recorridos por parte de las autoridades capacitadas para identificar los daños estructurales o si es que estos eventos son desencadenantes de algunos otros componentes como son inestabilidad de laderas o hundimientos regionales.



Mapa 25: Vulnerabilidad sísmica.

X.7 Riesgo

La estimación del valor que representa la sismicidad en el municipio de Irapuato se utiliza una matriz de análisis que considera las variables de peligro y vulnerabilidad (Tabla 43), los cuales se han evaluado previamente en consideración de la identificación de la escala de intensidades sísmicas (modificada de Mercalli), así como de las magnitudes sísmicas y la conformación del mapa de isovalores de periodos fundamentales en el estrato superficial de la zona del valle y rocosa del municipio. El resultado de este análisis se representa en el Mapa 26, donde se identifica que en la totalidad del territorio municipal el nivel de riesgo corresponde al nivel bajo.

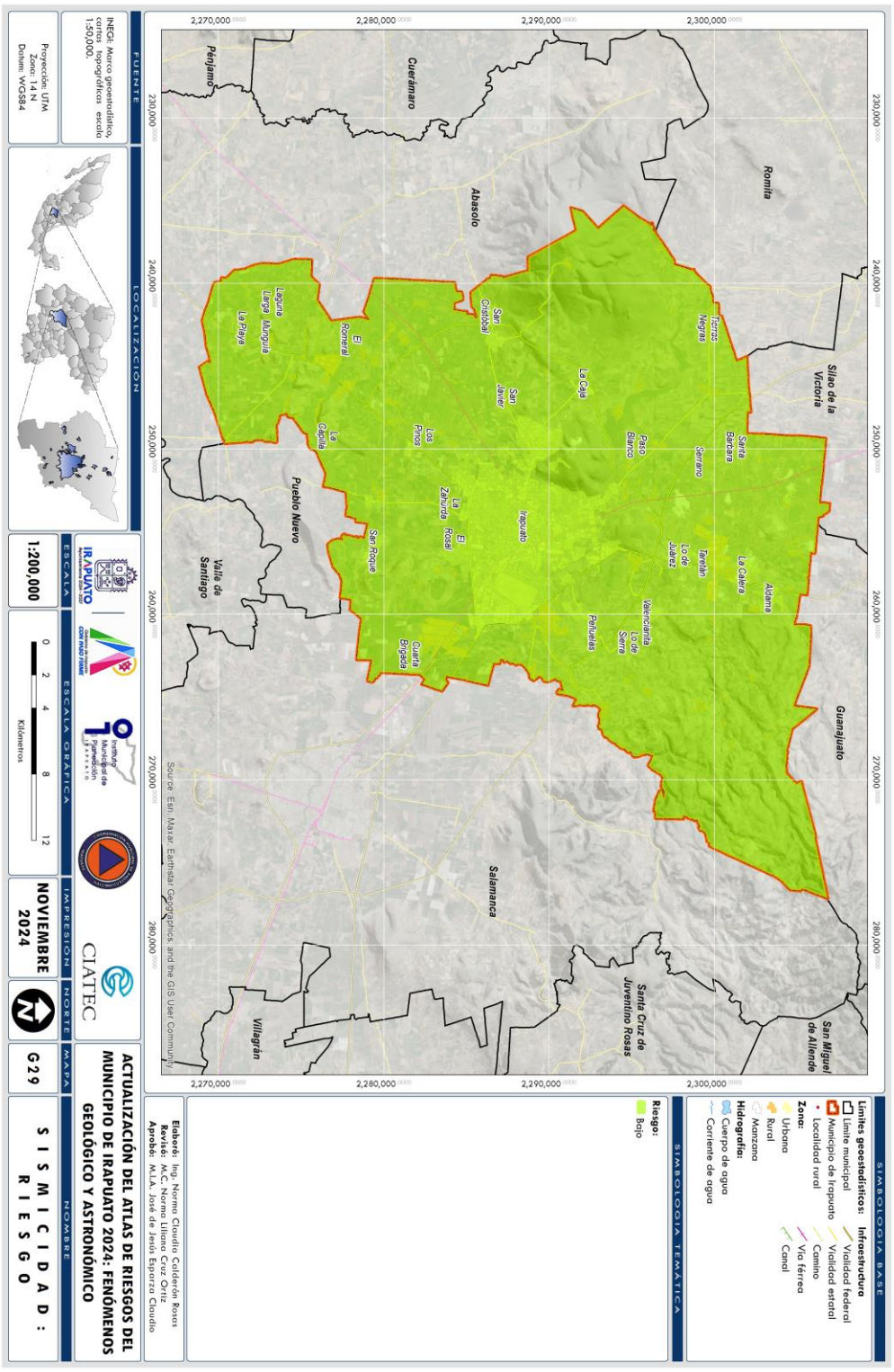
Tabla 43: Matriz de cálculo de riesgo por sismos.

Vulnerabilidad	Peligro				
	Muy Bajo	**Bajo**	**Medio**	**Alto**	**Muy Alto**
Muy Baja	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Baja	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Media	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Alta	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.

Es pertinente aclarar que las condiciones descritas en el presente documento pueden modificarse en función de la dinámica de la actividad de las placas tectónicas en la zona costera de México con el Océano Pacífico, además de la presencia de movimientos intraplaca que en realidad serían lo que pueden generar mayores daños a la infraestructura y a la población; sin embargo, no hay registros en la sismicidad histórica de este tipo de desastres.

Con relación a la zonificación sísmica, ésta representa una herramienta de análisis y referencia obligada para desarrolladores de vivienda, infraestructura industrial y vialidades de tránsito mayor, ya que los periodos fundamentales aquí descritos pueden ser comparados con relación a los que la teoría y normativa de diseño estructural define hoy para las construcciones en el municipio de Irapuato.



Mapa 26: Riesgos sísmicos para la ciudad de Irapuato.

XI. VULCANISMO

El vulcanismo es uno de los componentes más espectaculares que tiene el fenómeno geológico, pero de igual manera es de los más destructivos, debido a las temperaturas que alcanzan la lava o los flujos piroclásticos y los daños que causa la ceniza volcánica en la salud de los seres vivos y la infraestructura. La actividad volcánica tiene la peculiaridad de que se puede presentar en periodos de tiempo muy largos, mismos que hacen que la población pueda confiarse respecto a su peligrosidad, ya que un volcán puede mantener actividad por décadas, y la población puede "acostumbrarse" a esa actividad y darle cotidianidad, como en el caso del Volcán Paricutín; o en otros casos, observar los episodios de actividad volcánica como es el caso de los volcanes Popocatépetl o Colima. Los más peligrosos son como el Volcán Chichonal que de una aparente calma entró en actividad rápidamente en 1982, tomando por sorpresa a la población y dejando cuantiosos daños y pérdidas humanas.

En México, se tienen condiciones particulares para el tema de sismicidad y vulcanismo, mismas que se describirán mediante los tipos de volcanes y su peligrosidad asociada, además de los volcanes activos e inactivos en las inmediaciones del territorio de Irapuato ya que el estado de Guanajuato forma parte del Campo Volcánico Michoacán Guanajuato, el cual cuenta con alrededor de 1400 cuerpos volcánicos, además de que se considera activo, (actividad < 10,000 años).

En el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 se realizó una recopilación de información histórica relativa a la actividad volcánica en el Campo Volcánico de Valle de Santiago (CVVS), así como del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). Con base en ello se ubicó al municipio de Irapuato dentro de los conos de dispersión de ceniza volcánica del Volcán de Fuego de Colima con una distancia de 269 km, tal como se observa en la Figura 38.

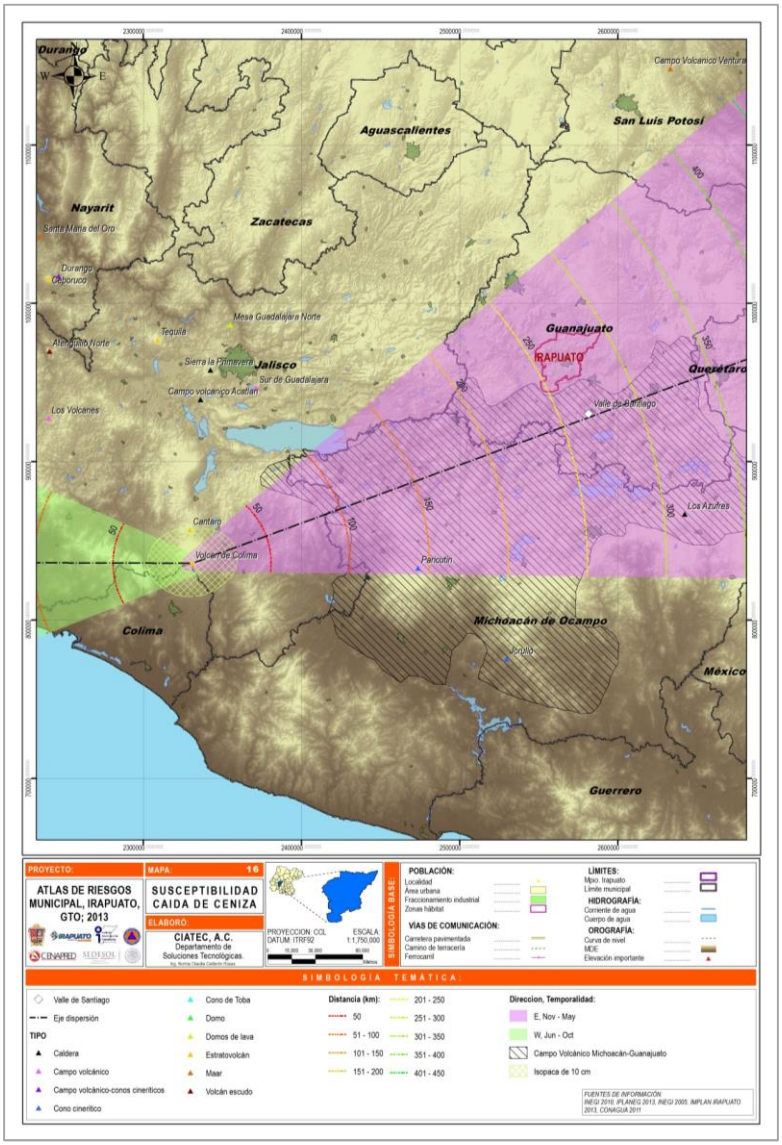


Figura 38: Mapa de susceptibilidad de caída de ceniza del Volcán de Colima.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

En el presente documento se retomó el análisis de probabilidades de actividad volcánica en el CVMG, de igual manera se analizaron las trayectorias de ceniza volcánica del Volcán de Fuego de Colima, emitidas por el Servicio Meteorológico Nacional. La estacionalidad de los vientos puede favorecer o no la dispersión de la ceniza, por ejemplo, en el mes de noviembre, el municipio de Irapuato pudiera verse afectado por caída de ceniza de 2 a 4 horas posteriores a un evento eruptivo, lo cual también depende de la intensidad de la erupción del volcán.

XI.1 Conceptos generales

Los volcanes son las aberturas naturales en la corteza terrestre por donde brotan gases, cenizas y magma o roca derretida. Al magma después de una erupción se le llama lava, la cual acaba haciéndose sólida al enfriarse. Hay volcanes en los continentes y en los fondos oceánicos donde en ocasiones es posible verlos sobre el mar (SGM, Vulcanismo, 2017). Las principales manifestaciones de la actividad volcánica son:

- Caída de ceniza
- Balísticos
- Flujos y oleadas piroclásticas
- Flujos de lodo o lahares
- Avalanchas
- Derrames de lava

XI.2 Tipo de volcanes

Existen varias clasificaciones de los volcanes, de acuerdo con su origen, actividad e inactividad, a continuación, se describen por génesis y nombre de las estructuras de acuerdo con la GCMEANR de CENAPRED (CENAPRED, 2021). En la siguiente figura, se muestra de forma esquemática la composición y disposición de los principales tipos de volcanes que se localizan en México.

1. **Vulcanismo monogenético**: es aquel en que la erupción ocurre durante una sola etapa, a través de una fisura o boca y construye un pequeño edificio en forma de maar, cono de escorias, domo o volcán en escudo. Su duración varía de meses a aproximadamente 10 años y es predominantemente efusiva.
2. **Cono cinerítico**: Es un montículo con laderas muy inclinadas, que se forma debido a la acumulación de partículas y lava mezclada con gases. Es el volcán más simple de todos. Alcanzan alturas entre 30 y 450 m. Sus magmas son de baja viscosidad. Uno de los conos cineríticos más recientes, es el volcán Paricutín, que construyó un cono con una altura de 424 m y produjo un flujo de lava que cubrió 25 km cuadrados.
3. **Maar**: Son conos con cráteres muy grandes de bajo relieve, que corta el nivel freático, por lo que forma un lago en el fondo llamado "mare". Se forma por erupciones explosivas someras. Las explosiones son generalmente provocadas por el calentamiento del agua freática, cuando el magma de tierra y arena con agua".

4. **Volcán escudo**: Es un volcán amplio con flancos de pendientes suaves (menos de 10°) construidas por erupciones de lava basáltica fluida. El nombre proviene del parecido con los escudos de los guerreros. Los volcanes más grandes del mundo son volcanes escudo.
5. **Domos**: Los domos están formados por masas de lava relativamente pequeñas. Esta lava es demasiado viscosa para fluir a grandes distancias, por lo que se apila sobre y alrededor de su centro emisor. Presentan pendientes fuertes que tienden a derrumbarse y formar flujos de bloques y cenizas. Ocurren típicamente en las cimas de algunos volcanes. Los domos son acompañados por actividad explosiva. Llegan a medir hasta 200 m de diámetro y 500 m de altura.
6. **Vulcanismo poligenético:** es aquel en el cual se forman edificios volcánicos por la acumulación de materiales emitidos por varias erupciones a lo largo del tiempo geológico. Se producen erupciones con un rango amplio de intensidades. Construye edificios tipo estratovolcán y grandes calderas.
7. **Caldera**: Depresión circular o elíptica grande (1 a 100 km de diámetro), a veces reconocer su existencia a simple vista resulta difícil. Se forma cuando el magma se obtiene de un reservorio somero.
8. **Estratovolcán**: Son volcanes con formas cónicas y pendientes pronunciadas, construidos por la erupción de flujos de lava viscosa, flujos piroclásticos y tefra. Se desarrollan, generalmente, en periodos de cientos o miles de años. Estos volcanes pueden producir una variedad de tipos de magma, incluyendo basalto, andesita, dacita y riolita. Todos estos magmas, con excepción del basalto, generan erupciones explosivas.

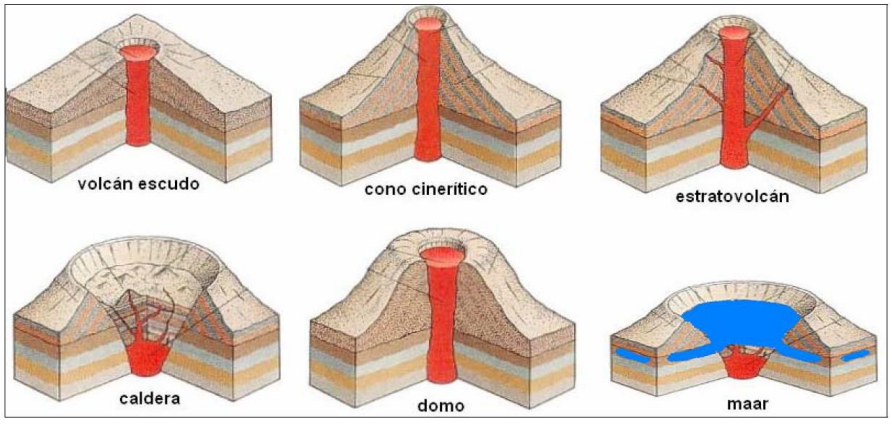


Figura 39: Tipos de volcanes.
Fuente: (CENAPRED, 2021).

XI.3 Tipos de erupciones

Una erupción consiste en la emisión de materiales magmáticos, que son rocas fundidas acompañadas de gases y vapores, desde profundidades terrestres hacia la superficie. De acuerdo con los materiales predominantes y la forma de las explosiones existen en el mundo varios tipos fundamentales de erupciones (CENAPRED, 2021):

1. **Tipo hawaiano**: es el que arroja lava sumamente fluida con paroxismos violentos pero muy escasos; el escurrimiento de las lavas no siempre está acompañado de explosiones porque los gases de los materiales muy fluidos se desprenden con facilidad. Las ampollas de escoria son de vidrio negro que es arrojado en filamentos a manera de cabellos. En este caso el magma forma lagos de fuego en los cráteres y, en algunas islas, las lavas fluidas se extienden muy lejos llegando, a veces, hasta el mar.
2. **Tipo estromboliano**: en este caso las lavas son menos fluidas que en el hawaiano, pero permanecen líquidas al contacto con la atmósfera; la lava es acompañada de bombas sólidas y cenizas. Este tipo de volcanes tienen explosiones violentas, en donde el magma se desmenuza en forma de piedra pómez y las bombas tienen forma de pera. El Volcán Paricutín presentó durante su formación este tipo de erupción.
3. **Tipo vulcaniano**: estas erupciones se presentan con gran abundancia de productos viscosos, su lava es escasa, espesa, y se solidifica con rapidez en la superficie; las nubes de la erupción son muy densas, oscuras y tienen forma semejante a la coliflor; además, las bombas son porosas en su interior y vidriadas en su superficie.
4. **Tipo peleano y pliniana**: estos volcanes arrojan nubes ardientes a muy altas temperaturas. La erupción es casi en dirección horizontal y se da con un gran desprendimiento de gases asfixiantes. En este caso la lava, escasa y muy espesa, forma enormes agujas en el cráter.

Las erupciones de los volcanes marinos, aunque tienen características similares a las terrestres ya que la acción de los gases y lavas es la misma, se diferencian de ellos porque lanzan enormes cantidades de agua y lodo, esto hace surgir islas que más tarde pueden ser destruidas por el oleaje o quedar como pequeños islotes en medio del océano. En la siguiente figura, se presenta un esquema de los tipos de erupciones volcánicas.

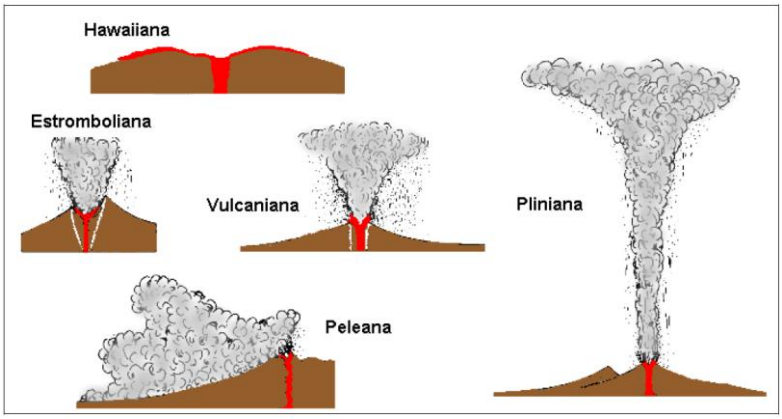


Figura 40: Tipos de erupciones volcánicas.
Fuente: (CENAPRED, 2021).

XI.4 Índice de Explosividad Volcánica (VEI)

Actualmente, una de las formas más aceptadas de cuantificar las erupciones explosivas (forma que no es válida para las erupciones efusivas), es la escala del Índice de Explosividad Volcánica (**VEI**, por sus siglas en inglés). Esta escala fue definida por Newhall y Self en 1982, y es una escala compuesta donde se toman en cuenta diversas características de una erupción, como el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción, etc. La Figura 41 muestra la escala VEI en términos de algunos de los parámetros eruptivos relevantes (CENAPRED, 2008).

CRITERIO VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Descripción	No explosiva	Menor	Moderada	Moderada Grande	Grande	Muy Grande	→		
Volumen emitido (m^3)	$<10^4$	10^4-10^6	10^6-10^7	10^7-10^8	10^8-10^9	10^9-10^{10}	10^{10}-10^{11}	10^{11}-10^{12}	$>10^{12}$
Escala de Tsuya	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	—
Altura de Columna (km)	<0.1	0.1-1	1-5	3-15	10-25	>25	→		
Cualitativo	suave y efusiva		explosiva		severa	cataclismo		paroxismo	→
Clasificación	stromboliana / hawaiana			vulcaniana	pliniana		ultrapliniana		
Duración de la Fase Explosiva (hrs)	<1		1-6		6-12		>12		
Inyección Troposférica	mínima	menor	moderada	sustancial	→				
Invección Estratosférica	nula	nula	nula	posible	definida	—	significativa	→	

Figura 41: Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés).
Fuente: (CENAPRED, 2008).

XI.5 Vulcanismo en México

La provincia geológica conocida como Faja Volcánica Transmexicana (**FVTM**), atraviesa al país desde el estado de Veracruz al oriente, hasta los estados de Colima, Jalisco y Michoacán al poniente, es rica en este tipo de manifestaciones volcánicas. Como uno de los ejemplos más recientes, y mejor conocidos, ocurridos dentro de esta provincia puede citarse al Volcán Paricutín (UNAM, 2024).

El municipio de Irapuato se encuentra fisiográficamente en la FVTM, dentro de la sub-provincia denominada Bajío Guanajuatense, que se ubica en el sector central de la FVTM (Cano Cruz, 2007), en la siguiente figura, se muestra la interacción entre las placas del Pacífico, Rivera y Cocos que generan la actividad sísmica y volcánica en la costa del Océano Pacífico, además de los principales volcanes en el centro de México.

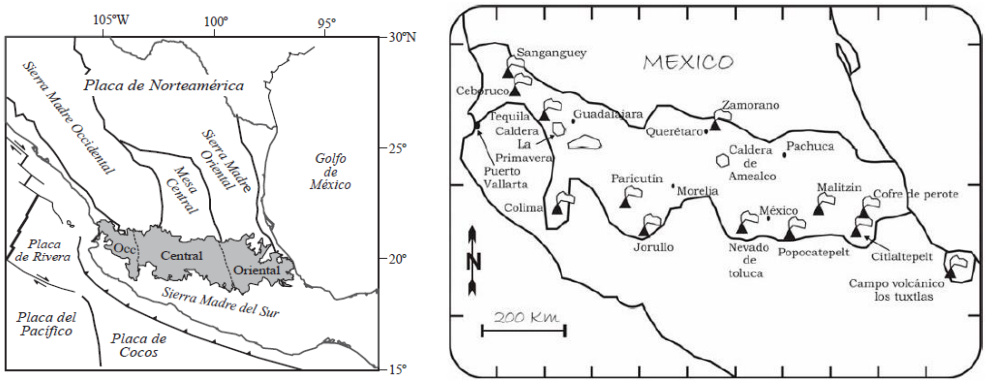


Figura 42: a) Localización de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), mostrando el marco tectónico regional del y algunas provincias (Gómez Tuena, 2005); b) Distribución de los principales volcanes en la FVTM (Cano Cruz, 2007).

XI.6 Vulcanismo Regional

A continuación, se describen las generalidades del vulcanismo regional que incide con el territorio del municipio de Irapuato, considerando el campo volcánico, así como los aparatos cercanos.

XI.6.1 CV Michoacán – Guanajuato

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato alberga más de 1,200 volcanes y es una de las regiones de vulcanismo monogenético más extensas del mundo (mayor a 40,000 km^2).

En él se encuentran principalmente conos de escoria, volcanes en escudo pequeño de composición basáltica y andesita basáltica y domos de composición andesítica y dacítica.

En algunas partes del campo volcánico se encuentran alineaciones de volcanes, paralelos a los sistemas de fallas regionales, suponiendo una estrecha relación entre el vulcanismo y el tectonismo. El volcán Paricutín (1943-1952) es el volcán más joven del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato. Su nacimiento representó una tragedia para los habitantes de la región, pero para la ciencia significó un asombroso suceso del desarrollo de un volcán. Sus nueve años de actividad nos recuerdan que las tierras michoacanas están vivas y son propensas a albergar un nuevo volcán en el futuro (Gómez-Vasconcelos, 2018).

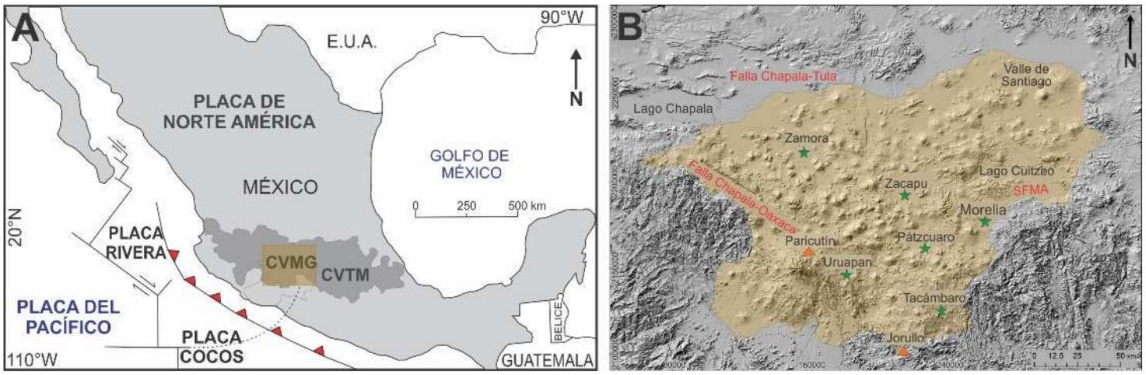


Figura 43: A, Contexto tectónico del Cinturón Volcánico Transmexicano (CVTM) y localización del Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG). B, Los volcanes Paricutín y Jorullo dentro del CVMG y las principales ciudades.

Fuente: (Gómez-Vasconcelos, 2018).

Tomando como referencia el Atlas Nacional de Riesgos (ANR, 2025), es posible identificar a ese nivel de escala los valores correspondientes a los Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad para el territorio municipal de Irapuato; en relación con el peligro volcánico, al cual le corresponde una categoría de Muy Alto (Figura 44) valor influenciado por la cercanía al CVMG y al CVVS.

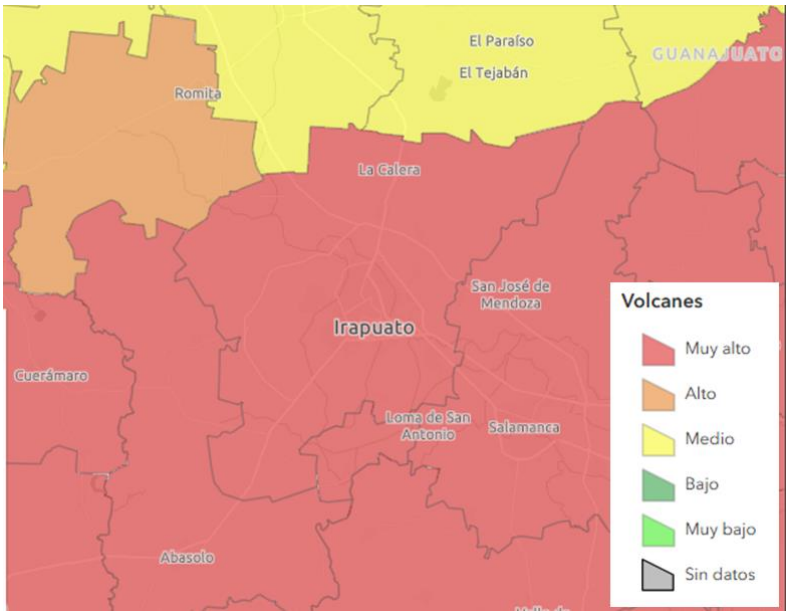


Figura 44: Nivel de Peligro por Volcanes en el Municipio de Irapuato

Fuente: (ANR, 2025).

XI.6.2 Volcán de Colima

El Volcán de Fuego de Colima, o simplemente Volcán de Colima, (3860 m.s.n.m.) es un estratovolcán andesítico que forma parte, junto con el Cántaro y el Nevado de Colima (4,330 m.s.n.m.), de un complejo volcánico con orientación Norte-Sur, llamado Complejo Volcánico de Colima (CVC), ubicado en el sector occidental de la FVTM.

A lo largo de los últimos 500 años el Volcán de Fuego de Colima ha tenido más de 40 eventos eruptivos de tipo explosivo y efusivo entre las que destacan las de los años 1576, 1606,1690, 1818, 1869, 1903 (ver Figura 45), 1913, 1960-61, 1965, 1975-76, 1981-82, 1991,1998-99, 2001-2003, 2004-2005, 2007-2011, 2013-2017, hasta el 03 de febrero de 2017 que fue la última explosión contemporánea, (ver Figura 45). Adicionalmente, se debe tener en cuenta la actividad de menor grado, todo lo cual demuestra que durante los últimos 5 siglos este volcán ha mantenido su proceso eruptivo, por lo que se deben seguir realizando estudios geológicos y monitoreo geofísico para determinar su peligrosidad y riesgo (Universidad de Colima, 2024).

Figura 45: Fotografías de erupciones del Volcán de Colima en 1903 y 2017.
Fuente: (Universidad de Colima, 2024).

En la infografía emitida por CENAPRED (2014), para la dispersión de ceniza, se indican dos direcciones preferenciales, sobre todo por las temporalidades, hacia el Oeste de junio a octubre y al Este de noviembre a mayo, como se muestra en la siguiente figura.

Se considera caída de ceniza, a los materiales rocosos fragmentados y expulsados hacia la atmósfera durante una erupción se les conoce como tefra. A los fragmentos de tefra con tamaño menor a 2.0 mm se les denomina ceniza volcánica, y si su tamaño está entre 2 mm y 64 mm, lapilli. Las partículas de ceniza son transportadas por los vientos a kilómetros de distancias del cráter, en función de su tamaño, peso y altura de la columna eruptiva. Cuando caen forman una capa de diferentes espesores (de milímetros a varios centímetros) y pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros (CENAPRED, 2023).

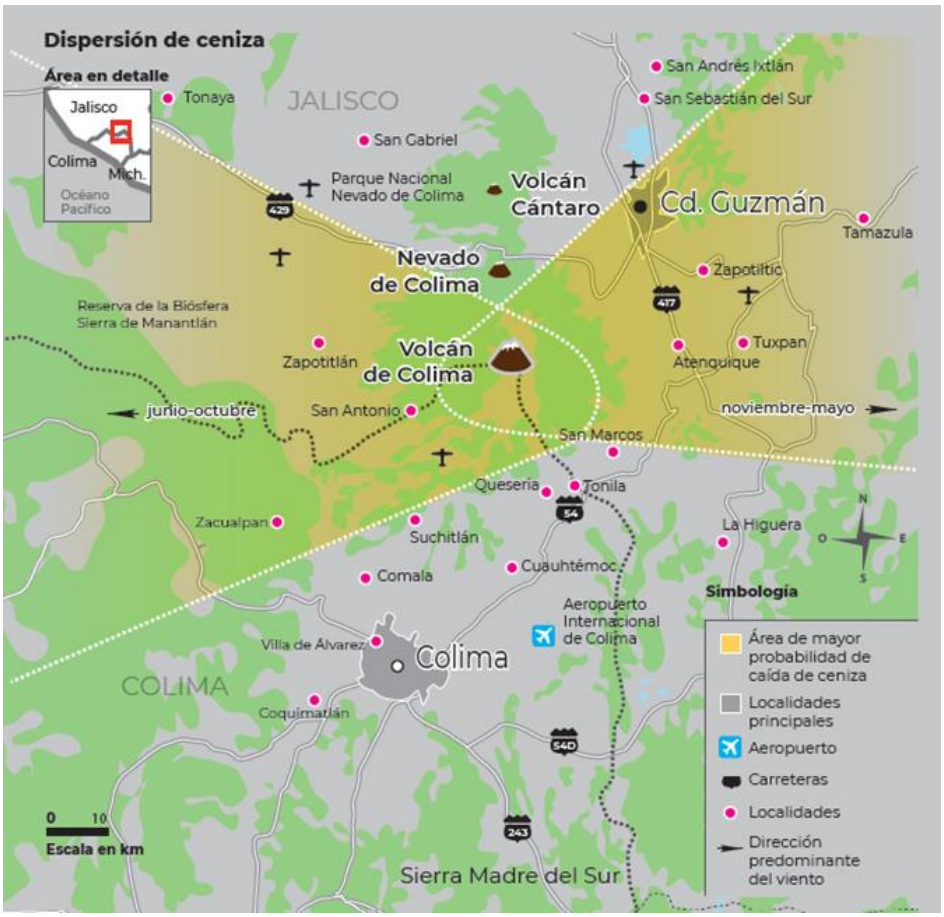


Figura 46: Mapa de peligros del Volcán de Fuego de Colima.
Fuente: (CENAPRED, 2014).

La Universidad de Colima, en conjunto con el Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos, emiten semanalmente un boletín de condiciones del Volcán de Colima; aunado a esto el Servicio Meteorológico Nacional en conjunto con la Comisión Nacional del Agua, fuentes oficiales del Gobierno de México, emiten avisos diarios en horarios de 9 y 14 horas, donde dan pronósticos de condiciones atmosféricas y posibilidades de dispersión de ceniza, así como análisis de imágenes satelitales de la zona del volcán, en la Figura 47 en el mes de julio, y finalmente en la Figura 48 en el mes de noviembre, se muestra en el círculo blanco la ubicación del municipio de Irapuato, el cual pudiera verse afectado por caída de ceniza de 2 a 4 horas posteriores al evento, lo cual también depende de la intensidad de erupción de volcán, como lo explica el aviso especial.

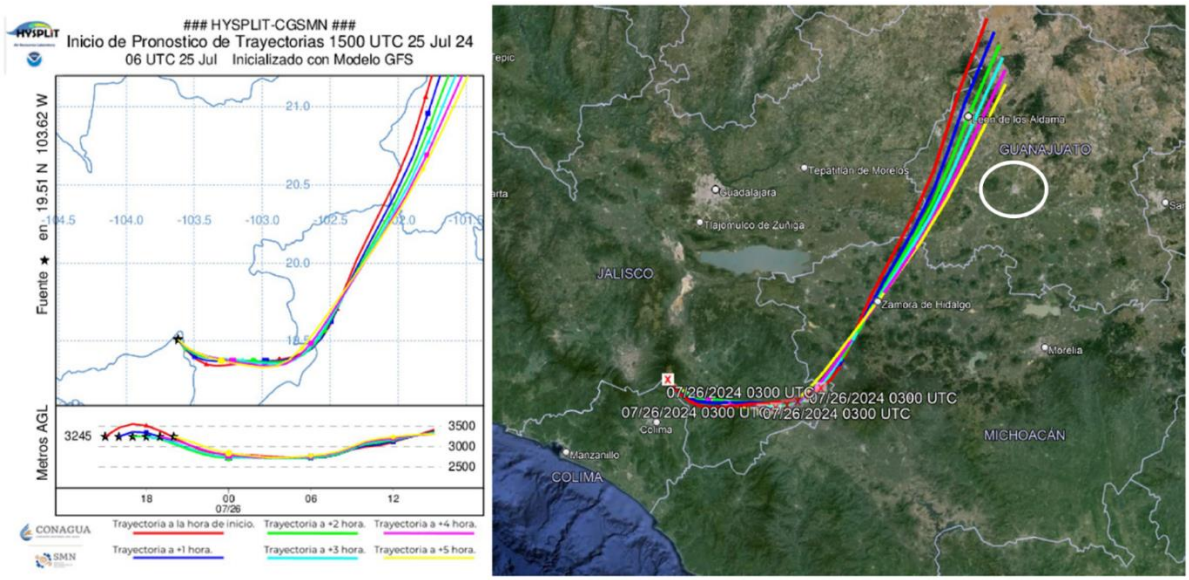


Figura 47: Aviso especial por la actividad del Volcán Colima del 25 de julio 2024 .
Fuente: (SMN, 2024).

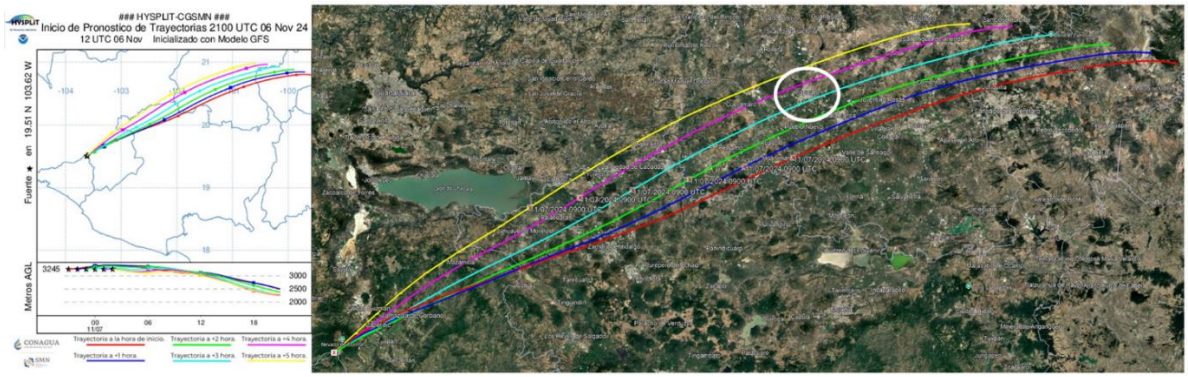
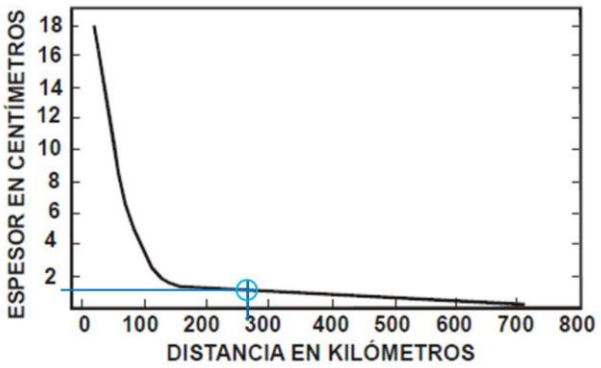


Figura 48: Aviso especial por la actividad del Volcán Colima del 6 de Noviembre 2024.
Fuente: (SMN, 2024).

XI.7 Peligro por caída de ceniza

Con lo anterior expuesto, y dado que actualmente no se tiene evidencia de actividad volcánica dentro del municipio, se considera que el mayor peligro para el componente de vulcanismo es la caída de ceniza expulsada de un evento explosivo del Volcán de Colima, ya que se cuenta con pronósticos por vientos y velocidades que estos pudieran dirigirse en algunas horas hacia el territorio municipal.

De acuerdo a la gráfica de distribución de espesores de ceniza de la GCMEANR de CENAPRED para el peligro volcánico, y con una distancia recta de 269 km (cráter – ciudad de Irapuato), el acumulado de ceniza esperado sería de 1 centímetro (Gráfica 3), lo cual puede generar daños en la salud de la población (agravamiento de padecimientos pulmonares, trastornos gastrointestinales, afectaciones oculares, etc.), además los efectos al medio ambiente se reflejan en daños a las corrientes de agua (contaminación con metales pesados), vías de comunicación (obstrucción), agricultura (destrucción del cultivo), entre otros (CENAPRED, 2021).



Gráfica 3: Distribución de espesores de ceniza alcanzados en erupciones recientes de tipo pliniano.
Fuente: (CENAPRED, 2014).

De manera aclaratoria se presenta el resumen de las propiedades peligrosas de la ceniza volcánica (Tabla 44) en la cual se describen las principales afectaciones a la población e infraestructura en función del espesor de la capa de ceniza.

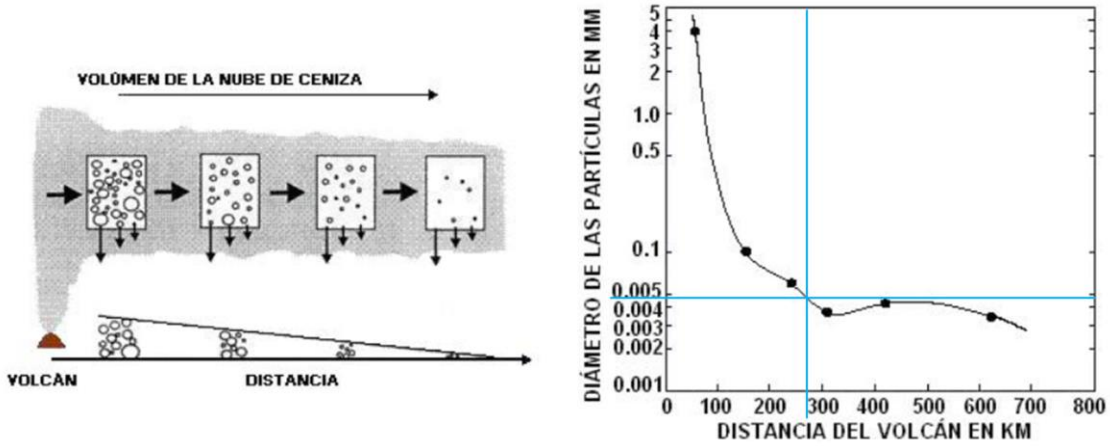
Tabla 44: Resumen de las propiedades peligrosas de la ceniza volcánica.

Efectos de la caída de cenizas como función del espesor	
Espesor	**Efecto**
Menos de 1 mm (0.1 cm)	• Actuará como irritante a los pulmones y a los ojos. • Los aeropuertos cerrarán debido al daño potencial al avión. • Posibles daños de menor importancia a vehículos, casas y equipo, causado por la ceniza abrasiva fina. • Posible contaminación de abastecimientos de agua. • El polvo afecta la visibilidad y la tracción del camino por un período largo.
1-5 milímetros (0.1 a 0.5 cm)	*Los efectos que ocurren con < 1 milímetro de ceniza se amplificará:* • Daños posibles en cosechas. • Parte del ganado puede ser afectado. Alimento y agua contaminados pueden desgastar sus dientes. No serán afectado si tienen alimento y agua limpios . • Daños de menor importancia a las casas si la ceniza fina entra, manchando los interiores, bloqueando los filtros del aire acondicionado, etc.

Efectos de la caída de cenizas como función del espesor	
	• Posible corte de la energía eléctrica; la ceniza puede provocar cortocircuitos en las subestaciones sobre todo si se moja. • El abastecimiento de agua se puede cortar o limitar debido a la falta de electricidad. • Puede ocurrir contaminación de los abastecimientos de agua. • Los caminos pueden necesitar ser despejados para reducir el polvo y para evitar el bloqueo de los sistemas de precipitación. • Los sistemas de aguas residuales se pueden bloquear por la ceniza, o interrumpir por la pérdida de fuentes eléctricas. • Algunos daños al equipo eléctrico y a maquinaria.
5-100 milímetros (0.5 a 10 cm)	*Los efectos que ocurren con < 5 milímetros de la ceniza se amplificarán:* • Entierro de pasto y plantas bajas. El follaje se puede caer de algunos árboles pero la mayoría de los árboles sobrevivirán. • La mayoría de los pastos morirán con cerca de 50 milímetros de ceniza. • Necesidad de operaciones importantes de retiro de ceniza en áreas urbanas. • La mayoría de los edificios de mampostería aguantaran la carga de ceniza pero estructuras con azoteas débiles pueden derrumbarse con 100 milímetros de espesor, particularmente si la ceniza se moja. • Los caminos pueden ser bloqueados debido a la acumulación de ceniza. Los coches pueden tener problemas debido a la ceniza en lo filtros de aire.

Fuente: **(CENAPRED, 2021)**.

En función de la distancia es posible estimar el diámetro de las partículas de la ceniza expulsada que se depositará en el territorio (CENAPRED, 2021), por ende; considerando un evento eruptivo del Volcán de Colima y que el municipio de Irapuato se localiza a una distancia de 269 km, se espera una caída de cenizas con un diámetro de promedio de 0.005 mm (Gráfica 4).



Gráfica 4: Distribución de la ceniza en función del tamaño de las partículas

Fuente: **(CENAPRED, 2021)**.

La susceptibilidad por alguno de las manifestaciones volcánicas (balísticos, flujos y oleadas piroclásticas, flujos de lodo o lahares, avalanchas de detritos y derrames de lava), es casi nula, a excepción de la caída de ceniza que se puede considerar baja, por lo que se deberá mantener especial atención a los Boletines de la Universidad de Colima y a los Avisos Especiales del Servicio Meteorológico Nacional al respecto, para que en caso de alguna actividad o fase eruptiva se esté monitoreando las condiciones del viento (dirección y velocidad). En la siguiente tabla, se muestra la matriz de cálculo del peligro considerando la acumulación de ceniza y la probabilidad de ocurrencia del peligro.

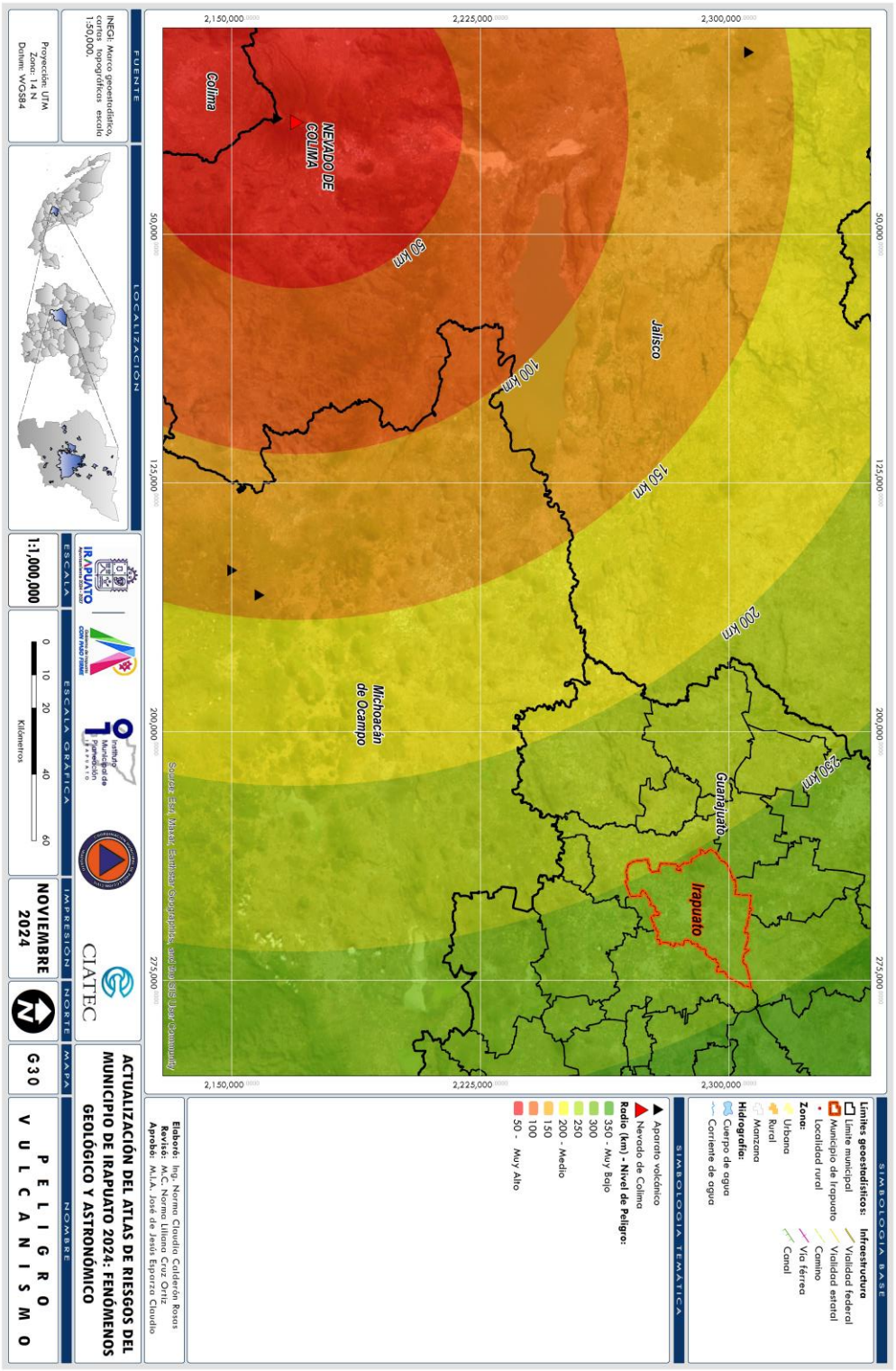
Tabla 45: Matriz de cálculo de peligro por caída de ceniza.

Probabilidad	Acumulación de cenizas volcánicas (cm)				
	1 a 2	2.1 a 4	4.1 a 6	6.1 a 8	8.1 - 10
Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: Elaboración propia.

Las capas de cenizas de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de techos con pendientes menores a 20° así como en estructuras inestables. Las cenizas secas tienen un peso de 400-700 kg/m^3, la lluvia puede incrementarlo de un 50 a un 100%. Una capa de cenizas de 10 cm de espesor equivale a una carga extra de 40-70 kg/m^2 si está seca, y de 100-125 kg/m^2 si está húmeda (CENAPRED, 2014).

Dada la distancia de la ciudad de Irapuato con el volcán activo, la acumulación de ceniza es mínima, es por ello que se puede considerar que el peligro es Muy Bajo. Como se puede observar en el Mapa 27, donde se muestran los peligros por acumulación de ceniza volcánica en el municipio de Irapuato; el rango de valor es bajo, ya que las distancias de los centros eruptivos activos más cercanos están alrededor de los 160 kilómetros, existen otros aparatos volcánicos inactivos más cercanos.



Mapa 27: Peligros volcánicos por caída de ceniza volcánica.

XI.8 Vulnerabilidad

Para la vulnerabilidad se analizó el daño a viviendas por acumulación de ceniza volcánica en techos. En la Tabla 5 se muestra la clasificación de las viviendas de acuerdo con el INEGI, indicando los tipos de muros y techos como componentes principales dado el peligro considerado, siendo la tipología 1 la menos resistente o más débil para el componente de acumulación de ceniza en techos de viviendas y la tipología 5 las más resistente para los pesos de cenizas acumuladas.

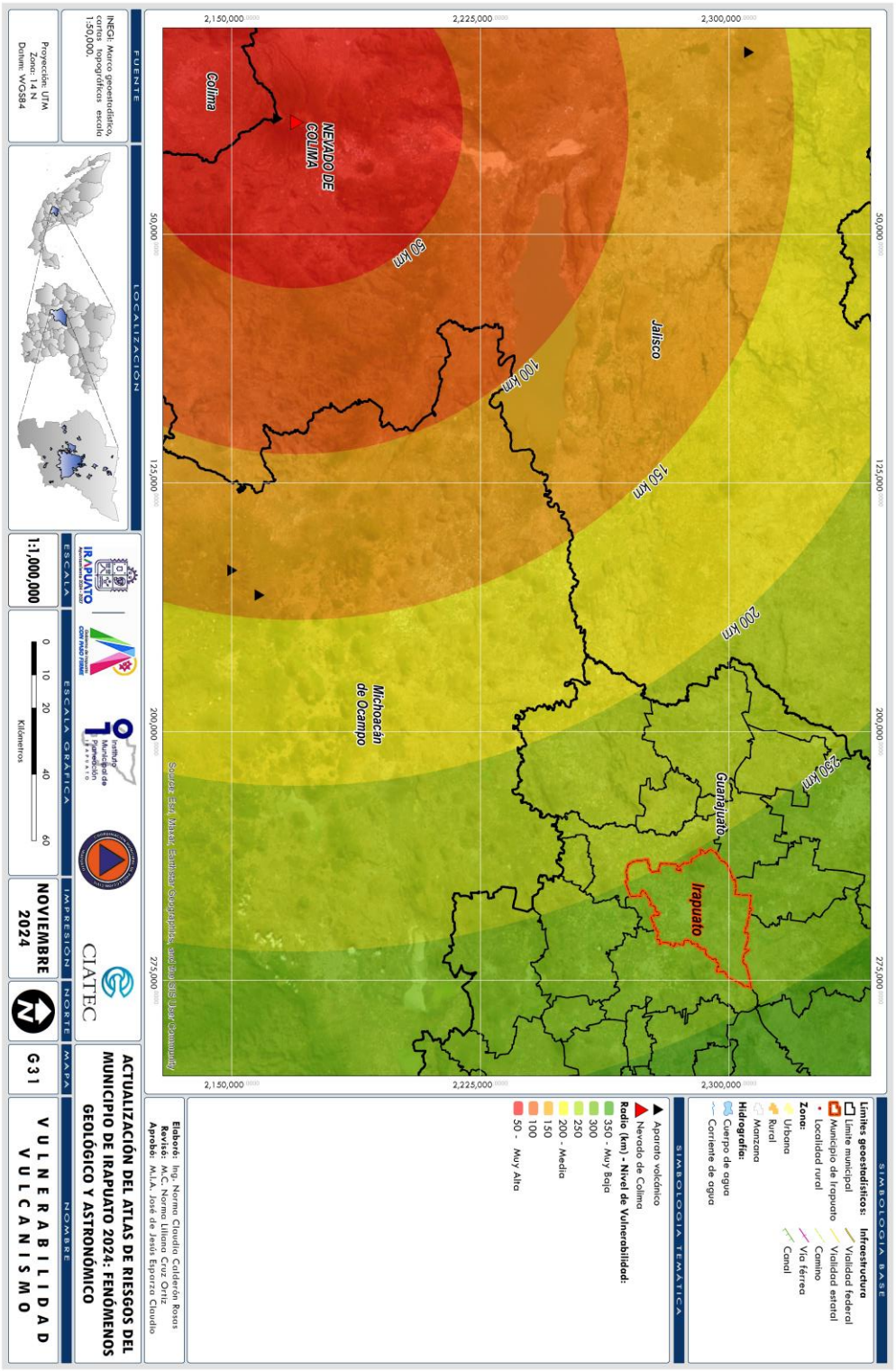
Una vez definida la categorización del tipo de vivienda conforme a los materiales de construcción, se cuenta con una herramienta para evaluar la vulnerabilidad del Municipio de Irapuato ante el efecto y magnitud de las componentes de los fenómenos geológicos. En la Tabla 46 se muestra la matriz de cálculo del peligro por tipo de vivienda y probabilidad de ocurrencia de las acumulaciones de ceniza, y en las condiciones de la Ciudad de Irapuato la vulnerabilidad general considerando la mayoría de las viviendas de tipo V a tipo IV, de Muy Bajo a Bajo.

Tabla 46: Matriz de cálculo de vulnerabilidad por caída de ceniza.

Vulnerabilidad	Clasificación de viviendas				
	Tipo V	Tipo IV	Tipo III	Tipo II	Tipo I
Muy Bajo (1 a 2 cm)	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja	Muy Baja
Bajo (2.1 a 4 cm)	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
Medio (4.1 a 6 cm)	Media	Media	Media	Media	Media
Alto (6.1 a 8 cm)	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
Muy Alto (8.1 a 10 cm)	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 28, se muestra la vulnerabilidad para la ciudad de Irapuato, la cual se reporta de Muy Baja a Baja por acumulación de ceniza volcánica, y de acuerdo con la tipología de la vivienda identificada y la resistencia de estas, se pude clasificar la vulnerabilidad física del municipio de Irapuato en Baja a Muy Baja.



Mapa 28: Vulnerabilidad por acumulación de ceniza volcánica.

XI.9 Riesgo

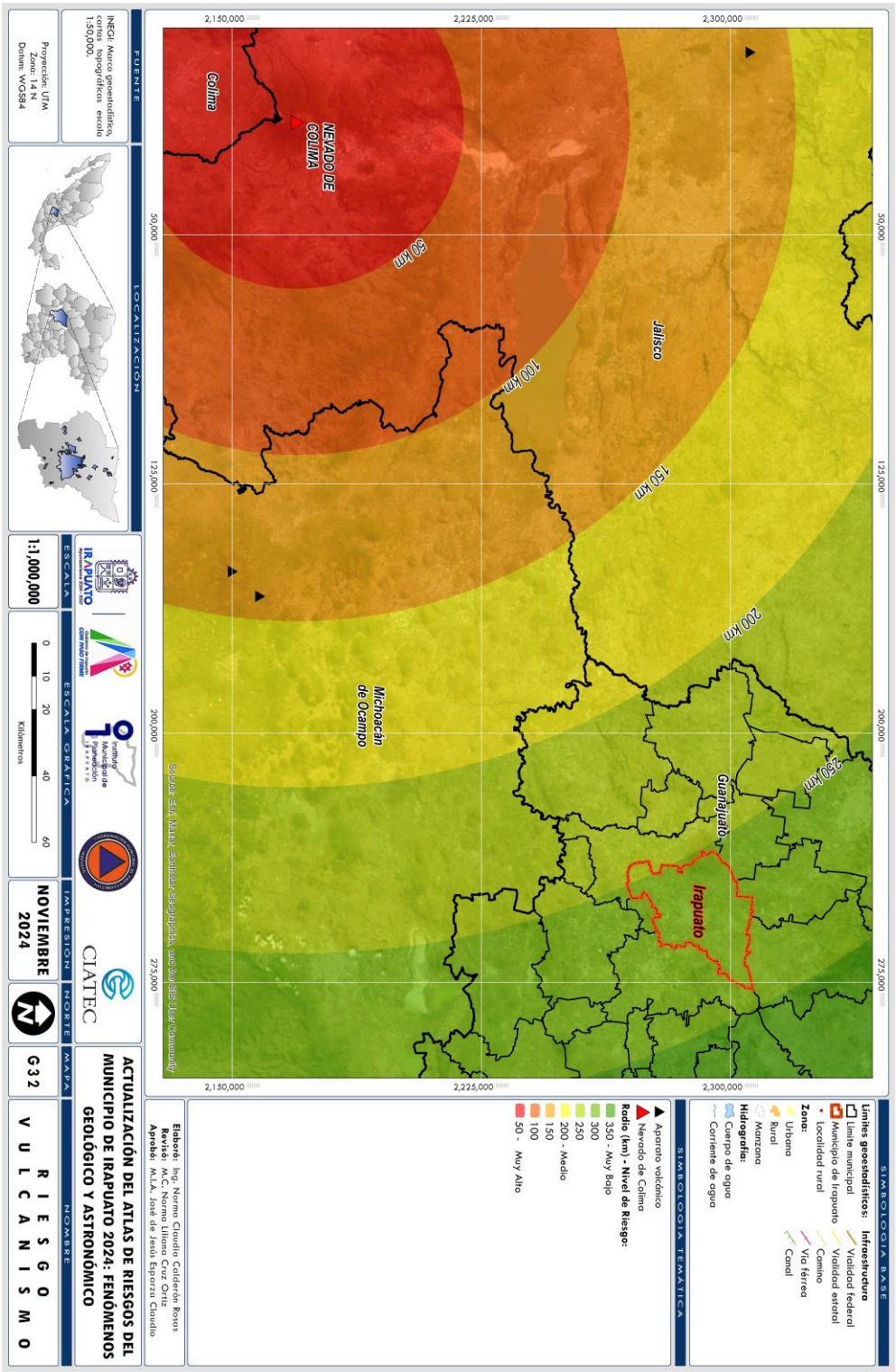
La estimación del riesgo se realiza conociendo el Peligro y la vulnerabilidad; en este caso para la acumulación de ceniza por caída se puede considerar que es Bajo a Muy Bajo para el municipio de Irapuato, en la Tabla 47, se muestra la matriz de cálculo para el riesgo.

Tabla 47: Matriz de cálculo de riesgo por caída de ceniza.

Peligro / Vulnerabilidad	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Muy Baja	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Baja	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Media	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Alta	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: Elaboración propia.

En el Mapa 29, se muestran los riesgos por acumulación de ceniza volcánica en el municipio de Irapuato, y como se puede observar el riesgo por caída de ceniza es de Muy Bajo a Bajo por las distancias a las que se encuentran los cuerpos volcánicos y/o volcanes activos. Cabe mencionar que todos estos resultados son evaluados con las condiciones actuales y con los eventos pasados conocidos, sin embargo, dicha situación puede variar si los volcanes activos entran en actividad intensa.



Mapa 29: Riesgos por acumulación de ceniza volcánica.

XII. HUNDIMIENTOS Y AGRIETAMIENTOS

El fenómeno de hundimientos o subsidencia de terreno presente en la región, ocurre principalmente cuando se han extraído grandes cantidades de agua subterránea de ciertos tipos de rocas y suelos constituidas de sedimentos de grano fino, cuando se extrae el agua, que es la responsable de mantener los niveles de suelo, las rocas sufren una compactación natural que puede no ser visible porque ocurre en áreas extensas (SSE, 2023). En los municipios de la región bajío, la extracción a largo plazo de las aguas subterráneas ha causado un importante hundimiento de la tierra y la compactación de los sistemas de acuíferos, lo que ha provocado daños a edificios, carreteras, redes de suministro de agua y el drenaje de aguas residuales (SSE, 2023).

Históricamente el municipio de Irapuato se ha visto afectado tanto en su zona urbana como en la zona rural por agrietamientos y fallas geológicas, se estima que estos agrietamientos y fallas geológicas presentes en la zona urbana principalmente, además de provocar la ruptura de drenajes y tuberías de agua potable que han originado la aparición de socavones y la contaminación de pozos y la posible filtración hacia los mantos acuíferos, (SSE, 2023).

Uno de los posibles factores preponderantes que generan este fenómeno de hundimiento diferencial seguido de la manifestación superficial de agrietamientos y la generación de movimiento o fallas geológicas, se debe a la compactación diferencial producto de la sobreexplotación de los mantos acuíferos, ya que, la mayoría del territorio de Irapuato se encuentra en la subprovincia denominada "Bajío Guanajuatense" que está caracterizada por la presencia de rellenos sedimentarios y suelos con presencia de limos y arcillas que en su mayoría son utilizados para la siembra por su fertilidad, además de ser terrenos muy factibles para la industria por presentar topografías llanas, (SSE, 2023).

En el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 se realizaron varios análisis, dentro de los cuales destaca la evolución del nivel estático del agua subterránea, la cual ya presentaba sobreexplotación. También se identificó la condición de las fallas o sistemas de fallas asociados a la subsidencia, además de las afectaciones generadas en la infraestructura;

obteniendo valores de vulnerabilidad y riesgo por esta componente geológica. Para el 2014 ya se tenían identificadas 21 fallas dentro de la zona urbana y algunas de ellas se extienden a las orillas de la ciudad o zonas rurales (LICCSA, 2014), como se puede observar en la Figura 49.

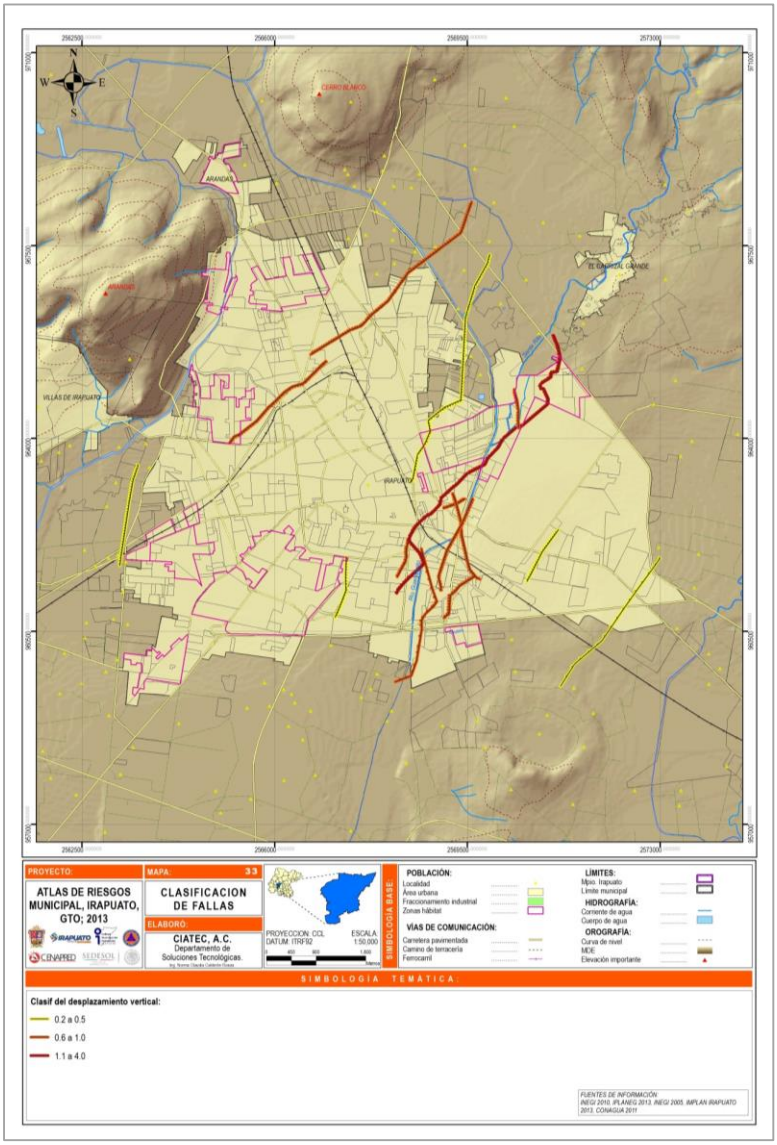


Figura 49: Mapa de clasificación de las fallas de acuerdo al desplazamiento vertical.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

En la presente actualización se realizó el análisis del acuífero y sus condiciones de nivel estático, además de evaluar la tipología de viviendas con los recorridos de campo y la

información proporcionada por las dependencias municipales y estatales. En conjunto con lo reportado en la bibliografía, se pudo elaborar un panorama general y de potenciales zonas de afectación. Destaca que algunos trazos de fallas se han extendido cruzándose entre sí, por lo que acordó dar nombres oficiales para cada uno de los trazos, quedando 19 fallas identificadas para las cuales se calculó el nivel de susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo de cada trazo definido.

Con base en las manifestaciones históricas de las fallas en el territorio municipal y los daños causados a la infraestructura; se ha estimado un radio de afectación directa promedio de 15 metros a cada lado del eje de las fallas (distancia que ha sido utilizada para la evaluación de la vulnerabilidad física); sin embargo, se corrobora que para la zona de amortiguamiento se continué considerando un radio de 30 metros (ancho total de 60 metros), en concordancia con las recomendaciones del atlas municipal de riesgos en su versión 2013 (IMPLAN, 2013). Estas condiciones favorecerán una mejor planeación y gestión del riesgo para la continuidad del desarrollo del territorio municipal.

XII.1 Antecedentes

Desde hace varios años, se han realizado estudios previos en la zona de estudio; resaltan los siguientes título: **Estudio del fallamiento de terrenos en el área urbana de Irapuato, Gto.,** realizado por Ing. Jorge Antonio Trujillo Candelaria (consultor geohidrólogo) en el año 2010, (Trujillo-Candelaria, 2010), **Sistema de fallas, programas de seguimiento y atención a efectos de las discontinuidades geológicas,** realizado por Geotecnia y Calidad Liccsa SA de CV, del año 2014 (LICCSA, 2014), además de la versión 2013 del **Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato** que incluyo los estudios anteriormente mencionados (IMPLAN, 2013). En el año 2018, se realizó otro estudio denominado **Zonificación y riesgos geotécnicos de la ciudad de Irapuato Gto., (Primera Etapa)**, realizado por Geo Grupo del Centro SA de CV, en el año 2018 (GeoGrupo, 2018).

Los estudios estuvieron enfocados a la identificación, medición, ubicación precisa, instalaciones de las mojoneras para monitoreo de las fallas o alineamientos geológicos, con variaciones en los nombres dados a cada falla. En algunos puntos de la ciudad de Irapuato, se han documentado los cambios en las vialidades a lo largo de los años, como es el caso de la Figura 50, en la Calle Juan Escutia, donde en 1999 las manifestaciones son mínimas o nulas, en comparativa con los años 2002 2014 y al 2024 donde ya se tiene la evidencia de cerca de 2 metros de desnivel vertical.

Enero 1999*

Mayo 2002*

Noviembre 2014*

Septiembre 2024

Figura 50: Evolución topográfica de falla Puente de Guadalupe sobre la calle Juan Escutia, colonia Emiliano Zapata II.

Fuente: * (LICCSA, 2014) y elaboración propia.

En la Tabla 48, se presenta un resumen e identificación de las estructuras geológicas a las cuales se ha realizado el levantamiento de datos de campo, haciendo referencia a como fueron nombradas en 2010 y 2014, se mencionan estos estudios ya que son los que difieren en los nombres ya que otros documentos retoman alguno de estos nombres.

Tabla 48: Resumen de fallas geológicas levantadas del 2010 al 2014.

No.	Nombres de fallas estudio 2010 [A]	Nombres de fallas estudio 2014 [B]
1	---	CINVESTAV
2	---	Cotero
3	Deportiva Sur	---
4	---	El Nido
5	Jacarandas	Reforma
6	Floresta	Floresta
		Colón
7	Fresas	Jardines de la Hacienda

No.	Nombres de fallas estudio 2010 [A]	Nombres de fallas estudio 2014 [B]
8	San Isidro	Las Huertas
9	Parque Hidalgo	Hacienda La Virgen
		Morelos
10	Los Olivos	Los Olivos
11	Puente de Guadalupe	Puente de Guadalupe
	La Esperanza	
12	---	PRONASOL
13	Pradera	Pradera
14	Plan Vivirá	Plan Vivirá
15	Plan Guanajuato	UPI
16	Parque Hidalgo	Parque Hidalgo
		Morelos
17	Téllez (BIMBO)	García Téllez
18	Trébol	Rancho Grande
19	Puente de Guadalupe	Valle del Sol

Fuente: [A] (LICCSA, 2014), [B] (Trujillo-Candelaria, 2010).

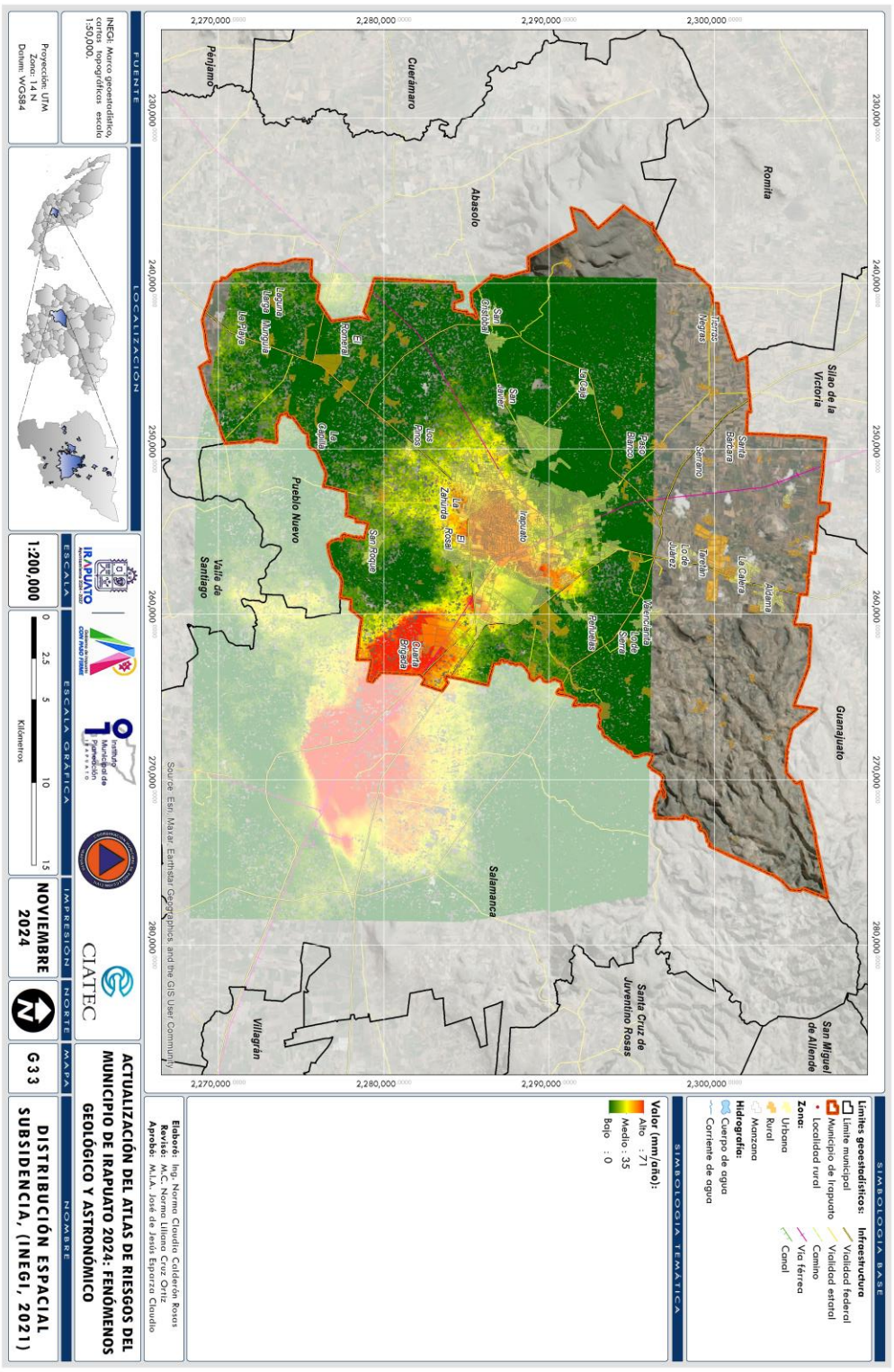
Otro de los antecedentes más relevantes para el objetivo del proyecto es publicado por INEGI en 2021, ya que aporta datos de la velocidad de hundimiento de varias ciudades de la República Mexicana. Desde el 2019 al 2022, INEGI publicó una serie de reportes técnicos denominados **Detección de Zonas de Subsidencia en México con Técnicas Satelitales Volumen 1 al 3**; para la ciudad de Irapuato se reportó en el 2021 que los hundimientos de mayor magnitud se presentan en la cabecera municipal, así como en las localidades que se ubican en la salida hacia Salamanca, (INEGI, 2021).

El insumo principal de estos estudios fueron imágenes SAR de los sensores satelitales Sentinel-1A y Sentinel-1B del programa de observación de la Tierra Copernicus de la ESA. Las imágenes que se utilizaron para el análisis de los casos fueron adquiridas en el modo IW (interferometric wide swath), que tienen una huella aproximada de 250 kilómetros, en formato Single Look Complex (SLC) con una resolución nominal de 5 metros en dirección del rango (perpendicular a la trayectoria del satélite) y de 20 metros en dirección del azimuth (en dirección de la órbita del satélite) (INEGI, 2021).

Las imágenes SAR satelitales Sentinel-1 son proporcionadas de manera gratuita por la Agencia Espacial Europea (ESA) a través del programa Copernicus. El procesamiento interferométrico de las imágenes SAR se realiza mediante software libre; con el programa SNAP (Sentinel Application Platform), desarrollado por la ESA, se realizaron las etapas preparativas de las imágenes y el cálculo de interferogramas. Posteriormente se aplica la técnica Persistent Scatterers Interferometry (PSI) usando el programa StaMPS, SNAP y StaMPS utilizan a la vez otras herramientas de uso libre como GDAL (Open Source

Geospatial Foundation), y algunos otros como auxiliares para ciertos cálculos. Los resultados de la interferometría fueron validados con base en los desplazamientos que se registran en estaciones GNSS permanentes (INEGI, 2021)

En el Mapa 30, se pueden observar las zonas de mayor hundimiento, donde INEGI reporta que hay 6.9 cm/año en el centro de la ciudad de Irapuato dentro del periodo de 1 de diciembre de 2016 al 19 de noviembre de 2019, teniendo una velocidad de hundimiento de V_h= -0.038 m/año, (INEGI, 2021).



Mapa 30: Distribución espacial y magnitud de la subsidencia en el periodo 2017-2019.

XII.2 Secciones geológicas y las grietas de tensión

La evolución del abatimiento del nivel freático del acuífero, el cual está catalogado como sobreexplotado, y el terreno sobre el cual se ha desarrollado la ciudad de Irapuato desde el punto de vista geológico es complicado ya que la columna estratigráfica ha demostrado una serie de materiales que varían de roca a medios granulares, como se muestran en las reportadas por GeoGrupo en 6 secciones geológicas identificadas de la A hasta la F, de las cuales se describen a continuación dos a manera de ejemplo, (GeoGrupo, 2018).

En la Figura 51, se presenta la sección A-A´, cuyo trazo va desde el Cerro de Arandas hacia la Ciudad Industrial; en ellas se observa la columna estratigráfica compuesta por Aluvión del Cuaternario, que es donde se reflejan las grietas; subyacente se identifica la Toba del Pleistoceno, y más profundo el Basalto y sedimentos. Los trazos de las fallas regionales y fallas locales se incluyen en la sección.

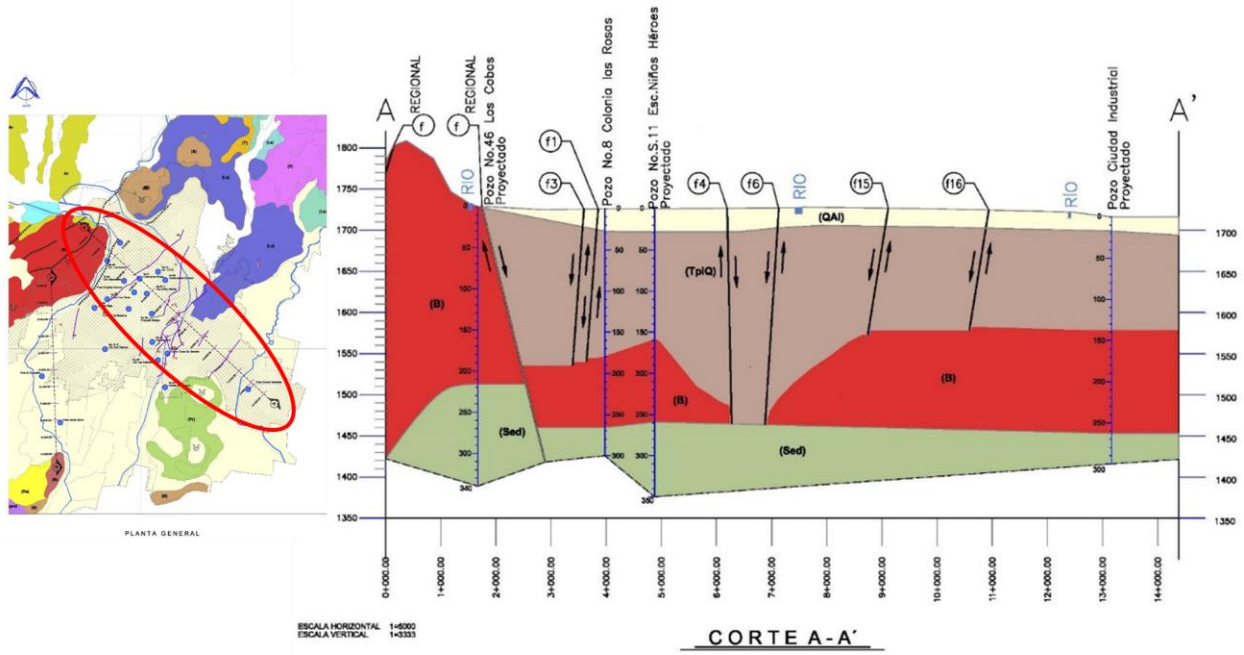


Figura 51: Sección A-A´ del estudio de la empresa GeoGrupo.
Fuente: (GeoGrupo, 2018).

En la Figura 52, se muestra la sección F-F´, ubicada al sur de la sección A-A´; en ésta, la columna estratigráfica muestra cambios, como la identificación de aluvión del cuaternario, Toba riolítica, Basalto y materiales granulares. Por otro lado, en esta zona del

municipio se ve el fracturamiento profundo que ha generado el escalonamiento de las unidades geológicas. El resto de las secciones se muestran pueden ser consultadas en el **Anexo 1.**

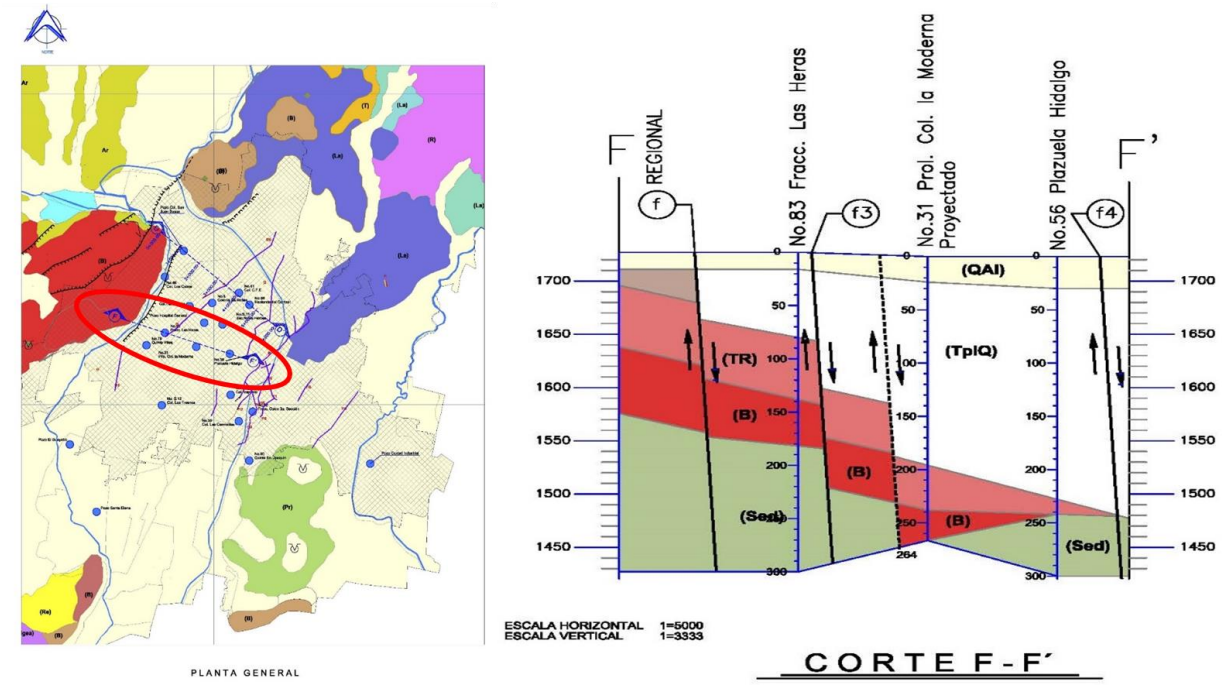


Figura 52: Sección F-F´ del estudio de la empresa GeoGrupo.
Fuente: (GeoGrupo, 2018).

Para la caracterización de la subsidencia se han identificado varios componentes, como es la estratigrafía, la geología estructural, los hundimientos reportados históricamente y los medidos por dependencias federales. Dentro del fenómeno de *subsidencia* se tienen etapas o fases de deformación del terreno, conforme se van dejando espacios vacíos o poros sin la presión del agua antes contenida, en los que se incrementará la deformación por flujo hidrodinámico; (Hunt, 2005) (Alvarez Manilla A. A., 1996), las cuales son:

- Fase 1: Hundimiento por abatimiento del nivel del agua.
- Fase 2: Generación de grietas de tensión.
- Fase 3: Crecimiento de grietas de tensión por sobreexplotación del acuífero.

En la Fase 1, el abatimiento de la superficie del agua genera un hundimiento al haber sido drenado un intervalo de la formación acuífera, (ver Figura 53); en el cuadro 1, se tiene la formación del acuífero con materiales granulares, el nivel estático del agua coincide con

la superficie del terreno, el basamento hidrogeológico no es plano, en el cuadro 2 ocurre la perforación de pozos para el aprovechamiento del agua subterránea con un caudal Q, lo que provoca el descenso del nivel estático, en el cuadro 3 el caudal de extracción es mayor a la recarga lo que ocasiona que esté generando el drenado del acuífero, teniendo así un almacenamiento negativo, por lo tanto la presión de poro disminuye y en el cuadro 4 se observa que el abatimiento y posición del nivel del agua generan que la presión sea menor, llegando así a la deformación del terreno en superficie, reflejando la forma del basamento.

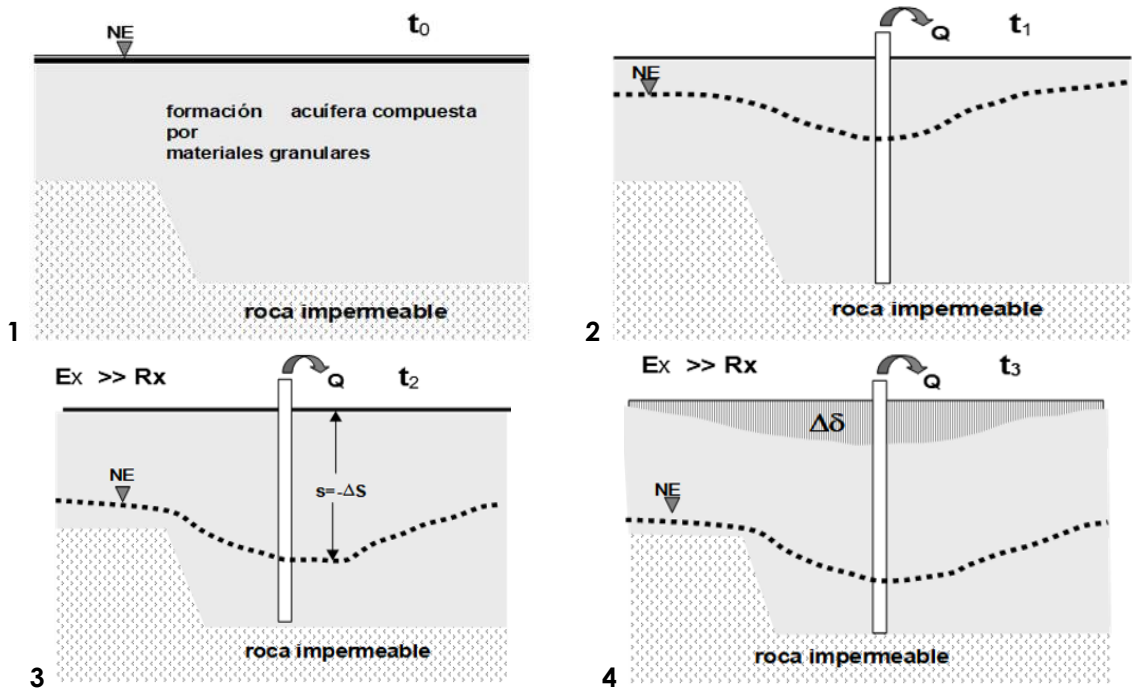


Figura 53: Fase 1: Hundimiento por abatimiento del nivel del agua.

Fuente: (Alvarez Manilla A. A., 1996).

El hundimiento genera esfuerzos de tensión que el suelo no resiste, generando las grietas de tensión, o Fase 2 (Figura 54); el asentamiento diferencial debido a la declinación del nivel estático y la topografía del basamento genera dichas grietas.

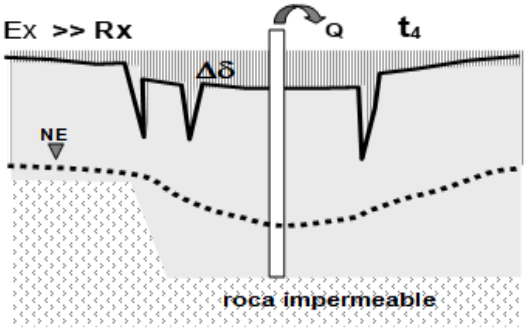


Figura 54: Fase 2: Generación de grietas de tensión.
Fuente: (Alvarez Manilla A. A., 1996).

Conforme la extracción sigue siendo mayor a la recarga, la pérdida de la presión neutra continua, apareciendo nuevas grietas de tensión, y las otras iniciales se azolvarán dando la impresión de que existe un escalón similar al salto de una falla; presentándose la Fase 3 (Figura 55).

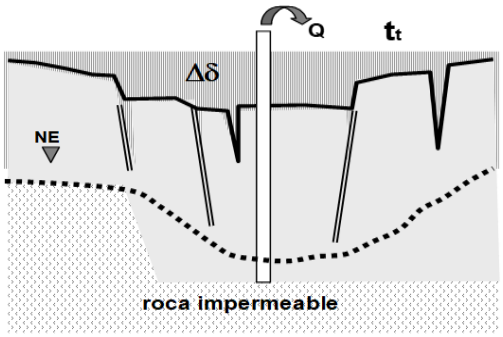


Figura 55: Fase 3: Crecimiento de grietas de tensión por sobreexplotación del acuífero.
Fuente: (Alvarez Manilla A. A., 1996).

Para el municipio de Irapuato, se considera que algunos de los alineamientos geológicos están en la Fase 1, otros en la Fase 2 y otras más en la Fase 3, esto debido al desplazamiento vertical reportado en estudios previos, así como en el presente documento.

XII.3 Análisis de datos del acuífero 2006 – 2023

El acuífero Irapuato-Valle se localiza en el extremo sur del estado de Guanajuato; a nivel de superficie cubre el municipio Pueblo Nuevo y casi en su totalidad a Salamanca, Irapuato, Valle de Santiago y Huanímaro, y en menores fracciones a los municipios de Yuriria, Jaral del Progreso, Villagrán, Santa Cruz de Juventino Rosas, Guanajuato, Dolores Hidalgo y San Miguel de Allende (Figura 56). Pertenece al Organismo de Cuenca VIII

"Lerma-Santiago-Pacífico", y se encuentra totalmente vedado y sujeto a las disposiciones de cuatro decretos de veda.

El sistema acuífero que presenta es de tipo libre-semiconfinado, heterogéneo y anisótropo con doble porosidad, conformado en su porción superior por un medio granular (depósitos aluviales, fluviales, lacustres y conglomerados), con espesor promedio menor a 100 m. Estructuralmente está controlado por la presencia de fallas que generan fosas en el subsuelo, en la porción inferior se identifica un medio fracturado alojado en rocas volcánicas (composición riolítica y basáltica).

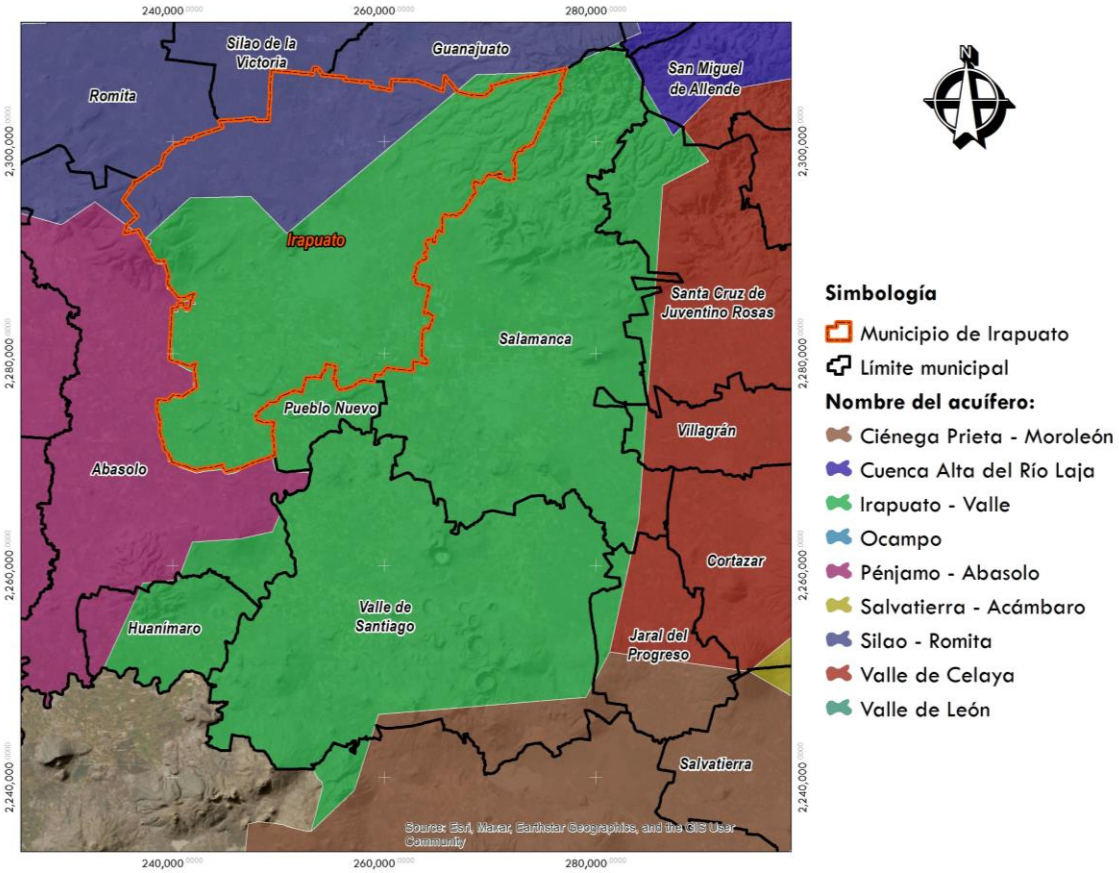


Figura 56: Localización del acuífero Irapuato-Valle.

Fuente: elaboración propia .

En el año 2000, se realizó una actualización del estudio hidrogeológico del acuífero con información piezométrica obtenida en abril del mismo año. En ese momento se reportaron un total de 2,348 pozos de aprovechamiento (1,969 activos), con un volumen de extracción de 645 Mm^3/año y una profundidad promedio del nivel estático que oscilaba

de 60 a 100 metros con un abatimiento promedio de 3.3 metros al año en el territorio municipal de Irapuato. De acuerdo con el balance hidráulico, el cual considera las variables de entradas por flujo subterráneo, infiltración vertical, extracción por bombeo y salidas subterráneas, el acuífero presentaba un déficit de -255 Mm^3/año (CEAG, 2000).

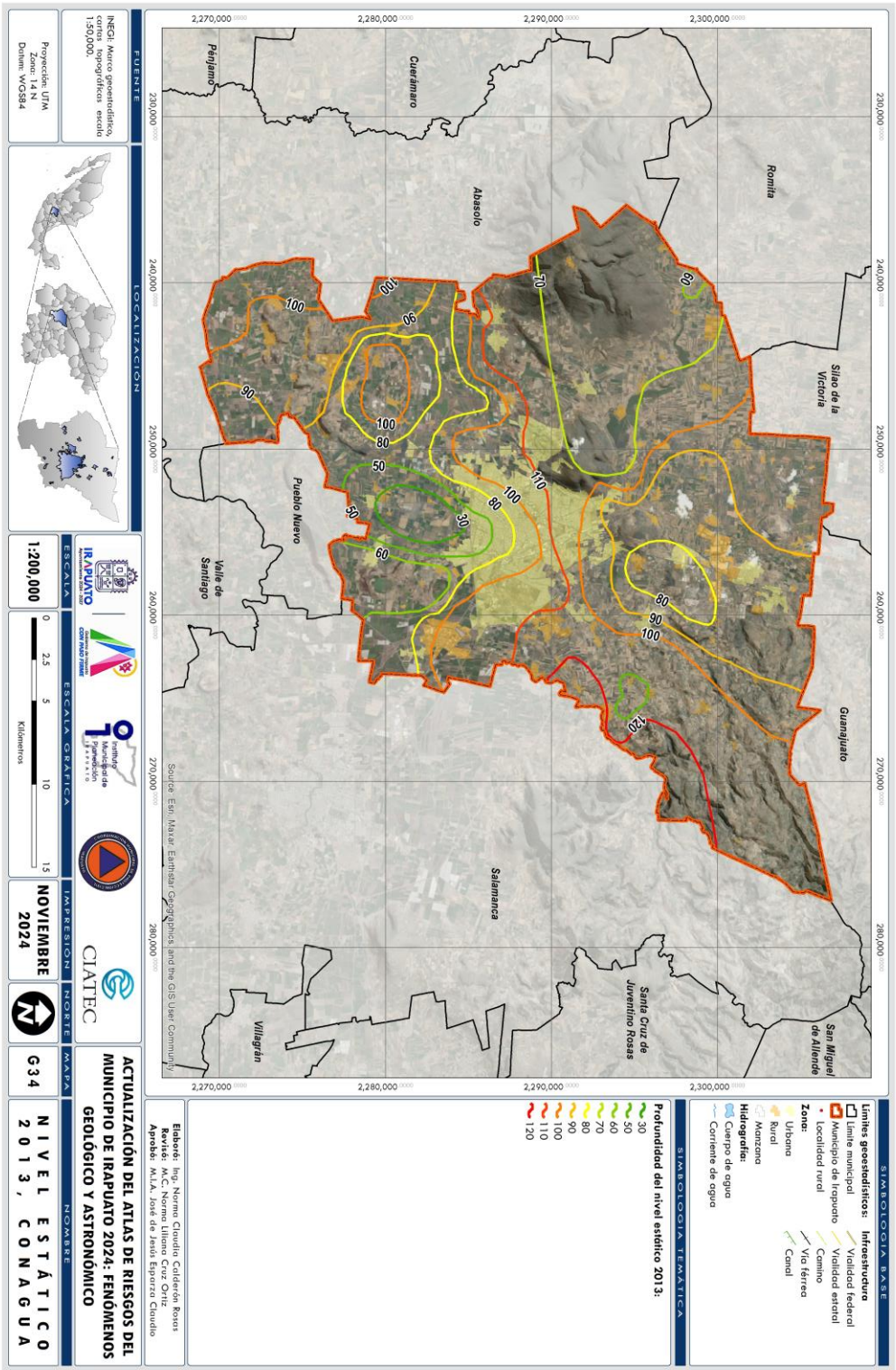
Para el año 2002, el nivel estático se reporta a una profundidad variable de 50 a 70 metros, con una tasa de abatimiento estimada en 3.5 metros al año (CONAGUA, 2002). El cálculo de la disponibilidad de agua subterránea refleja un valor de -299,385,692 Mm^3/año con lo cual se refleja una ligera recuperación respecto al valor emitido para el año 2000. En el 2009 se publicó una actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea, en la que se emite un valor de -226,156,921 Mm^3/año para el acuífero Irapuato-Valle remarcando la recuperación de la disponibilidad (CONAGUA, 2009).

El análisis más reciente de la disponibilidad media anual de agua subterránea corresponde al 2024 (con información del 2013 para el nivel estático), en el que se reporta un déficit de 60,148,468 Mm^3 anuales (CONAGUA, 2024) disminuyendo el déficit considerablemente desde el último dato presentado, abriendo la posibilidad de otorgar permisos para extracción. El dato de déficit en particular representa por sí mismo un indicador de la constante problemática que representa el abatimiento del nivel estático del acuífero, resultando en la activación de mecanismo de subsidencia, cuyo reflejo en la superficie es fácilmente identificable mediante trazos de hundimiento regional y alineamientos geológicos específicos de fallas y agrietamientos que exponen una amenaza a la población.

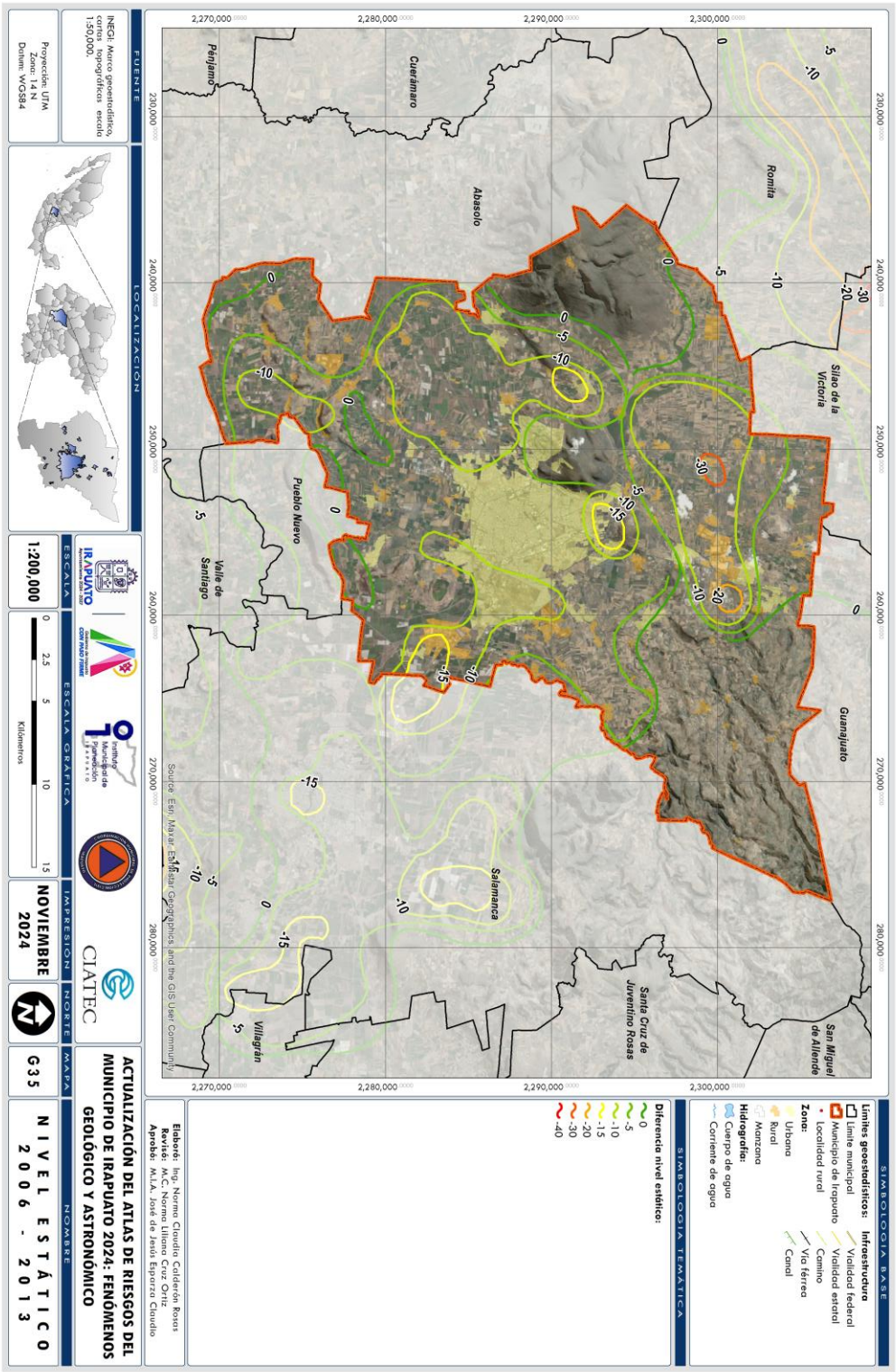
En el Mapa 31, se pueden observar las curvas de la profundidad del nivel estático en el año 2013, configuración que muestra valores que van desde 30 hasta 120 metros de profundidad, marcando zonas de abatimiento en las inmediaciones de la comunidad San Nicolás Temascatío (máxima de 120 metros) al noreste de la zona urbana; otro punto de interés es la zona urbana donde se tienen valores de 40 a 100 metros, extendiéndose hacia Cuchicuato y Munguía hacia la salida a Abasolo.

De forma particular, el Mapa 32 expresa le evolución del nivel estático para el periodo 2006 a 2013, en el cual se aprecia que una tendencia general de abatimiento del orden de 5 a 15 metros (de 1.0 a 1.5 m/año en promedio). Visto desde la planta, los mayores abatimientos se localizan en la zona norponiente del territorio municipal, desde los límites de la ciudad de Irapuato (carretera 45, en dirección a Silao), hasta la zona poniente (comunidades San Diego del Rosal y La Caja), en donde el desarrollo de actividad agrícola

se mantiene vigente. En colindancia con Salamanca, la zona de Ciudad Industrial Irapuato y la comunidad de San Antonio Chico (sureste del municipio), también presentan un área de abatimiento que oscila en los 15 metros. Dentro de la ciudad de Irapuato cruzan curvas con abatimiento de -10 metros en la zona de la XII Región Militar y en la porción sur poniente, las curvas de -5 metros está en la parte baja del Cerro de Arandas.



Mapa 31: Piezometría del nivel estático, año 2013.

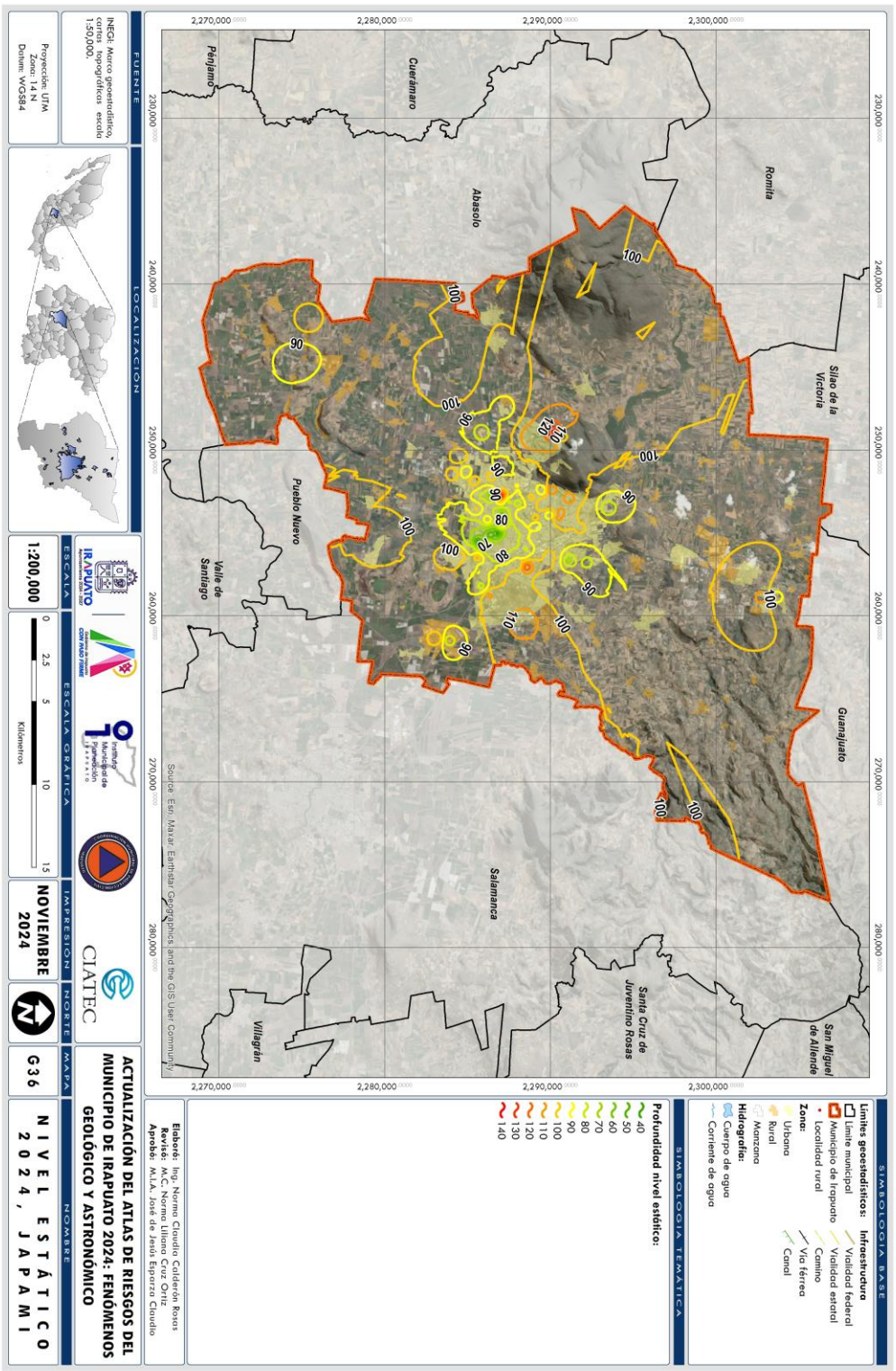


Mapa 32: Evolución del nivel estático, periodo 2006-2013.

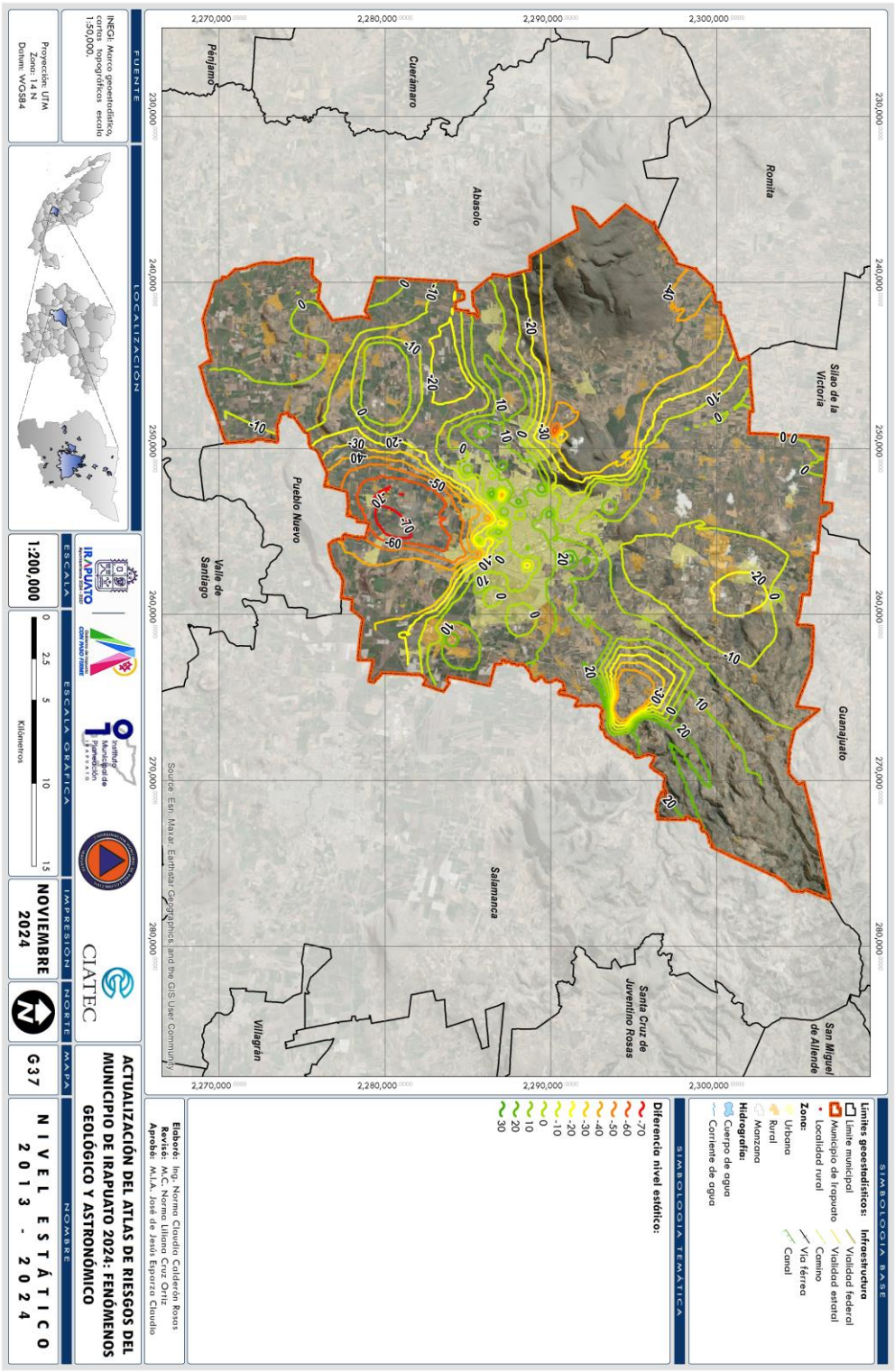
La zona geotécnica del valle presenta abatimientos promedio de 5 a 10 metros, cuyos gradientes hidráulicos de la zona centro-poniente coinciden con la orientación del sistema de alineamientos de fallas geológicas asociados a la subsidencia. La zona norponiente (zona geotécnica rocosa), reporta valores nulos de abatimiento o máximos de 5 metros, posiblemente asociado a la escasa existencia de pozos de aprovechamiento en esa zona.

Con la información proporcionada por la Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Irapuato (JAPAMI), se realizó la configuración de las curvas de profundidad del nivel estático del año 2024, los datos proporcionados corresponden a pozos que en su mayoría se localizan dentro de la zona urbana, lo cual ayudará a entender el comportamiento respecto a los hundimientos reportados y su evolución. En el Mapa 33, se muestran puntos con valores de -140 metros, los cuales ya son 20 metros más profundos respecto a la configuración del 2013, los puntos de mayor profundidad es Aldama (-110 metros), colonia Las Malvas (-110 metros), colonia Plan Guanajuato (-120 metros), colonia 24 de abril (-120 metros), norte de Villas de Irapuato (-140 metros), colonia San Miguelito – La Valencianita (-140 metros), colonia Bernardo Cobos – Vasco de Quiroga (-140 metros).

Para un análisis actualizado, con base en la piezometría del nivel estático del acuífero emitidos por JAPAMI (2024), es posible evaluar la evolución del acuífero en la última década. Con este objetivo en el Mapa 34 se presenta, de forma gráfica, la evolución del nivel estático del acuífero para el periodo 2013 a 2024, contrastando las piezometrías reportadas por CONAGUA y JAPAMI (CONAGUA, 2024), (JAPAMI, 2024). En el análisis de este periodo, se estima un abatimiento de hasta 70 metros en las áreas de mayor reducción del nivel estático. Sin embargo, también se identifican áreas en las que el nivel estático ha desarrollado una aparente recuperación de hasta 20 metros, por lo que en su conjunto se estima una tasa promedio de abatimiento de 3.5 m/año en el territorio municipal.



Mapa 33: Piezometría del Nivel estático, año 2024.



Mapa 34: Evolución del nivel estático, periodo 2013-2024.

Los mayores conos de abatimiento del acuífero para este periodo se registran en la parte sur del municipio en la zona agrícola entre San Roque y Tomelópez, donde se delimita una disminución del nivel estático de hasta 70 metros. En la zona periurbana de la ciudad de Irapuato, en específico al norte del Fraccionamiento Villas de Irapuato, se localiza un segundo cono de abatimiento de hasta 60 metros, entre las colindancias del fraccionamiento y la zona agrícola. Un tercer cono de abatimiento de hasta 40 metros de se establece en la zona nororiente del territorio municipal, entre las comunidades de San Nicolás Temascatío, Purísima y Adjuntas.

En cuanto a la zona urbana, en la ciudad de Irapuato se han estimado abatimientos máximos de 40 metros, en un par de conos conformados bajo el Centro GTO Social Benito Juárez y la colonia Nuevo México, manteniendo esta tendencia hacia el sur de la ciudad sobre la periferia hacia la central de abastos, donde continúa hasta concentrase con el mayor abatimiento de la zona agrícola. En cuanto a la extensión del valle que conforma la ciudad, el abatimiento oscila en niveles suaves de hasta 10 metros (lo que representa 1 m/año), pero en una gran porción del territorio de la ciudad se establece un aparente equilibrio del nivel estático para el lapso evaluado.

En la Tabla 49, se muestra el resumen de los datos relativos a la evolución del acuífero Irapuato-Valle, destacándose que la disponibilidad media anual ha tenido una recuperación en las últimas dos décadas.

Tabla 49: Evolución del nivel estático del acuífero Valle de Irapuato.

Dependencia	Año evaluado	Nivel estático	Abatimiento (m/año)	Disponibilidad Mm3/año	Referencia
CEAG	2000	60 a 100	-3.3	-255.00	(CEAG, 2000)
CONAGUA	2002	50 a 70	-3.5	-229.39	(CONAGUA, 2002)
	2008	-	-	-226.16	(CONAGUA, 2009)
	2013	20 a 140	-1.5	-60.15	(CONAGUA, 2024)

Fuente: elaboración propia.

XII.4 Asignación de nomenclatura para las fallas

Dadas las variaciones en los nombres asignados a las fallas a lo largo de los años, se solicitó una reunión de trabajo con las dependencias que usan la información de las mismas (para dar seguimiento a las afectaciones, trazos y servicios básicos, ver Figura 57), con el objetivo

de estandarizar los nombres y sus ubicaciones, descartando nombres de empresas, centros educativos y/o programas sociales.

Figura 57: Reunión de trabajo para asignación de nombres a fallas geológicas.

A lo largo de los años, y con la realización de estudios especializados, los alineamientos geológicos fueron nombrados conforme su identificación en campo; en el año 2010 se realizó un estudio por parte de la Junta de Agua y Alcantarillado del Municipio de Irapuato (JAPAMI), y en 2014 se realizó otro estudio para el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN), obteniendo diferentes nombres o asociando grietas a otras; es por ello que para la realización del presente estudio, se llevó a cabo una reunión para definir los nombres actualizados para cada una de las fallas.

En la Tabla 50, se hace la comparativa de los estudios previos y se indica el nombre definido para cada uno; cabe mencionar que se eligieron nombres de colonias, de inicio a fin de cada grieta, siguiendo un orden de norte a sur y de oeste a este.

Tabla 50: Nombres de las fallas y su actualización.

No.	Fallas 2010**	Fallas 2014*	Fallas 2024
1	---	CINVESTAV	Las Torres
2	---	Cotero	Cotero
3	Deportiva Sur	---	Deportiva Sur
4	---	El Nido	El Nido
5	Jacarandas	Reforma	Reforma
6	Floresta	Floresta	Floresta - Colón
		Colón	
7	Fresas	Jardines de la Hacienda	Jardines de la Hacienda
8	San Isidro	Las Huertas	Las Huertas

No.	Fallas 2010**	Fallas 2014*	Fallas 2024
9	Parque Hidalgo	Hacienda La Virgen	Morelos – Hacienda la Virgen
		Morelos	
10	Los Olivos	Los Olivos	Los Olivos
11	Puente de Guadalupe	Puente de Guadalupe	Apatzingán - Puente de Guadalupe
	La Esperanza		
12	---	PRONASOL	24 de abril
13	Pradera	Pradera	La Pradera
14	Plan Vivirá	Plan Vivirá	San Francisco de la Charca
15	Plan Guanajuato	UPI	Plan Guanajuato - Carrizalito
16	Parque Hidalgo	Parque Hidalgo	Zona Hab Militar - Morelos
		Morelos	
17	Téllez (BIMBO)	García Téllez	Las Fuentes – García Téllez
18	Trébol	Rancho Grande	Rancho Grande
19	Puente de Guadalupe	Valle del Sol	Valle del Sol

Fuente: * (Trujillo-Candelaria, 2010), ** (LICCSA, 2014).

En el Mapa 35, se muestran las fallas renombradas, con su ubicación dentro de la zona urbana, además de una zona de amortiguamiento (línea punteada) con la orientación hacia donde se prevé pueda generarse una extensión en ambos extremos de las fallas geológicas.

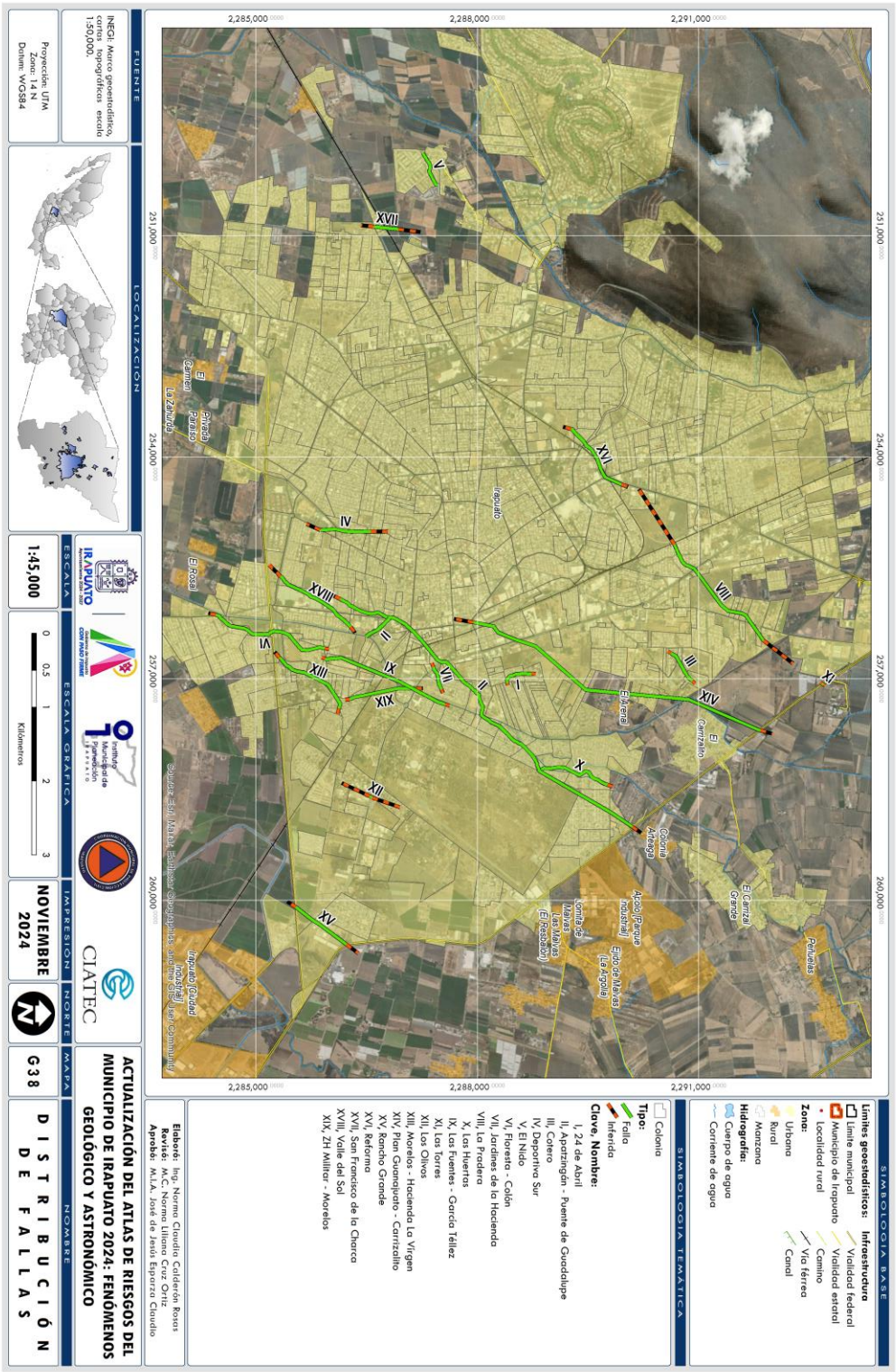
En la Tabla 51, se muestran las longitudes de cada una de las fallas, con un total de 30 kilómetros de alineamientos geológicos, distribuidos en las 19 estructuras geológicas, siendo la falla Las Torres la menor con 79 metros, y la falla Apatzingán - Puente de Guadalupe la más extensa con 5,951 metros.

Tabla 51: Fallas y longitud.

No.	Fallas	Longitud (m)
1	24 de abril	501.75
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	5,951.53
3	Cotero	585.01
4	Deportiva Sur	1,121.89
5	El Nido	504.04
6	Floresta - Colón	1,843.07
7	Jardines de la Hacienda	442.45
8	La Pradera	3,245.20
9	Las Fuentes – García Téllez	1,879.56
10	Las Huertas	1,115.43
11	Las Torres	79.24

No.	Fallas	Longitud (m)
12	Los Olivos	851.68
13	Morelos – Hacienda La Virgen	1,320.03
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	4,722.62
15	Rancho Grande	1,192.37
16	Reforma	1,267.01
17	San Francisco de la Charca	812.30
18	Valle del Sol	1,521.25
19	Zona Hab Militar - Morelos	1,070.28
Total		**30,026.71**

Fuente: elaboración propia.


SIMBOLOGÍA BASE
Límites geoestadísticos:
Límite municipal
Municipio de Irapuato
Localidad rural
Zona:
Urbana
Rural
Manzana
Hidrografía:
Cuerpo de agua
Corriente de agua
Infraestructura
Vialidad federal
Vialidad estatal
Camino
Vía férrea
Canal
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA
Colonia
Tipo:
Falla
Inferida
Clave, Nombre:
I, 24 de Abril
II, Aportingán - Puente de Guadalupe
III, Cotero
IV, Deportivo Sur
V, El Nido
VI, Floresta - Colón
VII, Jardines de la Hacienda
VIII, La Pradera
IX, Las Huertas
X, Las Fuentes - García Téllez
XI, Las Torres
XII, Los Olivos
XIII, Morelos - Hacienda La Virgen
XIV, Plan Guanajuato - Carrizalito
XV, Rancho Grande
XVI, Reforma
XVII, San Francisco de la Charca
XVIII, Valle del Sol
XIX, ZH Militar - Morelos
Elaboró: Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Revisó: M.C. Norma Lilianna Cruz Ortiz
Aprobó: M.I.A. José de Jesús Esparza Claudio
ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO 2024: FENÓMENOS GEOLÓGICO Y ASTRONÓMICO
NOMBRE
DISTRIBUCIÓN DE FALLAS
MAPA
G38
NORTE
IMPRESIÓN
NOVIEMBRE 2024
ESCALA GRÁFICA
0 0.5 1 2 3
Kilómetros
ESCALA
1:45,000
LOCALIZACIÓN
FUENTE
INEGI: Marco geoestadístico, cartas topográficas escala 1:50,000.
Proyección: UTM
Zona: 14 N
Datum: WGS84
2,285,000
2,288,000
2,291,000
251,000
254,000
257,000
260,000
Irapuato
El Carrizalito
El Carrizal Grande
Arteaga
Pedrotes
Malvas (El Resbalón)
Lomita de Malvas (Las Malvas)
Ejido de Malvas (La Agosle)
Parque Industrial
Irapuato (Ciudad)
Irapuato Base Community
Salitrillo
Salitrillo Base Community
Salitrillo Base Community
Salitrillo Base Community

XII.5 Trabajo de campo

Los recorridos dentro del municipio de Irapuato se comenzaron tomando como base los estudios previos sobre los agrietamientos y fallas geológicas reportadas, nombrando algunas de ellas con los títulos de los estudios del 2010 y 2014. En la Tabla 52, se muestran los puntos de verificación en cada falla; el listado completo se muestra en el **Anexo 1**. Las evidencias se muestran desde la Figura 58 a la Figura 78, donde se puede identificar las afectaciones presentes en la infraestructura urbana construida (viviendas, vialidades), así como los distintos sistemas expuestos.

Tabla 52: Puntos de verificación de subsidencia y fallas geológicas.

No.	Falla	Puntos de campo
1	24 de abril	5
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	22
3	Cotero	2
4	Deportiva Sur	5
5	El Nido	1
6	Floresta - Colón	8
7	Jardines de la Hacienda	5
8	La Pradera	11
9	Las Fuentes - García Téllez	6
10	Las Huertas	15
11	Las Torres	1
12	Los Olivos	3
13	Morelos - Hacienda la Virgen	7
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	9
15	Rancho Grande	4
16	Reforma	8
17	San Francisco la Charca	2
18	Valle del Sol	5
19	ZH Militar - Morelos	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 58: Falla 24 de Abril

Figura 59: Falla Apatzingán - Puente de Guadalupe.

Figura 60: Falla Las Huertas.

Figura 61: Falla Reforma.

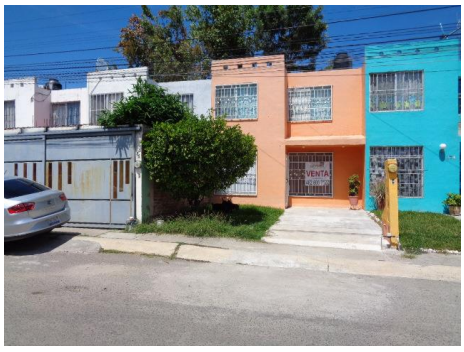


Figura 62: Falla Cotero.

Figura 63: Falla Deportiva Sur.

Figura 64: Falla El Nido

Figura 65: Falla Floresta - Colón.

Figura 66: Falla Jardines de la Hacienda.

Figura 67: Falla La Pradera.

Figura 68: Falla Las Fuentes - García Téllez.

Figura 69: Falla Las Huertas.

Figura 70: Falla Las Torres

Figura 71: Falla Los Olivos

Figura 72: Falla Morelos - Hacienda la Virgen.

Figura 73: Falla Plan Guanajuato - Carrizalito.

Figura 74: Autopista, Falla Rancho Grande.

Figura 75: Falla Reforma

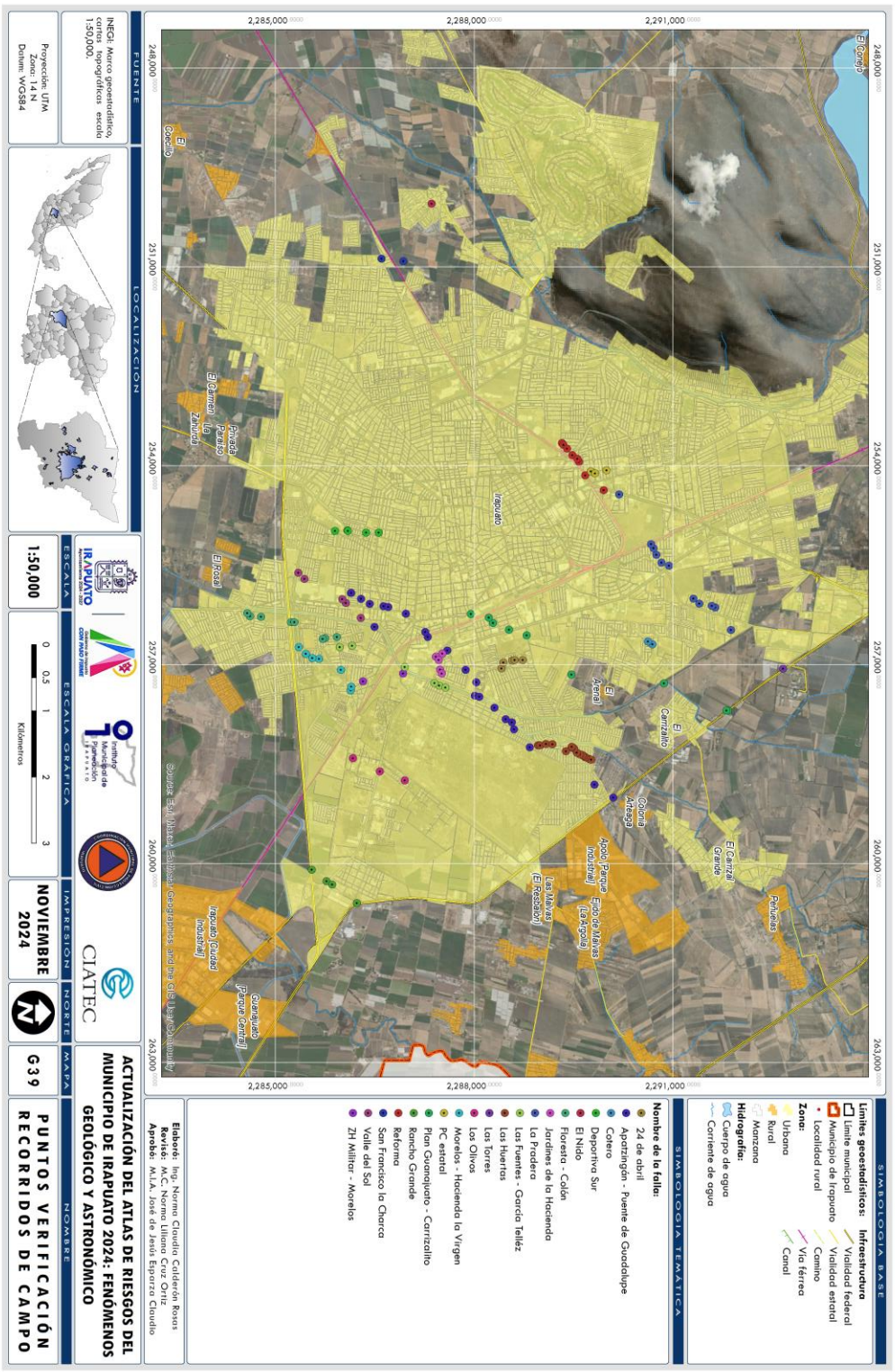
Figura 76: Falla San Francisco la Charca.

Figura 77: Falla Valle del Sol.

Figura 78: Falla Zona Habitacional Militar - Morelos.

Fuente: Elaboración propia.

En el Mapa 36, se observa la localización de la totalidad de puntos evaluados en el territorio municipal; su distribución es un poco más amplia que en estudios previos derivado del crecimiento de las mismas, y en los recorridos de campo en colaboración con Protección Civil municipal se revisaron y recorrieron zonas que tenían reporte, identificándose algunos puntos como extensiones de algunos trazos preexistentes.



Mapa 36: Puntos de verificación de los recorridos de campo de fallas.

XII.6 Susceptibilidad

Con base en los antecedentes de subsidencia reportados por instituciones municipales, estatales y federales, además del análisis de la información recabada por estudios previos, las observaciones puntuales encontradas en los recorridos de campo, las fichas de evaluación de la susceptibilidad por subsidencia y las observaciones emitidas por los actores sociales en el taller participativo, se establece el nivel de susceptibilidad del componente de hundimiento regional para el territorio municipal de Irapuato. Esta clasificación se emite en función del alcance en la población y particularmente en la infraestructura que las manifestaciones de la subsidencia han logrado afectar en el pasado o aquellas en las que es susceptible que suceda en el corto y mediano plazo.

La Tabla 53, corresponde a la matriz de cálculo de susceptibilidad propuesta para el presente documento a partir de los efectos y evidencias de la componente geológica que representa el hundimiento regional en el territorio municipal. Se considera además la zonificación geotécnica emitida en 2013, lo que en conjunto se contrasta con las estimaciones de hundimientos promedio anuales.

La matriz propuesta (Tabla 53), se basa en el hundimiento reportado por el INEGI con un valor de hundimiento V_h= -6.9 cm/año en el centro de la ciudad de Irapuato (INEGI, 2021), además de la relación que guarda con la zonificación geotécnica. Aunque las manifestaciones son reportadas principalmente en la zona de valle, no se descarta que en la zona rocosa se puedan manifestar desplazamientos verticales. Respecto a los rangos de desplazamiento vertical, estos se consideran en centímetros por año.

En el análisis matricial, el incremento en los valores del desplazamiento vertical no se considera una progresión lineal, ya que se entiende que una vez que comienza el hundimiento (asentamientos diferenciales visibles en los estratos superficiales), este no se detendrá o disminuirá hasta que se logre de nuevo un equilibrio en el subsuelo. Se considera el mínimo nivel de intensidad cuando el hundimiento no supera 0.5 centímetros y que incluso puede ser imperceptible al ojo humano y no refleja afectaciones en muros y losas.

El siguiente nivel ya es más notorio (0.6 a 1.0 cm), al punto de manifestarse problemas como que las puertas se atoren durante el movimiento de apertura-cierre. El tercer nivel ya es considerable (hundimiento de 1 a 3 centímetros), presentando ruptura de muros con fisuras o grietas entre bloques. Se considera el cuarto rango con movimientos verticales de 3 a 5

centímetros, el cual ya no pasa desapercibido. Finalmente, el mayor rango se establece para hundimientos mayor a 5.0 centímetros, en donde los daños son no solo evidentes, sino que son visibles fallas estructurales muros y losas.

Tabla 53: Matriz de cálculo de susceptibilidad por hundimientos regionales.

Zonificación geotécnica	Desplazamiento vertical (cm/año)				
	0 – 0.5	0.6 – 1.0	1.1 – 3.0	3.1 – 5.0	> 5
Valle	Peligro Muy Bajo	Peligro Bajo	Peligro Medio	Peligro Alto	Peligro Muy Alto
Rocosa	Peligro Bajo	Peligro Medio	Peligro Alto	Peligro Muy Alto	Peligro Muy Alto

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 54, se define la descripción conceptual de la intensidad de la susceptibilidad que representan los cinco niveles considerados en el análisis matricial (Muy Bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy Alto), considerando la configuración geotécnica el municipio de Irapuato, las principales morfologías donde se ha desarrollado la ciudad y los datos recabados durante los trabajos de campo. Sin embargo, debe hacerse notar que la dinámica cambiante de la población y la sobreexplotación del acuífero contribuirán a que zonas del territorio donde hoy no se espera que sucedan eventos derivados de esta componente geológica, puedan manifestarse en el corto o mediano plazo.

Tabla 54: Definición del grado de susceptibilidad por hundimientos.

Nivel de susceptibilidad	Alcance en la población e infraestructura
Muy Bajo	El rango de hundimiento promedio es de 0 a 0.5 centímetros (no perceptible al ojo humano). En generales se presenta en toda la extensión de la zona geotécnica del valle, pero puede presentarse también en la zona rocosa; en particular en las zonas de transición de laderas a valle. Los daños pueden ser variables (pequeñas ondulaciones en losas o agrietamientos con espesor menor a 0.5 mm en aristas de vanos de puertas y ventanas).
Bajo	El rango de hundimiento promedio oscila de 0.6 a 1.0 centímetros. En la zona geotécnica rocosa los daños pueden ser leves, hasta el punto de ser imperceptibles. En la zona geotécnica del valle, los daños son visibles, pero menores (no comprometen la estabilidad estructural de losas o azoteas). Las manifestaciones más comunes corresponden al rompimiento de la carpeta asfáltica de pavimentos en vialidades, separaciones de bardas colindantes y agrietamientos de espesor máximo de 1 mm en muros de viviendas.
Medio	El rango de hundimiento promedio es de 1.1 a 3.0 centímetros. Los daños son visibles y obligan a realizar reparaciones menores de forma constante (cada dos o tres años), tanto en ambas zonas geotécnicas. La zona del valle (énfasis en las áreas urbanas), será donde se presenten la mayor parte de las afectaciones, las cuales se pueden amplificar en función de los gradientes hidráulicos del nivel estático del acuífero. Las manifestaciones más comunes corresponden a

Nivel de susceptibilidad	Alcance en la población e infraestructura
	desniveles en pisos y losas de azotea y entrepiso, además de fracturas en muros de tabique dentro de viviendas, rupturas de carpeta y estructura de pavimentos (concreto asfáltico e hidráulico), en vialidades, además de posibles afectaciones a la infraestructura de servicios instalada en el subsuelo (drenaje sanitario y pluvial, agua potable, etc.).
Alto	El rango de hundimiento promedio es de 3.1 a 5.0 centímetros. En la zona geotécnica rocosa los daños pueden propiciar la inestabilidad estructural de las viviendas y/o colapso de partes de las fachadas, pudiendo llegar a ser inhabitables bajo criterios de seguridad estructural. En la zona geotécnica del valle los daños son considerables, al grado de presentarse agrietamiento de muros de más de 1 cm de espesor y desniveles pronunciados en losas que revelen fracturas, además de ruptura de tuberías de drenaje y agua potable; dando como resultado la posibilidad de que las viviendas sean inhabitables en términos de seguridad.
Muy Alto	El rango de hundimiento promedio es mayor a 5.0 centímetros. Los daños estructurales son severos y se presentan principalmente en la zona geotécnica del valle. Son visibles el colapso de infraestructura (edificaciones antiguas y recientes), ruptura de infraestructura de servicio localizada en el subsuelo, posible formación de socavones y escalonamientos verticales en vialidades.

Fuente: elaboración propia

Para conocer el desplazamiento vertical de cada una de las fallas identificadas en el municipio de Irapuato, se consideraron los estudios previos (realizados en el lapso de 2014 al 2018), en conjunto con mediciones realizadas durante los trabajos de campo. Cabe mencionar que se trató de medir en los mismos sitios de verificación de estudios previos, aunque esto no fue posible en todos los sitios, debido a que han sido diferentes empresas las responsables de levantar los datos y no en todas las fallas hay datos de todos los años. Otra generalidad fue que los desniveles identificados se consideraron en una temporalidad de 10 años para obtener el dato anual.

En la Tabla 55, se muestra el resultado del análisis histórico por cada una de las fallas; como se puede observar, hay sitios que no presentan desplazamiento como es El Nido, ya que tiene poco tiempo que se identificó, además de la construcción del Fraccionamiento Horizontes Residencial por lo que aún no se observa algún movimiento en la superficie. Otros de los sitios son Morelos – Hacienda la Virgen y Zona Habitacional Militar – Morelos, ya que se midieron valores parecidos entre 2014 y 2024. La Falla de Los Olivos es un caso interesante ya que en el año 2014 se midió un desnivel de 40 centímetros, y en el año 2024 de 15 centímetros; esto refleja un aparente valor positivo, sin embargo, revisando el tema histórico se dio a conocer que en años recientes se realizaron obras de mantenimiento en la vialidad (Blvd. Solidaridad) y es por ello que las manifestaciones actuales son menores.

Tabla 55: Desplazamiento vertical en centímetros por año de cada falla.

No.	Fallas	Diferencia anual (cm)
1	24 de abril	-9.0
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	-10.0
3	Cotero	-1.6
4	Deportiva Sur	-2.0
5	El Nido	0.0
6	Floresta - Colón	-0.3
7	Jardines de la Hacienda	-2.0
8	La Pradera	-5.0
9	Las Fuentes – García Téllez	-4.0
10	Las Huertas	-2.2
11	Las Torres	-1.0
12	Los Olivos	2.5
13	Morelos – Hacienda la Virgen	0.0
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	-3.0
15	Rancho Grande	-3.0
16	Reforma	-3.0
17	San Francisco de la Charca	-2.0
18	Valle del Sol	-4.2
19	Zona Habitacional Militar - Morelos	0.0

Fuente: elaboración propia

Aplicando la matriz de cálculo de susceptibilidad por hundimiento regional, se han estimado los niveles de susceptibilidad para los alineamientos geológicos asociados a las fallas ubicadas en el territorio municipal, los cuales se muestran en la Tabla 56. De las 19 fallas identificadas, se tiene que el nivel Muy Bajo representa el 26.3%, Bajo el 5.2%, Medio el 42.1%, Alto el 15.8% y Muy Alto el 10.5%, por lo que se establece que las fallas representan mayoritariamente un rango de susceptibilidad de Medio a Muy Alto. De esta forma, destacan las fallas identificadas como 24 de Abril, así como Apatzingán - Puente de Guadalupe.

Tabla 56: Resultados de la evaluación de susceptibilidad por hundimiento regional.

No.	Fallas	Susceptibilidad
1	24 de abril	Muy alto
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	Muy alto
3	Cotero	Medio
4	Deportiva Sur	Medio
5	El Nido	Muy bajo
6	Floresta - Colón	Muy bajo

No.	Fallas	Susceptibilidad
7	Jardines de la Hacienda	Medio
8	La Pradera	Alto
9	Las Fuentes – García Téllez	Alto
10	Las Huertas	Medio
11	Las Torres	Bajo
12	Los Olivos	Muy bajo
13	Morelos – Hacienda la Virgen	Muy bajo
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	Medio
15	Rancho Grande	Medio
16	Reforma	Medio
17	San Francisco de la Charca	Medio
18	Valle del Sol	Alto
19	Zona Habitacional Militar - Morelos	Muy bajo

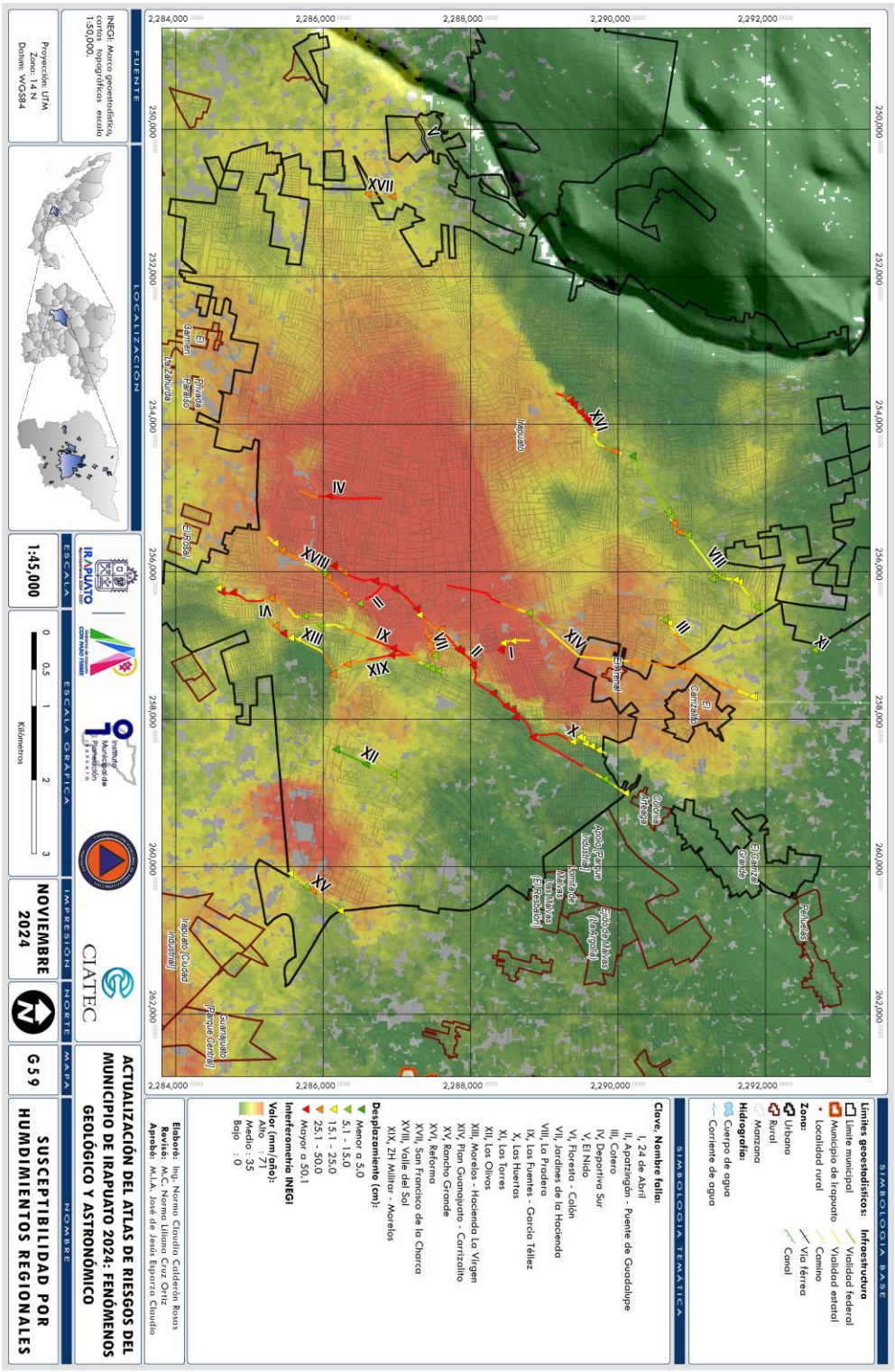
Fuente: Elaboración propia

En una descripción geoespacial del nivel de susceptibilidad que los fallamientos representan para el municipio de Irapuato, el Mapa 37 refleja la estimación de la susceptibilidad asociada a la componente geológica del hundimiento regional; en la cual se contrasta la velocidad promedio de hundimiento anual en la zona geotécnica de valle (INEGI, 2021), con un énfasis en los alineamientos de las grietas de tensión ubicados hacia el centro de la zona urbana de la ciudad de Irapuato. En este mapa se delimita claramente la estructura del graben asociado a la consolidación de los distintos estratos que conforman el acuífero Irapuato – Valle derivado de la sobreexplotación de las aguas subterráneas; cuya orientación coincide con los fallamientos identificados.

Destacan las fallas Apatzingán – Puente de Guadalupe y 24 de abril, a las cuales les corresponde el rango de valor Muy Alto; destacando además por la longitud total identificada de este alineamiento geológico. Se observa la continuidad de las fallas con menor grado de susceptibilidad hacia la fracción sureste de la zona urbana, en rangos de Bajo a Medio con una orientación relativamente similar. Sobresaliendo los fallamientos Las Fuentes – García Téllez y Morelos – Hacienda de la Virgen, que se orientan a manera de enjambre con relación a la falla Apatzingán – Puente de Guadalupe. Bajo esta visión, resulta pertinente que el seguimiento del monitoreo de los movimientos diferenciales considere asociaciones entre estas fallas, a efecto de complementar las acciones de mitigación de afectaciones mayores hacia la infraestructura existente.

Si bien no se han reportado grietas de tensión o fallamientos asociados a la subsidencia en el resto del territorio municipal, esto no elimina la posibilidad de que en el futuro se

presenten evidencias de desplazamientos en las zonas agrícolas. Una recomendación inicial responde a la tendencia general de la orientación de los fallamientos, mediante el cual es posible delimitar la posibilidad de manifestaciones futuras en áreas no urbanizadas. En particular, se debe prestar atención al régimen de extracción de agua del acuífero Irapuato-Valle, el cual puede inferir en la manifestación de hundimientos en la superficie.



Mapa 37: Mapa de susceptibilidad por hundimientos regionales.

XII.7 Vulnerabilidad

Las grietas en la superficie (asociadas a la subsidencia y los movimientos diferenciales resultantes de la compactación de materiales por la extracción masiva de agua subterránea de los acuíferos), generan una serie de daños en la infraestructura que no siempre son identificadas a tiempo y que, por ende, infieren costos elevados en concepto de reparaciones. La población es vulnerable ante tales efectos y es por ello que la cuantificación de los posibles daños se hace para establecer las consecuencias sociales.

XII.7.1.1 Sistemas expuestos identificados

La clasificación de los sistemas expuestos está definida por el CENAPRED, dentro de los cuales se contabilizan los siguientes temas:

- **Población**: total, con discapacidades, y vulnerable (< 6 años y > 60 años).
- **Viviendas**: total de viviendas y viviendas particulares habitadas.
- **Infraestructura estratégica**: establecimientos de salud públicos y privados, escuelas públicas y privadas, supermercados y minisúper, hospedajes, gasolineras, caminos rurales, red vial, líneas de transmisión eléctrica y líneas de ductos.

Con los trazos definidos geográficamente de cada una de las fallas, aun con sus zonas inferidas con potencial expansión de los alineamientos geológicos, se consideró una zona de amortiguamiento de 15 metros a cada lado del trazo principal de las fallas, dando un ancho de afectaciones/prevención de 30 metros; por lo que es dentro de esta franja que se contabilizar los sistemas expuestos para el municipio de Irapuato.

Se aclara que prevalece el valor de 60 metros de amplitud total para la zona de amortiguamiento de las afectaciones futuras para esta componente geológica (IMPLAN, 2013); como criterio preventivo del desarrollo de los alineamientos geológicos en función de las condiciones geohidrológicas del acuífero Irapuato Valle.

La Tabla 56, presenta un resumen de los sistemas expuestos para la totalidad de los fallamientos en los que se ha definido el nivel de susceptibilidad. En total se contabilizan 4,606 personas, de las cuales, las proporciones entre femenino y masculino es casi por la mitad; mientras que es muy marcada la mayor cantidad de menores de 14 años, 10 veces

más que de mayores de 65 años. Con respecto a población con alguna discapacidad, se contabiliza un total de 168 habitantes.

Tabla 57: Población expuesta en los trazos de las fallas.

Población	
4,606	
Femenino	**Masculino**
2,300	2,243
Menores de 14 años	**Más de 65 años**
3,061	318
Con alguna discapacidad	
168	

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 58, se muestra el total de las viviendas con posibles afectaciones en las colonias y/o zonas de las fallas geológicas, se contabilizaron 1,373, de las cuales el 85.5 % se encuentra habitada.

Tabla 58: Viviendas expuesta en los trazos de las fallas.

Viviendas	Cantidad
Totales	1,373
Habitadas	1,181
Particulares habitadas	1,175

Fuente: elaboración propia.

Para cada uno de los puntos de las fichas de campo se identificaron los tipos de vivienda de acuerdo a la clasificación dada por el INEGI. Como se muestra en la Tabla 59, para cada ficha se asignó un valor a cada vivienda y se obtuvo el promedio del costo por vivienda, con el cual se obtuvo un cálculo estimado del monto de la afectación máxima por hundimiento regional.

Tabla 59: Resultado de la evaluación de tipos de vivienda por fichas de campo de hundimientos regionales.

No.	Fallas	Tipo de vivienda
1	24 de abril	5
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	5
3	Cotero	5
4	Deportiva Sur	5
5	El Nido	5

No.	Fallas	Tipo de vivienda
6	Floresta - Colón	5
7	Jardines de la Hacienda	5
8	La Pradera	5
9	Las Fuentes – García Téllez	5
10	Las Huertas	5
11	Las Torres	5
12	Los Olivos	5
13	Morelos – Hacienda la Virgen	5
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	5
15	Rancho Grande	5
16	Reforma	5
17	San Francisco de la Charca	4
18	Valle del Sol	5
19	Zona Habitacional Militar - Morelos	5

Fuente: Elaboración propia

Una vez identificada la tipología, se calcularon los costos por afectación de estas. En general, predomina el tipo V, (techos y muros rígidos); en tanto que en algunas zonas se pueden identificar viviendas tipo IV, que son las que tienen muros rígidos y techos flexibles.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a las manifestaciones de este componente geológico son 1,373, en las que se considera un costo de afectaciones promedio de $450,000.00 M.N. por unidad; de acuerdo con el Anexo 9 del CENAPRED para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006). El monto total aproximado de posibles afectaciones es $617,850,000.00 M.N., el cual es un monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas. Respecto a los tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión y fibra óptica, se tiene un total de 397 metros en algún grado de vulnerabilidad (Tabla 60), siendo las torres de dos líneas de torres de acero las de mayor proporción con casi 46 %.

Tabla 60: Líneas de transmisión expuesta en los trazos de las fallas.

Línea de transmisión	Número de líneas	Longitud (m)
Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión	Dos líneas en torres de acero	182
Tanques de almacenamiento, conductos y líneas de transmisión	Una línea en torres de acero	114
Fibra óptica		101

Línea de transmisión	Número de líneas	Longitud (m)
Total		**397**

Fuente: elaboración propia.

Para los tanques de almacenamiento, se reportaron 30.67 metros de un conducto subterráneo en la zona de la Falla Rancho Grande (Tabla 61).

Tabla 61: Líneas de ductos expuestos en los trazos de las fallas.

Ducto	Número de líneas	Longitud (m)
Tanques de almacenamiento	Un conducto subterráneo	30.67

Fuente: elaboración propia.

Uno de los sistemas que mayores afectaciones presenta son las vialidades, de todas dimensiones reportadas (Tabla 62), las calles son las más afectables con 10 kilómetros, seguida de la ciclovía con 2.7 y las privadas con 1.1 kilómetros respectivamente; las vías férreas también presentan vulnerabilidad, mismas que no deben perderse de vista ya que el ferrocarril puede que trasporte material peligroso, convirtiéndose en un punto de incidencias. El total de vías de comunicación terrestre es de 14.2 kilómetros.

Tabla 62: Tipos de vialidades expuesta en los trazos de las fallas.

Tipo de vialidad	Sentido		Longitud (m)
	Dos sentidos	Un Sentido	
Andador	1	4	101.53
Avenida	25	1	719.41
Boulevard	24	2	637.53
Calle	342	42	10,780.66
Calzada	2	2	110.79
Carretera	4	1	243.02
Ciclovía			2,792.24
Circuito		7	357.11
Privada	29		1,152.38
Prolongación	5		111.65
Vías férreas			389.13
Total			**17,395.45**

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo al Tabulador de Costos Paramétricos para la Construcción y Modernización de la Infraestructura Carretera 2025, de la SCT de enero del 2025 (SCT, 2025) el costo promedio por kilómetro de vialidad es de aproximadamente 20 millones de pesos (considerando el promedio de anchura de las vialidades afectadas por esta componente), y de acuerdo a la tabla anterior, la longitud de las vialidades a reparar son 13.495 kilómetros sin considerar las vías férreas y la ciclovía; estimando así un total aproximado de $ 269,900,000.00 de pesos.

Además de la población y viviendas otro sistema expuesto importante es el comercio, ya que puede que sea el único ingreso económico de muchas familias, es por ello que con la información del DENUE del 2024 se obtuvo la Tabla 63, donde se reportan 247 unidades de comercios que van desde actividades legislativas, comercios al por mayor y menor, servicios especializados, etc. Entre los más abundantes se encuentra el comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, seguido de los servicios de preparación de alimentos y bebidas y servicios de reparación y mantenimiento.

Tabla 63: Comercios expuestos en los trazos de las fallas de Irapuato, Gto.

Comercios	Cantidad
Actividades legislativas, gubernamentales y de impartición de justicia	3
Asociaciones y organizaciones	3
Autotransporte de carga	1
Comercio al por mayor de camiones y de partes y refacciones nuevas para automóviles, camionetas y camiones	1
Comercio al por mayor de maquinaria, equipo y mobiliario para actividades agropecuarias, industriales, de servicios y comerciales, y de otra maquinaria y equipo de uso general	1
Comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho	7
Comercio al por mayor de productos farmacéuticos, de perfumería, artículos para el esparcimiento, electrodomésticos menores y aparatos de línea blanca	1
Comercio al por menor de abarrotes, alimentos, bebidas, hielo y tabaco	42
Comercio al por menor de artículos de ferretería, tlapalería y vidrios	7
Comercio al por menor de artículos de papelería, para el esparcimiento y otros artículos de uso personal	12
Comercio al por menor de artículos para el cuidado de la salud	7
Comercio al por menor de enseres domésticos, computadoras, artículos para la decoración de interiores y artículos usados	11
Comercio al por menor de productos textiles, bisutería, accesorios de vestir y calzado	3
Comercio al por menor de vehículos de motor, refacciones, combustibles y lubricantes	9
Comercio al por menor en tiendas de autoservicio y departamentales	4

Comercios	Cantidad
Edificación	2
Fabricación de maquinaria y equipo	1
Fabricación de muebles, colchones y persianas	3
Fabricación de prendas de vestir	1
Fabricación de productos metálicos	12
Fabricación de productos textiles, excepto prendas de vestir	1
Industria alimentaria	9
Industria de la madera	1
Industria del plástico y del hule	1
Industria química	1
Instituciones de intermediación crediticia y financiera no bursátil	6
Museos, sitios históricos, zoológicos y similares	1
Otras industrias manufactureras	1
Otras telecomunicaciones	2
Residencias de asistencia social y para el cuidado de la salud	1
Servicios de apoyo a los negocios	2
Servicios de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros servicios recreativos	4
Servicios de preparación de alimentos y bebidas	27
Servicios de reparación y mantenimiento	25
Servicios educativos	6
Servicios inmobiliarios	3
Servicios médicos de consulta externa y servicios relacionados	5
Servicios personales	11
Servicios profesionales, científicos y técnicos	7
Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril	2
Total	**247**

Fuente: elaboración propia.

XII.7.2 Matriz de vulnerabilidad

Una vez identificados los niveles de afectaciones en las áreas aledañas a los alineamientos de las fallas asociadas al hundimiento regional, además de la contabilización de la infraestructura y sistemas expuestos; en conjunto con los niveles de susceptibilidad medidos y observados en campo, se propone la matriz de cálculo de vulnerabilidad por hundimiento regional en el municipio de Irapuato (Tabla 64), en la que se contrasta el tipo de vivienda con los daños observados en distintas zonas de afectación por manifestaciones de las fallas. El tipo de daño definido en esta matriz considera las características físicas de los sistemas expuestos y la intensidad del hundimiento (definido en la matriz de susceptibilidad; con lo cual se alinea con los términos establecidos en la GCM-ANR (DOF, 2016).

Tabla 64: Matriz de cálculo de vulnerabilidad por hundimientos regionales en el municipio de Irapuato, Gto.

Tipo de daño	Clasificación de tipo de vivienda				
	V	IV	III	II	I
Incipiente	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Leve	Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
Moderado	Media	Media	Media	Alta	Muy Alta
Fuerte	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
Severo	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta

Fuente: elaboración propia.

Como resultado del análisis de la matriz de cálculo de vulnerabilidad se muestran los resultados en la Tabla 65, donde más de la mitad (57.9%) de las viviendas presentan una vulnerabilidad que oscila en los rangos de Alta a Muy Alta, 15.7% están el rango de vulnerabilidad Media y el resto en niveles Bajo y Muy Bajo (26.4%). Destaca por su importancia histórica, las fallas Reforma y Apatzingán – Puente de Guadalupe, en las que la vulnerabilidad se estima en el rango Muy Alto, y las manifestaciones están en la memoria colectiva de la población.

Considerando la vulnerabilidad desde la visión económica, se ha estimado una afectación global de $ 887,750,000.00 millones de pesos para vivienda y vialidades; monto económico que refleja la intensidad de las afectaciones hacia la infraestructura pública y privada.

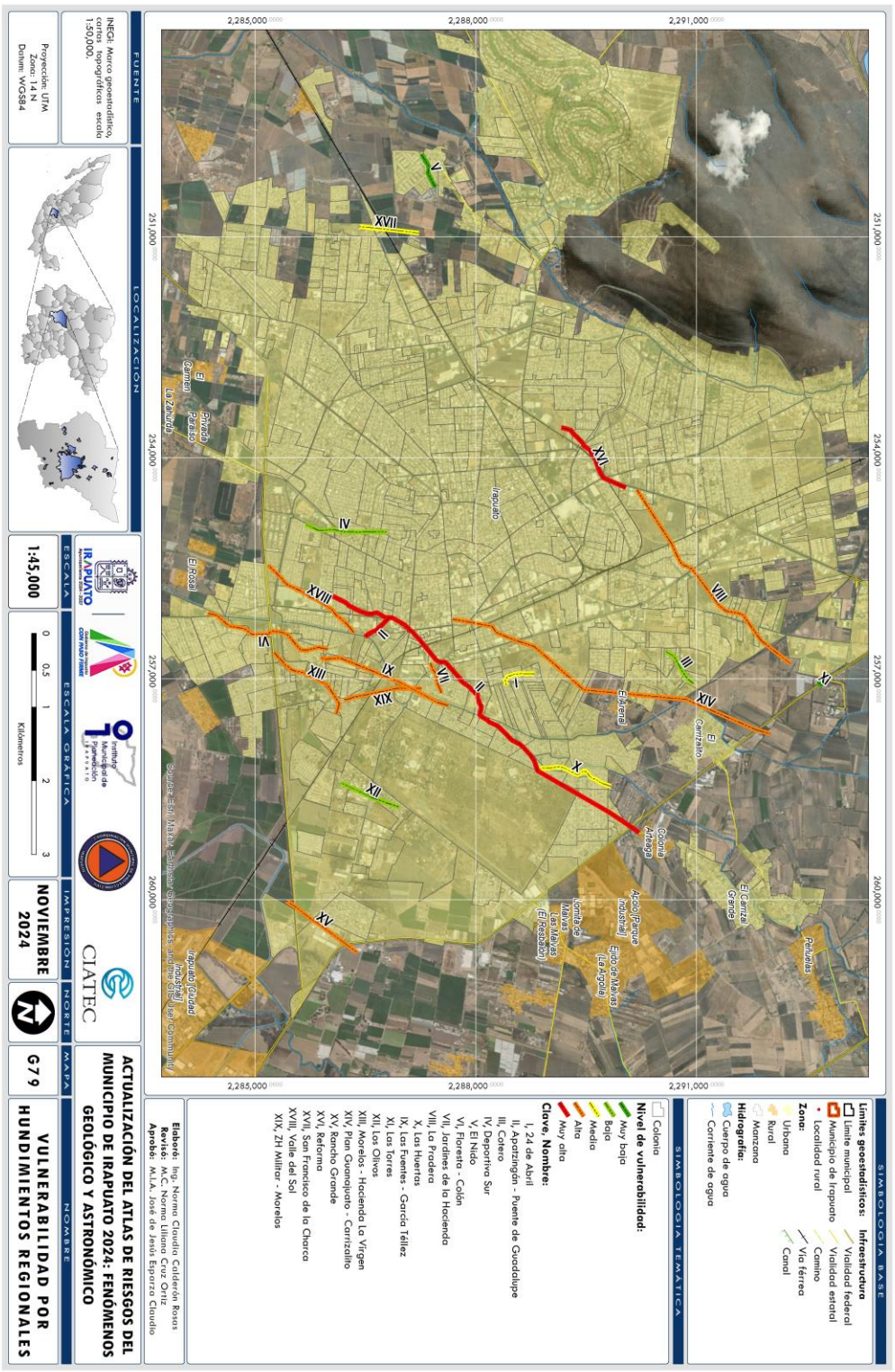
Tabla 65: Resultados de la evaluación de vulnerabilidad por hundimiento regional.

No.	Fallas	Vulnerabilidad
1	24 de abril	Media
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	Muy Alta
3	Cotero	Baja
4	Deportiva Sur	Baja
5	El Nido	Muy Baja
6	Floresta - Colón	Alta
7	Jardines de la Hacienda	Alta
8	La Pradera	Alta
9	Las Fuentes – García Téllez	Alta
10	Las Huertas	Media
11	Las Torres	Muy Baja
12	Los Olivos	Baja
13	Morelos – Hacienda la Virgen	Alta
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	Alta
15	Rancho Grande	Alta

No.	Fallas	Vulnerabilidad
16	Reforma	Muy Alta
17	San Francisco de la Charca	Media
18	Valle del Sol	Alta
19	Zona Habitacional Militar - Morelos	Alta

Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 38, es posible evaluar de forma geoespacial la distribución de la vulnerabilidad asociada al hundimiento regional en la ciudad de Irapuato. El tipo de vivienda existente se mantendrá en las áreas ya construidas, sin embargo, la tónica del efecto de la subsidencia en la superficie implica la continuidad de los movimientos diferenciales. Con base en esto, es factible que se incremente el rango de la vulnerabilidad de la infraestructura construida en el ancho de afectación establecido para las fallas. Esta condición representa una alerta tanto para la población como para el gobierno municipal, que deberá de implementar campañas de concientización del grado actual de vulnerabilidad social que implica este fenómeno geológico, además del seguimiento del avance de los hundimientos. En función del tipo de sistema constructivo que se utiliza para las próximas áreas de desarrollo, como lo es El Carrizalito, El Rosal y El Carmen, es posible limitar el rango de vulnerabilidad hacia la infraestructura mediante un adecuado seguimiento y estudio a profundidad del trazo de los alineamientos geológicos.



Mapa 38: Mapa de vulnerabilidad por hundimientos regionales.

XII.8 Riesgo

Una vez establecidos los valores para las componentes de susceptibilidad y vulnerabilidad, es posible estimar el valor del riesgo específico para la componente geológica que representa el hundimiento regional en el municipio de Irapuato. Si bien, en la GCM-ANR (DOF, 2016) no se establece una metodología específica para el desarrollo de la estimación del riesgo por hundimiento y agrietamiento del terreno; se propone la aplicación de una matriz de cálculo de riesgo para esta componente en el municipio de Irapuato (Tabla 64), en la que los elementos de análisis corresponden a los datos que anteceden (susceptibilidad y vulnerabilidad) y se rigen bajo la metodología aplicada en las otras componentes del fenómeno geológico. La estimación no hace diferencia entre las distintas zonas geotécnicas del territorio municipal, ya que se consideran las afectaciones, la vulnerabilidad de la población y la infraestructura afectada por los movimientos diferenciales.

Tabla 66: Matriz de cálculo de riesgo por hundimientos regionales.

Susceptibilidad / Vulnerabilidad	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Muy Baja	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Baja	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Media	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Alta	Alto	Alto	Alto	Alto	Muy Alto
Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 65, se integra la evaluación del riesgo, destacando que en tres sistemas de fallas (24 de abril, Apatzingán – Puente de Guadalupe y Reforma), se ha estimado el rango de riesgo Muy Alto, en tanto que nueves sistemas más se reportan en el rango de riesgo Alto. Con ello, al menos la mitad de los sistemas de falla corresponden a los valores más altos de riesgo, lo que deriva en la implementación de medidas emergentes para el seguimiento de los movimientos diferenciales, en conjunto con el alertamiento activo para con los habitantes en el rango de afectación de cada sistema.

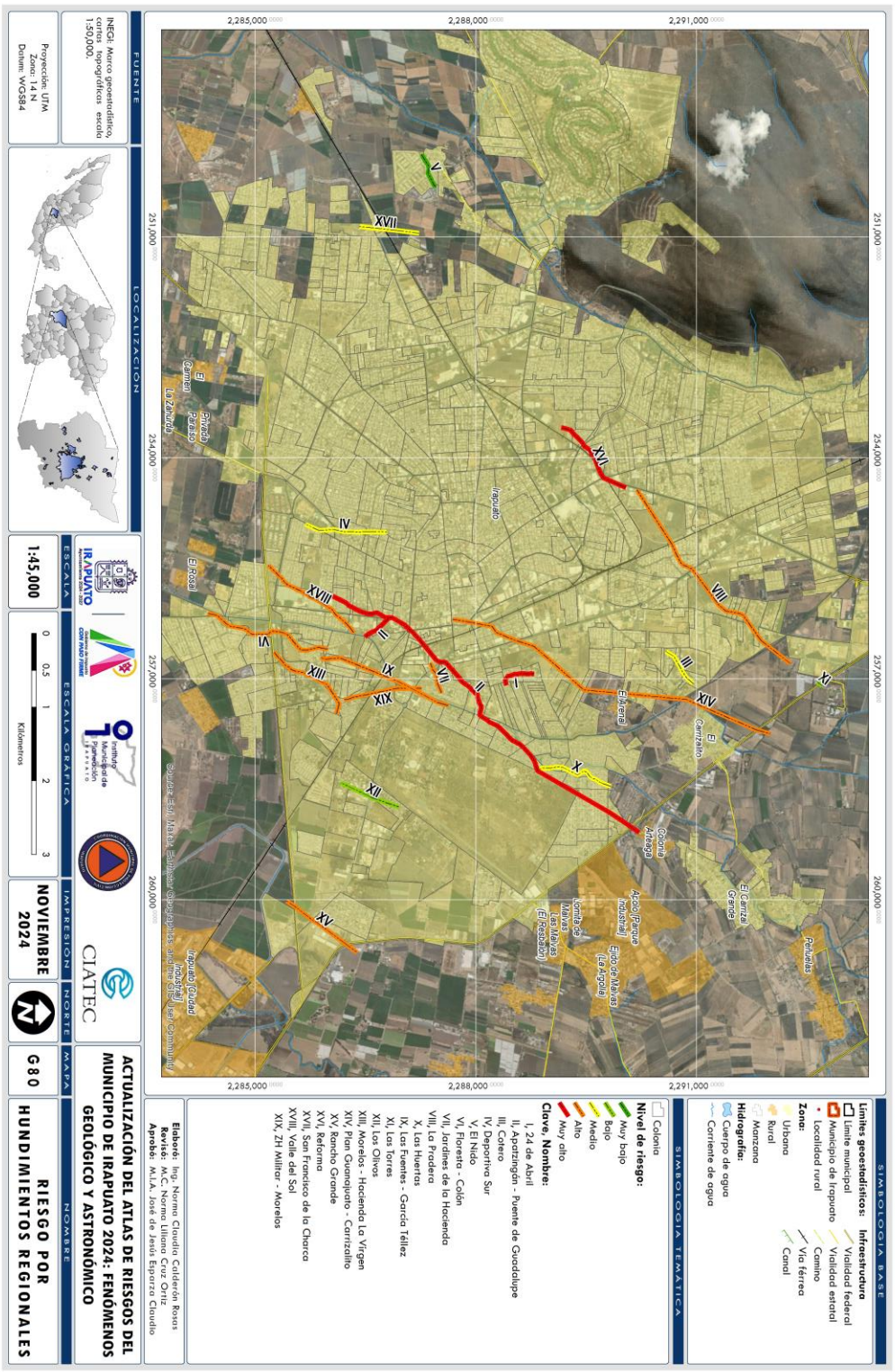
Tabla 67: Resultados de la evaluación de riesgo por hundimiento regional.

No.	Fallas	Riesgo
1	24 de abril	Muy Alto
2	Apatzingán - Puente de Guadalupe	Muy Alto
3	Cotero	Medio

No.	Fallas	Riesgo
4	Deportiva Sur	Medio
5	El Nido	Muy Bajo
6	Floresta - Colón	Alto
7	Jardines de la Hacienda	Alto
8	La Pradera	Alto
9	Las Fuentes – García Téllez	Alto
10	Las Huertas	Medio
11	Las Torres	Bajo
12	Los Olivos	Bajo
13	Morelos – Hacienda la Virgen	Alto
14	Plan Guanajuato - Carrizalito	Alto
15	Rancho Grande	Alto
16	Reforma	Muy Alto
17	San Francisco de la Charca	Medio
18	Valle del Sol	Alto
19	Zona Habitacional Militar - Morelos	Alto

Fuente: elaboración propia.

En el Mapa 39, es posible observar la distribución del grado de riesgo que implica el hundimiento regional mediante los alineamientos de las fallas asociadas a esta componente geológica. Prevalecen los rangos establecidos desde el análisis de la vulnerabilidad, sin embargo; por su ubicación espacial, los fallamientos identificados como Las Fuentes – García Téllez, Jardines de la Hacienda, ZH Militar – Morelos, Morelos – Hacienda La Virgen, Floresta – Colón y Valle de Sol deberán de ser ampliamente monitoreados. Esto se debe a que las zonas de mayor abatimiento del acuífero se registran bajo estos alineamientos geológicos, por lo que es factible esperar la continuidad de los movimientos diferenciales; los cuales incrementarían en consecuencia el desplazamiento vertical y, por ende, aumentando la vulnerabilidad de la infraestructura construida.



Mapa 39: Mapa de riesgo por hundimientos regionales.

XIII. TSUNAMIS

El concepto de tsunami (津波) deriva del idioma japonés "tsu (つ)" que significa puerto, y "nami (なみ)" que significa ola, en tanto que la Real Academia Española (RAE, 2024) define el concepto de tsunami como "ola gigantesca producida por un maremoto o una erupción volcánica en el fondo del mar". De acuerdo con especialistas en este fenómeno geológico, los tsunamis son generados por terremotos, deslizamientos de tierra y volcanes submarinos o costeros, entre otras causas, y pueden ocurrir en diferentes partes del mundo (Dunbar, 2012). Además, son uno de los desastres naturales más devastadores, capaces de causar una destrucción generalizada a lo largo de las zonas costeras (Dawson, 2000). Los eventos de tsunami han ocurrido desde tiempos prehistóricos, dejando una huella sedimentaria. En otras palabras, los tsunamis, una vez que llegan a la costa, dejan marcas que pueden identificarse a través de varias aplicaciones o proxies (Pilarczyk, 2014). Este componente geológico no se desarrolló en el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 por lo que no se tenía reportado ni analizado en el territorio.

De acuerdo con la UNESCO (UNESCO, 2019), los tsunamis locales se originan en un rango de hasta 200 kilómetros frente a las costas; en el caso de México, la mayoría de los tsunamis se presentan en la costa del Pacífico. Los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 metros de altura y los de origen local han presentado olas de 5 m en promedio, y excepcionalmente de hasta 10 metros de altura. De hecho, existen evidencias de que en el año 1787 ocurrió un gran terremoto de magnitud 8.4 en San Sixto, Oaxaca, que generó un tsunami local sumamente destructivo.

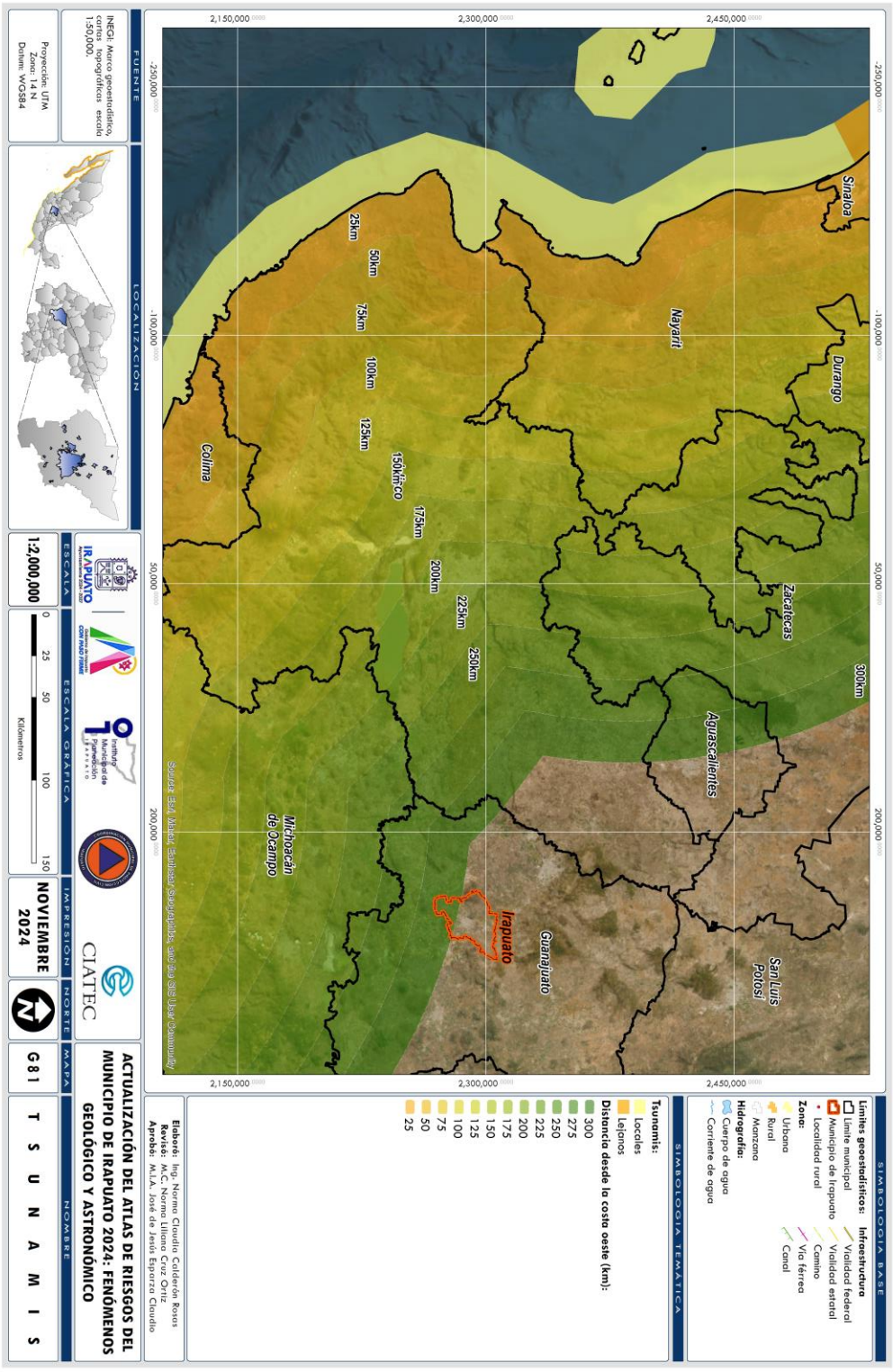
En México, se cuenta con el Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis, que a su vez trabaja en coordinación con el Sistema de Alerta de Tsunamis del Pacífico (creado en 1965). La entidad responsable de dar seguimiento a este fenómeno geológico es el Centro de Alerta de Tsunamis (CAT), el cual opera las 24 horas del día los 365 días del año. Su función radica en la difusión de información oportuna sobre la generación de tsunamis lejanos, regionales y locales, que puedan afectar las costas del territorio nacional, propiciando así la reducción de pérdida de vidas y de bienes.

La documentación histórica de sismos y tsunamis en la costa occidental de México es abundante y se cuenta con registros desde la época prehispánica (García Acosta V., 1996); (Sánchez A. J., 1993). En la Figura 79, se muestra localización de los sismos fuertes y moderados que han producido tsunamis en la costa occidental de México (Ortiz H., 2021). Los rectángulos indican la proyección superficial de las áreas de ruptura o planos de falla de cada uno de los sismos.

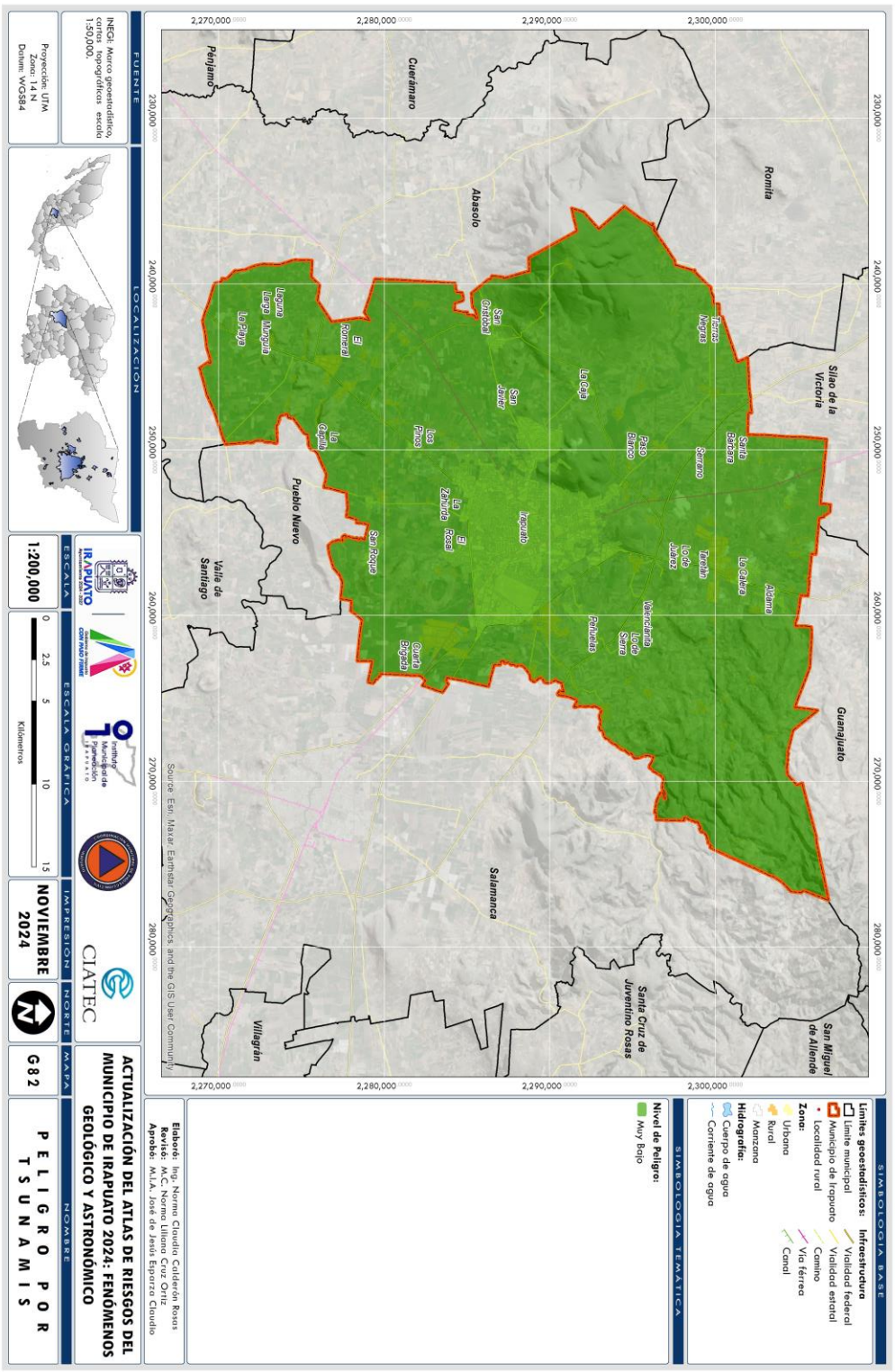
En el Mapa 40, se muestra una proyección con base en la información emitida por CENAPRED (2024), para la estimación de las posibles áreas de afectación derivadas de eventos de tsunamis locales y lejanos. Se destaca que el territorio del municipio de Irapuato se encuentra a una distancia mayor a 300 km de la zona más próxima de afectación, por lo cual el nivel de peligro se considera inexistente.

Figura 79: Sismos que han producido tsunamis en México.

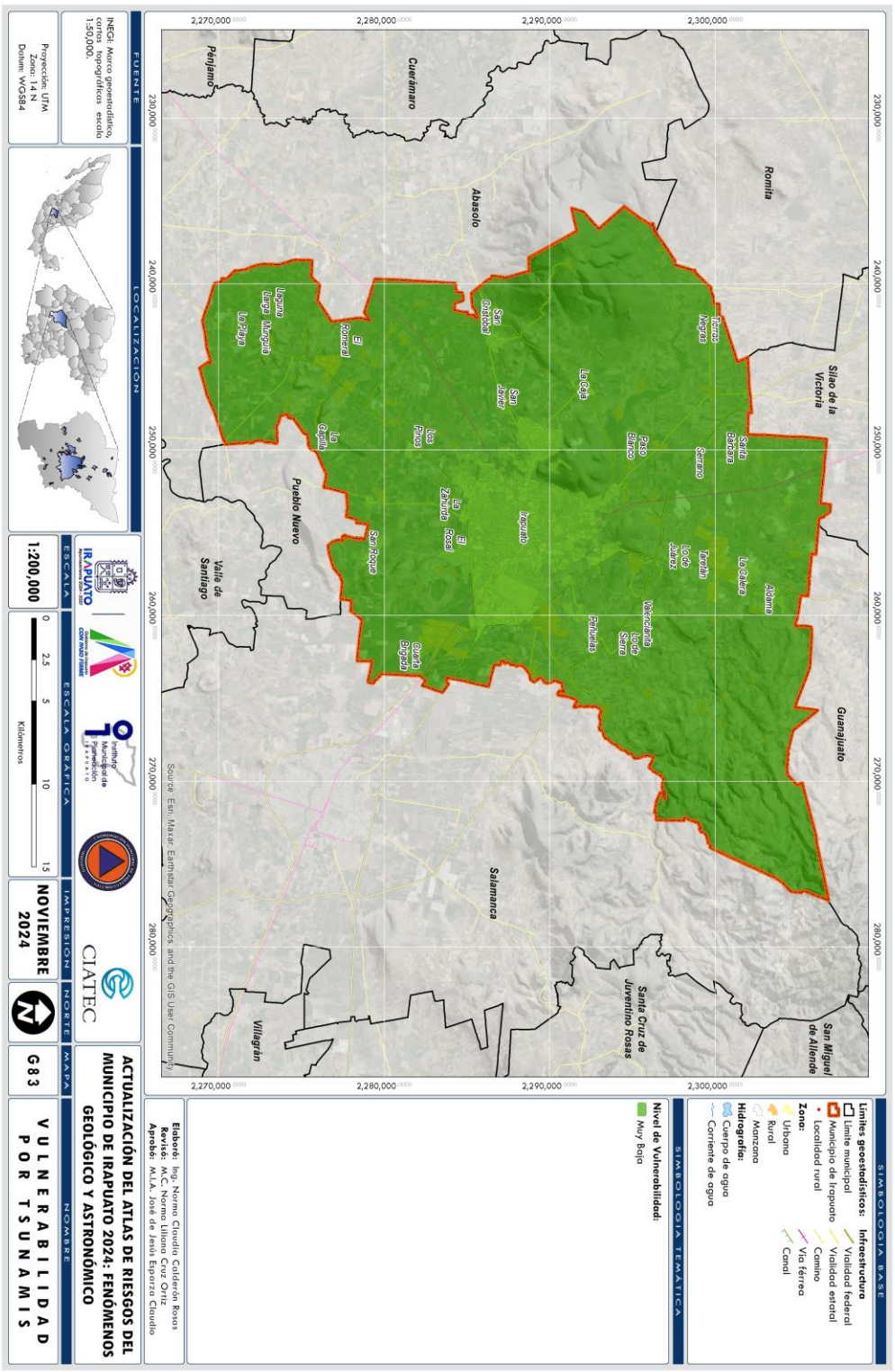
Fuente: (Ortiz H., 2021)



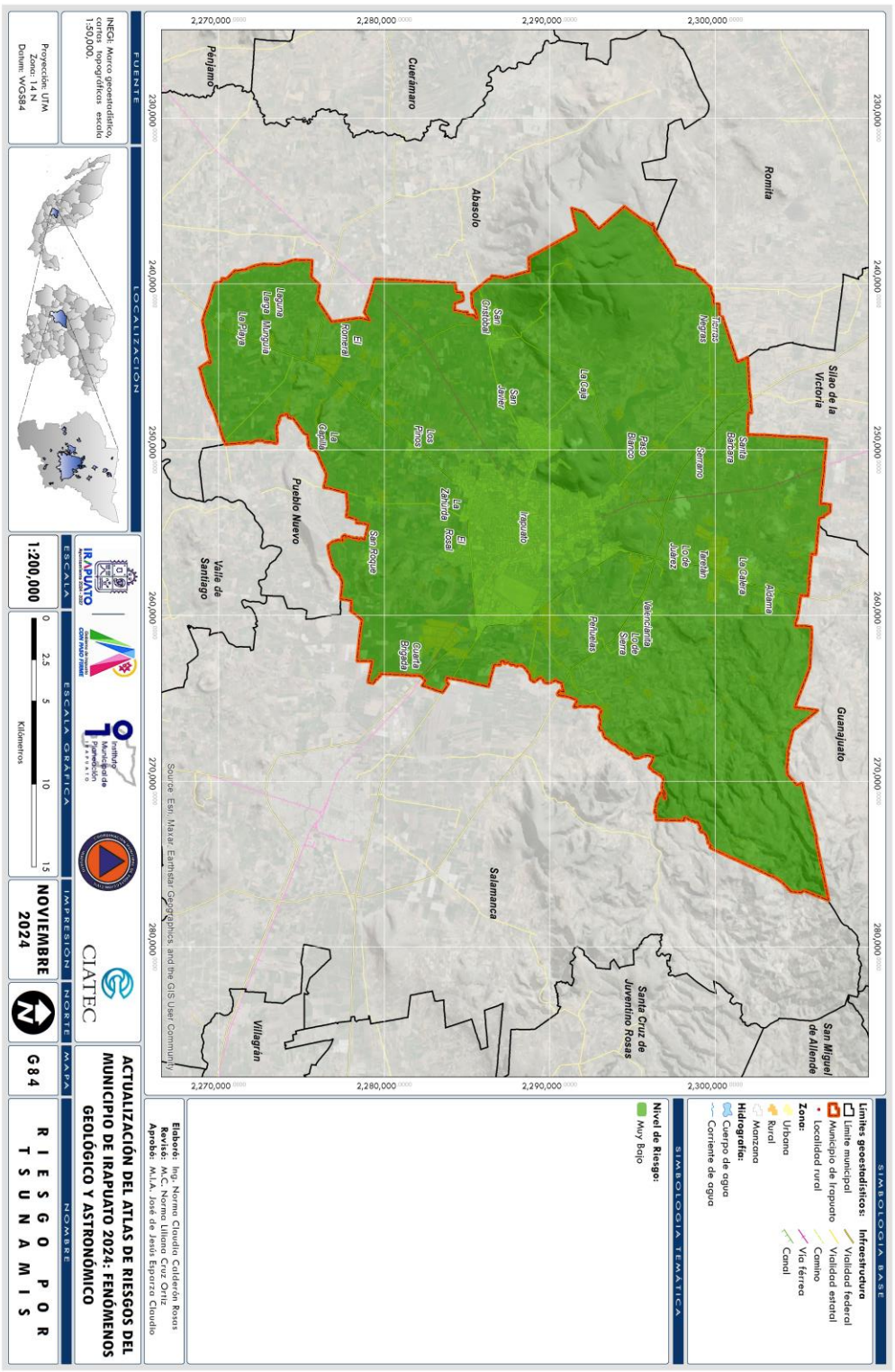
Mapa 40: Distancia de la ocurrencia de tsunamis con respecto al municipio de Irapuato.



Mapa 41: Peligro por tsunamis.



Mapa 42: Vulnerabilidad por tsunamis.



Mapa 43: Riesgo por tsunamis.

XIV. SUELOS EXPANSIVOS

El suelo es el material de construcción más abundante en las obras civiles, al mismo tiempo constituye el soporte de estructuras (viviendas, edificios, vialidades, puentes, etc.), de ahí la necesidad de estudiar los suelos desde las diferentes perspectivas y necesidades dentro de las prácticas de la ingeniería civil (Duque Escobar, 2016). En este sentido, el estudio de los suelos es un aspecto relevante cuando se habla de la construcción de cualquier obra civil, por lo que es de vital importancia conocer sus propiedades físicas, químicas y mecánicas, así como sus posibles reacciones al ponerlo en contacto con otros elementos ajenos a sus características naturales (Medina-Martínez CJ, 2022).

El desarrollo de la infraestructura civil, desde la etapa de concepción de los proyectos hasta los procesos constructivos y de mantenimiento deben considerar a prácticamente todos los tipos de suelos para realizar una edificación. Sin embargo, no todos los depósitos de suelo en su forma natural son totalmente adecuados para los fines de construcción, en la ingeniería geotécnica se identifica a estos tipos de suelos como problemáticos. Entre los principales, se distinguen los suelos blandos, colapsables y expansivos; estos últimos ya han sido reportados previamente en el territorio municipal de Irapuato por Zepeda y Castañeda (1989), Springall y Martínez (2020) e IMPLAN (2013).

En el Atlas de Riesgos de Irapuato del 2013 se realizó la descripción de los suelos expansivos, sus características, así como la distribución de los suelos con potencial de activación en función de sus características edafológicas, tal como se muestra en la Figura 80, donde la zona del valle presenta estas condiciones.

En la presente actualización, para los suelos expansivos se presenta el mapa de edafología general del municipio, identificando los vertisoles de primer y segundo orden, con contenidos importantes de arcilla expansiva potencialmente formadora de agrietamientos, estos tipos de suelo cubren una superficie total de 725.25 km^2.

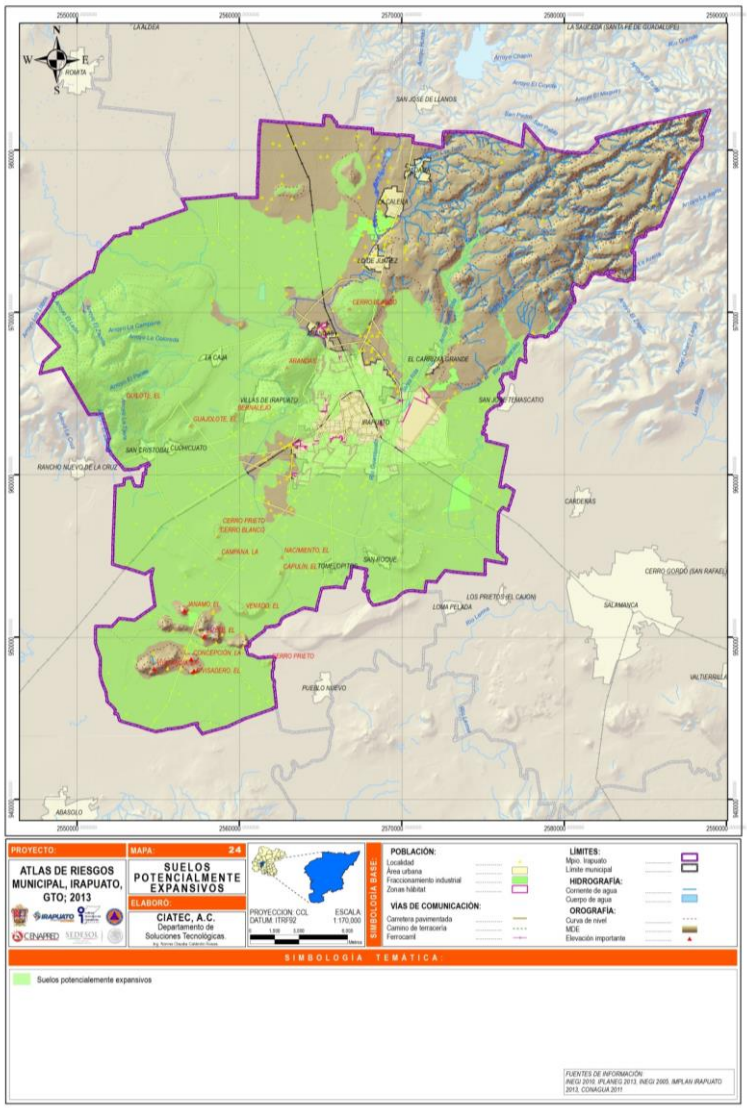


Figura 80: Mapa de suelos con potencial de expansión 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

Desde el punto de vista geotécnico, un suelo expansivo es aquel susceptible de sufrir cambios volumétricos por variaciones de humedad. Estos cambios ocurren de forma periódica durante las estaciones del año (Yazdandoust, 2010). El fenómeno es visible en zonas geográficas donde se manifiesta la presencia de un suelo arcilloso con alto componente de mineral montmorillonítico y un clima semiárido, donde la evapotranspiración potencial media anual es mayor que la precipitación media anual (Zepeda G., 1989).

Existen algunos suelos arcillosos con marcadas características expansivas, caracterizados por cambios considerables en su volumen cuando se producen variaciones en el contenido de agua, ocasionando graves daños y deformaciones a las estructuras cementadas sobre ellos, particularmente a edificaciones y pavimentos ligeros (Sun, Liu, & Wang, 2018). Muchos constructores e ingenieros geotécnicos tratan de evitar el uso de suelos expansivos como materiales de construcción o la construcción sobre ellos, sin embargo; la escasez de predios disponibles y de superficies naturales más adecuadas ha hecho que esto sea inevitable en ocasiones (Akinwumi, Ojuri, Ogbiye, & Booth, 2017).

La problemática que representan los suelos expansivos no es abordada técnicamente por el CENAPRED, sin embargo; en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2006), se hace referencia a que este fenómeno de naturaleza geotécnica puede impactar a la población, a las construcciones y a la infraestructura existente. En tanto que, para el municipio de Irapuato, como parte de las Normas Técnicas de Zonificación (Irapuato, 2007), se establece en su capítulo segundo, sección segunda; que queda prohibida la construcción u operación de empresas en zonas que por su naturaleza representen riesgos derivados de riesgos geológicos, así como en suelos de características problemáticas detectadas en los estudios geotécnicos (expansivos, colapsables e inestables).

La identificación espacial en un territorio específico de los suelos expansivos se ha realizado en otras partes del mundo (Ayala & Gijon, 1986), permitiendo entender el riesgo probable de un sitio en específico y adoptar las medidas preventivas necesarias. Con base en lo anterior, incluir el fenómeno de los suelos expansivos como una componente de los peligros geológicos en el ámbito de los Atlas de Riesgos Municipales supone una oportunidad de mejorar la capacidad preventiva de las instancias gubernamentales responsables de otorgar los permisos de construcción, brindando la oportunidad de reducir los daños derivados del comportamiento natural de estos tipos de suelos (Torres-García J. y., 2012).

XIV.1 Vertisoles y factores climáticos en el municipio

Conforme a las técnicas actuales de investigación, se identifican tres metodologías generales para la clasificación de suelos, los cuales suelen utilizarse en el estudio de los suelos expansivos:

- **Identificación mineralógica**: genera información de alta calidad para los desarrollos de investigaciones de ciencia básica con enfoque a las propiedades de las arcillas,

sin embargo; no resultan prácticas y/o económicas para la ejecución de trabajos en geotecnia.

- **Identificación cualitativa**: se basa en correlaciones de propiedades índice, potencial de cambio volumétrico y actividad, estos resultan útiles para la evaluación del potencial de expansión de los suelos.
- **Identificación directa**: uno de los métodos más recomendados, ofrece información práctica y concreta. Estas pruebas responden a normas establecidas, tal como la ASTM D 4829.

Para los fines de identificación del potencial de expansión de los suelos que ocupan el territorio municipal de Irapuato se ha optado por realizar un análisis geoespacial con base en los conceptos expuestos por Zepeda y Castañeda (1989); los cuales han sido adoptados para la evaluación del territorio del estado de Guanajuato (Torres-García J. C.-O., 2022). Tomando como base la edafología (Mapa 44), se aprecia que la mayor parte de los suelos del municipio de Irapuato corresponden al tipo vertisol (69.55 %), en tanto que el resto de los suelos identificados corresponden al estrato superficial de las zonas rocosas (Tabla 68).

Tabla 68. Tipos de suelo en el municipio de Irapuato.

Clave	Tipo de suelo	Superficie (km2)	Superficie (%)
CH	Chernozem	25.61	3.05
CM	Cambisol	33.09	3.94
NA	Zona urbana	44.87	5.34
PH	Phaeozem	149.38	17.79
RG	Regosol	2.81	0.33
VR	Vertisol	584.13	69.55

Fuente: (INEGI, 2024).

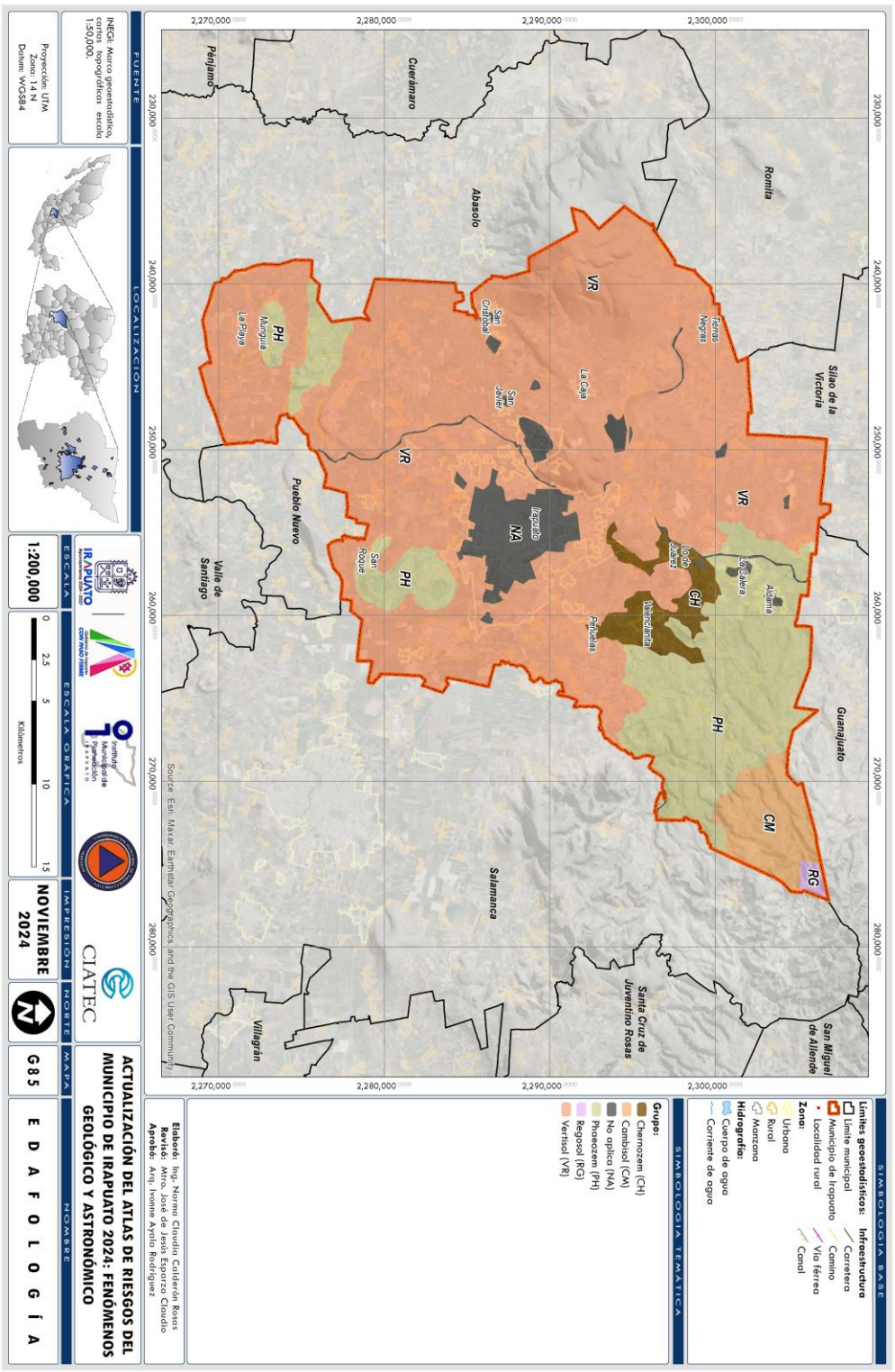
Los vertisoles se han desarrollado históricamente en depósitos superficiales de textura fina a muy fina, y se conforman generalmente como depósitos aluviales o lacustres, los cuales se sitúan en sitios planos o de pendientes suaves (planicies y fondos de valles). Conforme a la clasificación de suelos de la FAO (FAO–UNESCO–ISRIC, 1988), un vertisol es un tipo de suelo en el que se localizan importantes contenidos de arcilla expansiva capaz de formar agrietamientos en la parte superficial durante las estaciones secas. Desde el punto de vista geotécnico, sus principales características se exponen en la Tabla 69. Con este sustento, se realiza una discretización de la composición de los vertisoles presentes en el municipio de Irapuato, considerando el primer y segundo orden de acuerdo con la carta edafológica (Mapa 45 y Mapa 46), los cuales cubren una superficie de 584.13 km^2 y 141.12 km^2, respectivamente.

Tabla 69: Características de los vertisoles.

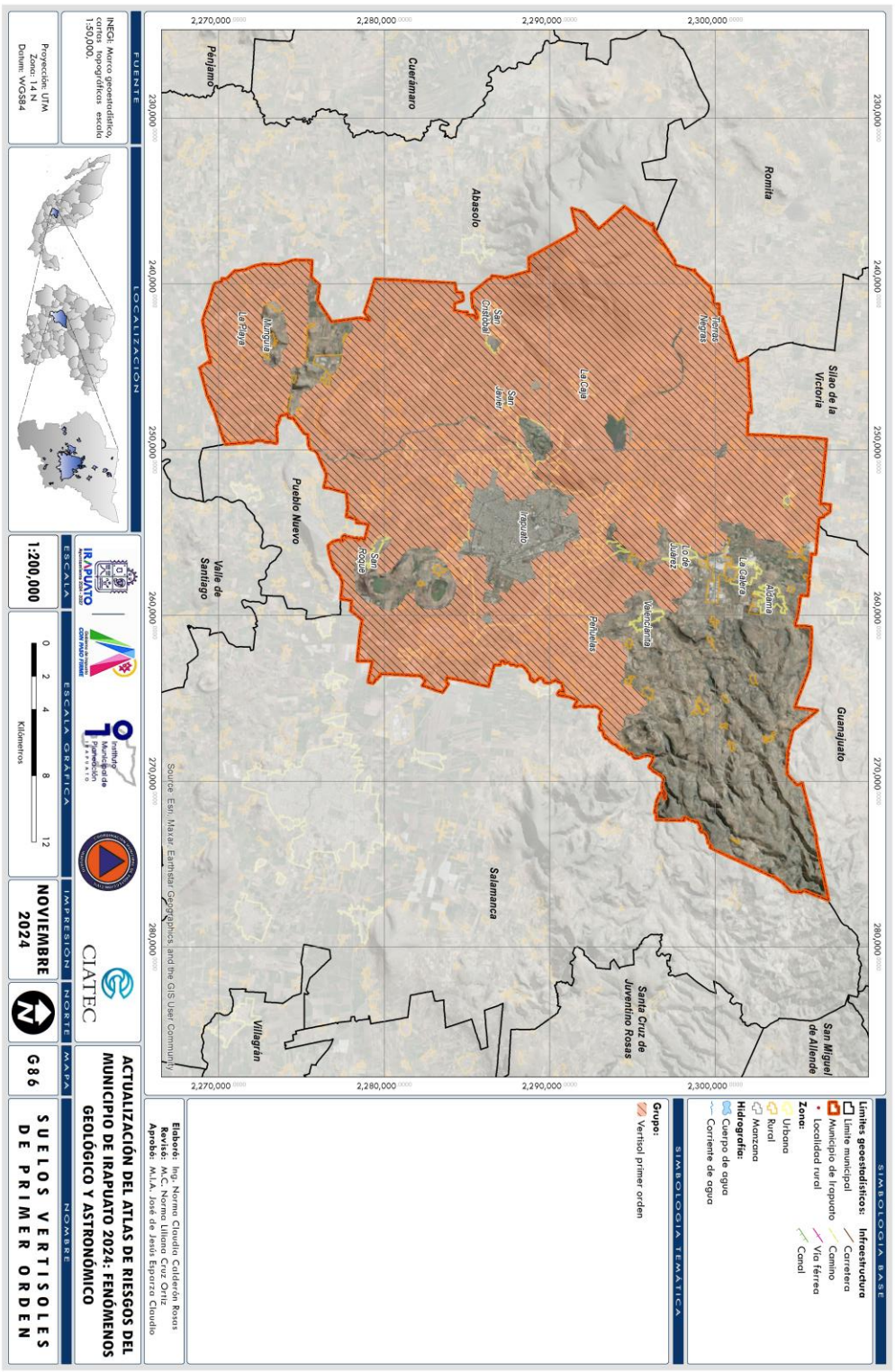
Parámetro	Rangos	
Contenido de arcilla (%)	Uniforme ≥ 35	> 80
Color	Oscuro	
Textura	Uniforme	Fina a Muy fina
Compuesto mineralógico (mayor)	Montmorillonita	Montmorillonita
Clima	Árido	Semiárido
Peso específico (t/m3)	1.76	2.08
Contenido masa orgánica (%)	2	5
Capacidad intercambio catiónico (meq/100 g)	25	80
Carbonato de calcio libre (%)	5 - 10	60
Sodio intercambiable (%)	5	10
pH	6	8.5

Fuente: modificada de (Zepeda G., 1989).

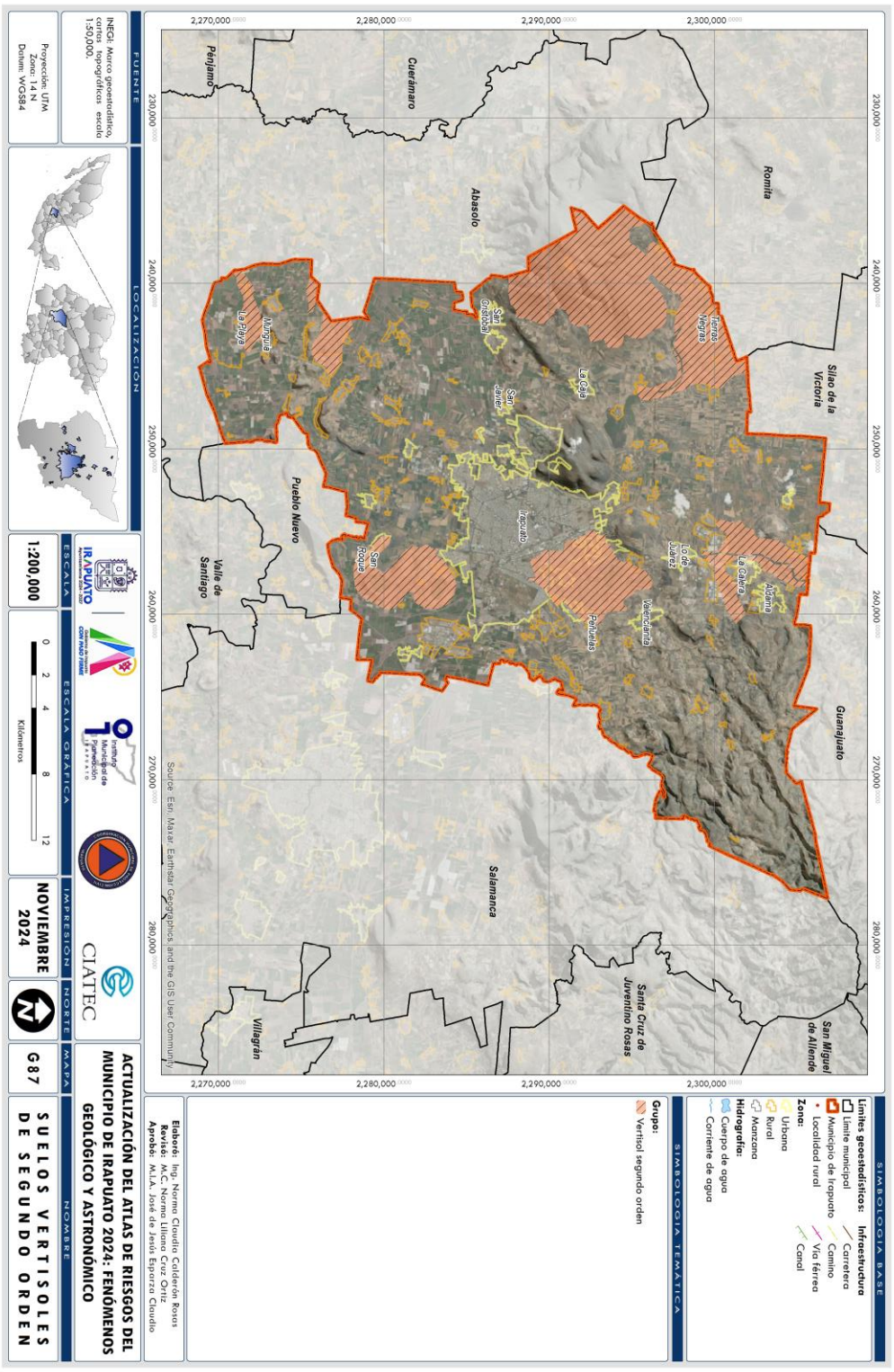
Las condiciones climáticas del municipio de Irapuato indican que el clima templado subhúmedo interviene en la mayor parte del territorio (95.01%), en tanto que la temperatura media anual oscila de 18 a 20 °C. Los factores climáticos que intervienen de forma indirecta con el potencial de expansión de los suelos en el municipio reportan una precipitación media anual de 800 mm en la mayor parte del territorio, en tanto que para la evapotranspiración se estiman valores medios anuales de 600 a 700 mm en prácticamente todo el territorio, (INEGI, 2024). Bajo estas condiciones, de forma general la evapotranspiración no excede a la precipitación, por lo que el umbral de condición crítica para la activación del potencial de expansión de los suelos no estaría influencia por estos factores globales, sin embargo, habrá que prestar mayor atención a las acciones antropogénicas que pueden activar el fenómeno de expansión.



Mapa 44: Edafología del municipio de Irapuato.



Mapa 45: Vertisoles de 1er orden en el municipio de Irapuato.



Mapa 46: Vertisoles de 2do orden en el municipio de Irapuato.

XIV.2 Distribución de suelos potencialmente expansivos

Con base en la zonificación de los suelos expansivos de la República Mexicana propuesta por Zepeda y Castañeda (1989), se entiende que muchas ciudades de nuestro país y lugares cercanos a ellas tendrán problemas por este tipo de suelo, ya que aproximadamente un 12% de la superficie del país se encuentra cubierta por depósitos arcillosos potencialmente expansivos. Una vez realizado el análisis del factor climático y edafológico en el territorio del municipio de Irapuato, se estima que un área equivalente a 725.5 km^2 presenta condiciones favorables para desarrollar el fenómeno de expansión del suelo, (ver Mapa 47). En particular, la zona de crecimiento de la zona urbana y la mayoría de las localidades se encuentran asentadas sobre este tipo de suelos, cubriendo totalmente las fracciones sur y este, con excepción de la zona noreste, que corresponde a los residuales de las rocas ígneas extrusivas en las partes altas de la fisiografía.

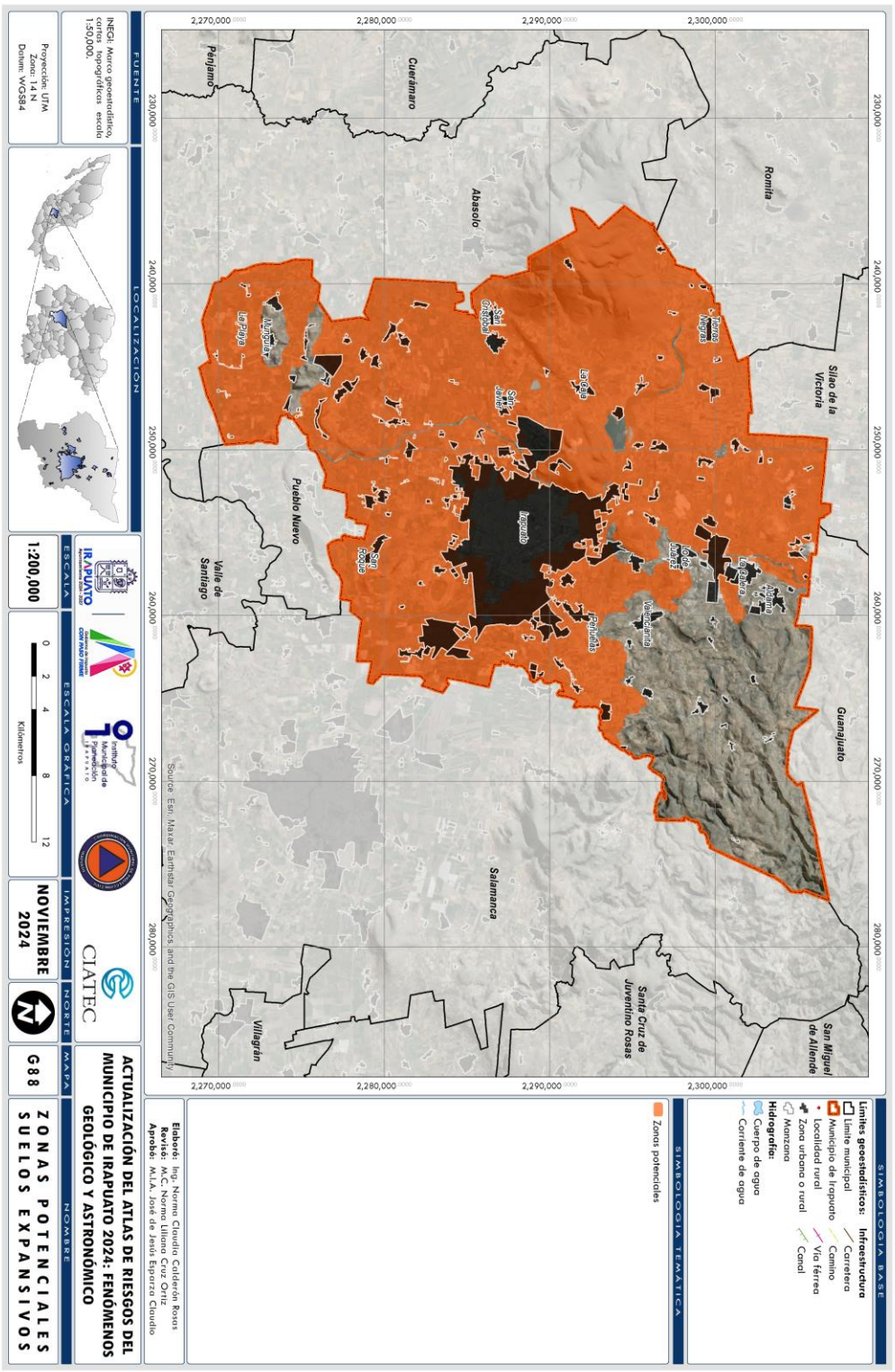
Si bien la estimación que se presenta en este documento corresponde a un criterio totalmente cualitativo, con base en él se expone la necesidad de realizar una campaña de estudios específicos para la correcta identificación cuantitativa del potencial de expansión (métodos directos). Como referencia semicuantitativa, se presenta la guía de estimación de cambio de volumen en suelos expansivos propuesto por Chen (1975), la cual se fundamenta en correlaciones de propiedades índice (Tabla 70).

Para su aplicación, este criterio puede ser tomado como base a partir de los estudios geotécnicos tradicionales ya existentes y aquellos de interés que se realicen en el futuro; no obstante, el concepto ideal indica la necesidad imperante de realizar análisis por métodos directos.

Tabla 70: Guía de estimación de cambio de volumen en suelos expansivos.

% pasa malla No. 200	Límite líquido (%)	Resistencia a la penetración estándar (golpes/m)	Expansión probable	% pasa malla No. 200	Límite líquido (%)
> 35	> 60	> 98.4	>10	> 9.8	Muy alto
60-95	40-60	65.6-98.4	3-10	2.45-9.8	Alto
0	30-40	32.8-65.6	1-5	1.47-2.45	Medio
< 30	< 30	< 32.8	<1	0.49	Bajo
> 35	> 60	> 98.4	>10	> 9.8	Muy alto
60-95	40-60	65.6-98.4	3-10	2.45-9.8	Alto

Fuente: (Chen F. H., 1975).



Mapa 47: Suelos potencialmente expansivos.

XV. FENÓMENO ASTRONÓMICO

El fenómeno astronómico con sus componentes de tormentas solares y colisiones con material asteroidal o cometario, fue incluido en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos publicado por el Diario Oficial de la Federación en el año 2016 (DOF, 2016), por lo que es la primera vez que describen dichos temas para el municipio de Irapuato.

XV.1 Introducción

La astronomía es una de las primeras ciencias practicadas por la humanidad; tiene como objetivo explicar los mecanismos de evolución de los astros y del cosmos mismo. Todas las culturas del mundo han desarrollado alguna teoría sobre el origen del universo, la creación de la Tierra, el papel de la humanidad en el cosmos, y desde tiempo inmemorial han tornado su mirada al cielo en busca de respuestas en las estrellas al origen de la Tierra y de la vida misma. En nuestros tiempos, esta búsqueda presenta un carácter más científico que mítico como lo fue en sus orígenes, (Moreno Corral, 2024).

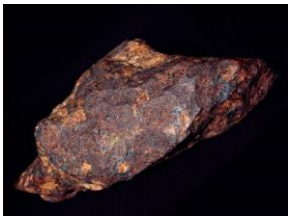
El capítulo comprende dos componentes principales, 1) tormentas solares, y 2) colisiones con material asteroidal o cometario, de los cuales se tienen algunos registros de eventos ocurridos. En las culturas mesoamericana han quedado vestigios en códices, pinturas, cerámica; un ejemplo es el edificio como el Observatorio o El Caracol en Chichén Itzá, además de la organización y urbanización de las ciudades prehispánicas orientadas a los astros principales (Sol y Luna), sin dejar de lado a Venus y otros cuerpos celestes, la observación de éstos les permitió hacer calendarios basados en las rotaciones. Existen registros de eclipses, como es el caso del Códice Maya, donde se muestra el glifo del Sol pendiendo del cielo, obscurecido y a punto de ser devorado por un animal a manera de serpiente emplumada o dragón y el registro del avistamiento de un cometa por parte de Moctezuma en el Códice Durán, donde se muestra la ilustración de "El Cometa de Moctezuma".

Aunque no hay una cifra oficial, investigadores de la Universidad de Manchester y del Imperial College London, en Inglaterra, han calculado que al año caen en nuestro planeta más de 17 mil meteoritos, la mayoría de los cuales no rebasa los 10 gramos, siendo casi imperceptibles. De acuerdo con un mapa elaborado por la NASA, Europa, Estados Unidos, Australia, India y México son algunos de los lugares donde se han registrado más impactos de meteoritos (UNAM, 2024).

XV.2 Antecedentes

No existe un antecedente del desarrollo de este fenómeno en el municipio de Irapuato, es por ello que se proporcionan los conceptos generales de este fenómeno. México es uno de los países con mayor impacto de meteoritos; en el territorio nacional se han reportado al menos 112. Entre los más destacados, ya sea por su formación o por su tamaño (UNAM, 2024), se destacan:

Jiquipilco: De origen metálico que se fragmentó en muchos pedazos. A pesar de ello, el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) lo clasifica como el cuarto más grande de México. Es una pieza única, ya que su forma asemeja a una luna creciente".



Allende: Meteorito rocoso; cayó el 8 de febrero de 1969 en Pueblito de Allende, Chihuahua. Fue el primer objeto estudiado en el Laboratorio Lunar de la NASA y se determinó que su edad es de aproximadamente 4 mil 567 millones de años; es decir, se formó antes que el Sol".

Bacubirito: Fue encontrado en 1863; es el meteorito más largo que se ha descubierto en el mundo. Además, es el más pesado que existe en México y el sexto con más masa. Está conformado por 88.94% de hierro, 9.6% de níquel, 0.87% de cobalto, 0.14% de fósforo y algunas trazas de iridio.

Chupaderos I y Chupaderos II: Fueron hallados cerca del antiguo poblado de Huejuquilla, Chihuahua. Los minerales que los caracterizan son camacita, taenita y fosfatos. Pesan 14,114 kilogramos y 6,767 kilogramos, respectivamente.

El Morito: También conocido como San Gregorio. Actualmente se exhibe en el Palacio de Minería de la Ciudad de México. Está compuesto mayormente de hierro y níquel, aunque también presenta cobalto, fósforo, galio, germanio e iridio.

Zacatecas: Fue encontrado en yacimientos de plata que explotaron los españoles después de la Conquista. Es un meteorito formado por camacita, taenita, silicatos y grafito. Su peso es de 780 kilogramos.

XV.3 Conceptos generales

A continuación, se presenta el listado de instituciones nacionales cuyo objeto de estudio corresponde a los fenómenos astronómicos, además de establecer las definiciones relativas a la climatología espacial.

XV.3.1 Instituciones mexicanas que estudian los fenómenos astronómicos

XV.3.1.1 Agencia Espacial Mexicana (AEM)

La Agencia Espacial Mexicana es un organismo público descentralizado del Gobierno Federal y sectorizado en la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes. Cuya misión es transformar a México en un país con actividades científicas y desarrollos tecnológicos espaciales de clase internacional, orientados a la atención de las necesidades sociales, y articulados a programas de industrialización y de servicios en tecnologías de frontera, que contribuyan a incrementar la competitividad del país. (Gobierno de México, 2023).

AEM
AGENCIA ESPACIAL MEXICANA

Figura 81: Logo de la Agencia Espacial Mexicana.
Fuente: (Gobierno de México, 2023).

XV.3.1.2 Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE)

El Laboratorio Nacional de Clima Espacial del Instituto de Geofísica Unidad Michoacán de la UNAM y de la Universidad Autónoma de Nuevo León UANL se encuentra integrado por el Servicio de Clima Espacial México (SCiESMEX), el Repositorio Institucional de Clima Espacial (RICE), el Centro de Supercómputo de Clima Espacial (CESCOM) y la Red de Instrumentación de Clima Espacial de la UNAM y de la UANL (UNAM, 2024).

Figura 82: Logo del Laboratorio Nacional de Clima Espacial.
Fuente: (UNAM, 2024).

El LANCE recopila y procesa información del entorno espacial para informar sobre el estado del clima espacial en México. Para ello nos servimos de los datos provenientes del International Space Enviroment Service (ISES), del cual el SCiESMEX forma parte como el Regional Warning Center (RWC) y de la red de instrumentos asociados al LANCE (UNAM, 2024).

XV.3.1.3 Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX)

El Servicio de Clima Espacial México - SCiESMEX es uno de los servicios que brinda el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y que forma parte del LANCE para coordinar el intercambio de información entre las redes internacionales de Clima Espacial (ISES) y el público en general. SCiESMEX proporciona el servicio de Avisos de Clima Espacial, de acuerdo a la lista de códigos publicados por el SWPC/NOAA (UNAM, 2024).

Figura 83: Logo del Servicio de Clima Espacial México.
Fuente: (UNAM, 2024).

XV.3.1.4 Repositorio Institucional de Clima (RICE)

El Repositorio Institucional de Clima Espacial (RICE) es uno de los servicios que ofrece el SCiESMEX. Es una plataforma diseñada para garantizar los servicios de acopio, preservación, gestión y acceso electrónico de la información científica en el ámbito del clima espacial. Para garantizar la seguridad y disposición de los datos pertenecientes a la colección se han creado espejos de datos en la Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM), en el Servicio de Alerta Temprana de Clima Espacial (SATCE) y en el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) (UNAM, 2024).

XV.3.1.5 MEXART (Mexican Array Radiotelescope)

Como parte de los estudios de clima espacial, la comunidad internacional se ha planteado el objetivo de desarrollar una red mundial de telescopios que vigilen las tormentas solares que pueden alcanzar a la Tierra perturbando el entorno espacial. El Instituto de Geofísica tomó el reto de participar en este esfuerzo y construir un radio-telescopio que forme parte de esta red mundial. El radiotelescopio tiene como nombre en inglés MEXART (Mexican Array Radiotelescope) y así es conocido por los otros observatorios del mundo, para México es el Observatorio de Centelleo Interplanetario de Coeneo, Michoacán (UNAM, 2024).

Figura 84: Logo del MEXART Mexican Array Radiotelescope.
Fuente: (UNAM, 2024).

XV.3.1.6 Servicio Internacional del Medio Ambiente Espacial (ISES)

El Servicio Internacional del Medio Ambiente Espacial (ISES) es una red colaborativa de organizaciones proveedoras de servicios meteorológicos espaciales en todo el mundo. Su misión es mejorar, coordinar y prestar servicios operativos de meteorología espacial. Actualmente, ISES incluye 22 centros regionales de alerta, cuatro centros asociados de alerta y un centro colaborativo de expertos. ISES es miembro de la red del Sistema Mundial de Datos (WDS) del Consejo Científico Internacional (ISC; anteriormente ICSU) y colabora con la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y otras organizaciones internacionales (ISES, 2024).

Figura 85: Logo de ISES Servicio Internacional del Medio Ambiente Espacial.
Fuente: (ISES, 2024).

XV.3.2 Clima Espacial

El **Clima Espacial (CE) o Meteorología del Espacio** se define como la medición y el análisis en tiempo real del conjunto de propiedades físicas del Sol, el medio interplanetario, la magnetosfera, la atmósfera y la superficie terrestre que se encuentran influenciadas directa o indirectamente por la actividad solar y las cuales tienen un impacto en la infraestructura, tecnología, sociedad y salud. Estos fenómenos representan serios riesgos para el desarrollo humano puesto que se ha demostrado que afectan de forma global, la tecnología e infraestructura espacial y terrestre (UNAM, 2024). Las mediciones en tiempo real (o cercanas al tiempo real) del **CE** se pueden dividir en tres:

- En la superficie solar son las fulguraciones y eyecciones de masa coronal.
- En el medio interplanetario son los radioeventos, viento solar y centelleo interplanetario.
- En la vecindad terrestre son el campo geomagnético, condiciones del viento solar in situ, ionósfera y partículas energéticas.

Cada medición tiene un índice que mide el nivel de perturbación asociado a eventos solares eruptivos y a su vez, definen una escala para avisos de eventos de **CE**. Internacionalmente se han definido tres tipos de avisos:

- Tormentas geomagnéticas.
- Tormentas de partículas.
- Radiointerferencias cuyas escalas van de menor, moderada, fuerte, severa a extrema.

Los impactos en la tecnología incluyen interferencias en radio comunicaciones de baja frecuencia, corrientes inducidas geomagnéticamente (GIC), errores en los sistemas de posicionamiento global (GPS), lluvia de partículas energéticas a pilotos y pasajeros de aeronaves. Los avisos se generan a partir de los valores de uno o más índices y el objetivo es acceder en tiempo real o cercanos al tiempo real, (UNAM, 2024).

XV.3.3 Colisiones con material asteroidal o cometario

Los cometas son restos de la formación del sistema solar y los planetas. Cuando alguno pasa cerca del Sol, el calor y el viento solar hacen que pierdan materia y se generen las colas que los caracterizan. Cuando pasa esto se dice que el núcleo cometario se encuentra "activo". Después de pasar varias veces cerca del Sol, los cometas se desprenden de la mayor parte de su masa volátil y se asemejan más a un asteroide.

Existen diferentes formas de clasificar a los cometas, aunque casi todas guardan cierta relación. La primera diferenciación se realiza por el periodo orbital (p), es decir, por el tiempo que tardan en dar una vuelta alrededor del Sol. De acuerdo con este criterio, se tienen los cometas de periodo corto y los cometas de periodo largo. Los primeros tienen periodos menores a 200 años y abarcan a los cometas "de la familia de Júpiter" (con un periodo menor a 20 años) y a los "tipo Halley" (con periodos entre 20 y 200 años). Los cometas de periodo largo tienen periodos mayores a 200 años. Los asteroides constituyen enormes masas rocosas o metálicas, con tamaños que van desde unos metros hasta el mayor identificado: Ceres, que tiene un diámetro de 1.000 kilómetros. Se conocen hoy varios cientos de miles de ellos, la mayoría girando entre Marte y Júpiter en el llamado "Cinturón Principal". Podría decirse que los asteroides son escombros cósmicos que sobraron de la construcción planetaria.

XV.3.4 Tormentas solares

Una tormenta geomagnética, también llamada tormenta solar, es una perturbación temporal de la magnetósfera terrestre que puede ser causada por una onda de choque de viento solar y/o una eyección de masa coronal (CME, por sus siglas en inglés) que interactúa con el campo magnético terrestre. El incremento en la presión del viento solar inicialmente comprime la magnetósfera (ISES, 2024). Para los eventos ya descritos, se identifican una serie de afectaciones que van desde instrumentos en el espacio hasta las afectaciones directas a las actividades humanas, que a continuación se mencionan (ISES, 2024):

- Afectaciones a satélites
- Afectaciones en aviación
- Afectaciones a la navegación
- Afectaciones a redes eléctricas
- Afectaciones a comunicaciones

XV.4 Metodología

Se realiza por primera vez la incorporación de los fenómenos astronómicos en el Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato, lo cual se alinea con la GCMEANR de CENAPRED; que considera se debe tener en cuenta la actividad fuera de la Tierra. El fundamento de estas acciones corresponde a las afectaciones por tormentas solares y/o geomagnéticas en las telecomunicaciones recientes, así como el monitoreo de materiales cometario que pudieran impactar en el territorio municipal. Pese a que estos fenómenos no son muy comunes, no se debe perder de vista la importancia de ellos y mitigar sus posibles efectos. El procedimiento para evaluar los componentes astronómicos se describe a continuación:

XV.4.1 Búsqueda de información en fuentes oficiales

Al ser un fenómeno que no se ha realizado previamente, la búsqueda de información incluye la definición de los conceptos básicos para lograr comprender la importancia e influencia de las afectaciones por tormentas solares y/o colisiones por materiales asteroidales o cometario.

Las entidades encargadas son Instituciones de Educación Superior o dependencias gubernamentales tanto nacionales como internacionales, entre las que se puede mencionar la National Aeronautics and Space Administration (NASA), la Agencia Espacial Mexicana (AEM), la Agencia Espacial Europea (ESA), y algunos laboratorios de mediciones y captura de datos como el Servicio de Clima Espacial (Sciesmex), Radiotelescolopio MEXART (Mexican Array Radiotelescope) y el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE), entre otras. La información que se recopila corresponde a boletines, comunicados e informes emitidos por las instituciones antes mencionadas.

XV.5 Elaboración de mapas temáticos para cada componente

XV.5.1 Elaboración de mapas de peligro y/o susceptibilidad

XV.5.1.1 Peligro por tormentas solares

Las Tormentas Solares o Eyecciones de Masa Coronal (CME, por sus siglas en inglés), son ondas de radiación y emisiones de partículas que se desprenden del Sol. Si llegan a la Tierra pueden dañar circuitos eléctricos, transformadores y sistemas electrónicos de comunicación. La magnetósfera terrestre, causada por el campo magnético del planeta, desvía las partículas cargadas de alta energía procedentes del Sol hacia las regiones polares, provocando el fenómeno lumínico conocido como Aurora Boreal (en el hemisferio

norte, Austral en el sur). Por ello, el peligro que representa este tipo de fenómenos en regiones tropicales a templadas, como México, es mínimo o inexistente, de igual manera se reportaron las noticias y boletines sobre el tema de las instituciones o dependencias encargadas del clima espacial.

XV.5.1.2 Peligro por colisiones con material asteroidal o cometario

Para la identificación del peligro para las partículas asteroidales o cometarias, se realiza una búsqueda de información histórica en las instituciones o dependencias encargadas del monitoreo espacial para obtener la frecuencia, dimensiones, distribución espacial y temporal, de este tipo de fenómenos.

XV.5.2 Determinación de la vulnerabilidad y riesgo

Para los materiales asteroidales o cometarios, debido a la probabilidad excepcionalmente baja de la ocurrencia del fenómeno en un sitio urbano y/o rural en específico, comparativamente con las probabilidades de ocurrencia de los demás fenómenos considerados en el presente documento, los reglamentos de construcción no contemplan el diseño ante fuerzas generadas por estos eventos. Con base en lo anterior, resulta claro que la vulnerabilidad de los bienes materiales expuestos es alta, y difícil de cuantificar por el momento.

XV.6 Búsqueda hemerográfica

La búsqueda hemerográfica de los 2 componentes que integran este fenómeno se realizó durante los meses de junio a septiembre de 2024, en la Tabla 71 se muestra el total de notas periodísticas que se reportan, en donde se concentran los principales temas y comunicaciones que se realizan en diversos periódicos para la sociedad irapuatense, con un total de 16 notas.

Tabla 71: Resumen de noticias de los componentes astronómicos en 2024

Componente	Total
Tormentas Solares	13
Colisiones Asteroidal o Cometario	3
Total	16

Fuente: elaboración propia.

Como parte de los fenómenos astronómicos, las tormentas solares se han socializado más en los últimos meses, derivado de los eventos como el Carrington que se presenció en mayo de 2024 (acontecimientos que han llamado la atención por lo atractivo visual), pero que también pueden tener consecuencias en las telecomunicaciones a nivel mundial. Este fenómeno se reporta a nivel estado, al corte de este mes se tienen 2 registros periodísticos y no se han reportado noticias por colisiones de asteroides o cometas.

Las colisiones asteroidales son objetos que pueden impactar el territorio, como ya ha sucedido en otros años, así como la lluvia de estrellas visibles o perceptibles, es importante mencionar que las autoridades notifican con anticipación de estos eventos.

XVI. COLISIÓN CON MATERIAL ASTEROIDAL

Se toma en cuenta los reportes de asteroides y meteoros realizados por la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) mediante el observatorio donde cada semana se hace difusión de la cantidad de asteroides que se aproximan a la Tierra (tipo pronostico) y algunas condiciones de estas. También se genera el reporte de meteoros observados en la semana de análisis. En la Figura 86, se muestran los reportes de asteroides y meteoros.

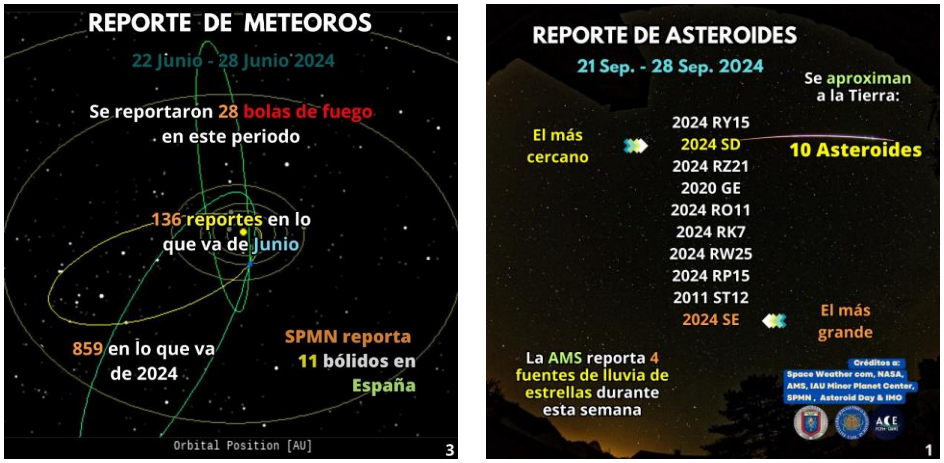


Figura 86: Ejemplos reportes semanales de asteroides y meteoros.

Fuente: (UANL, 2024)

Se presenta una base de datos cuya información recabada abarca el periodo de julio del año 2023 a septiembre de 2024; en la Tabla 72, se puede observar el resumen de los reportes para asteroides, teniendo un total de 459 objetos que se aproximaron a la Tierra en los 15 meses de revisión. Se describe esta misma información mediante valores porcentuales, destacando que en los meses de octubre de 2023 y septiembre de 2024 suman más del 20% de los objetos observados, de los cuales no se tiene reporte de que el municipio de Irapuato o el estado de Guanajuato haya sido punto de impacto.

Tabla 72: Resumen de asteroides reportados de julio 2023 a septiembre 2024.

Año	Mes	Asteroides que se aproximan a la Tierra	%
2023	Julio	33	7.19
	Agosto	32	6.97
	Septiembre	42	9.15
	Octubre	46	10.02
	Noviembre	32	6.97
	Diciembre	36	7.84
2024	Enero	27	5.88
	Febrero	11	2.40
	Marzo	29	6.32
	Abril	32	6.97
	Mayo	30	6.54
	Junio	36	7.84
	Julio	21	4.58
	Agosto	4	0.87
	Septiembre	48	10.46
	Total	459	100.00

Fuente: elaboración propia con información de (UANL, 2024)

En la Tabla 73, se muestra el resumen de los reportes de avistamiento de meteoros o bolas de fuego en el lapso de los quince meses de análisis, en el que se contabilizan un total de 4138 elementos. El mes que mayor actividad se presentó en agosto de 2023 con el 35% del total de las observaciones, seguido por julio con 22%, de los cuales no se tiene reporte de que el municipio de Irapuato o el estado de Guanajuato haya sido punto de impacto.

Tabla 73: Resumen de cometas y/o bolas de fuego reportados de julio 2023 a septiembre 2024.

Año	Mes	Bolas de fuego	%
2023	Julio	911	22.02
	Agosto	1465	35.40
	Septiembre	141	3.41
	Octubre	345	8.34
	Noviembre	69	1.67
	Diciembre	279	6.74
2024	Enero	127	3.07
	Febrero	21	0.51
	Marzo	40	0.97
	Abril	122	2.95
	Mayo	57	1.38
	Junio	98	2.37
	Julio	107	2.59

Año	Mes	Bolas de fuego	%
	Agosto	142	3.43
	Septiembre	214	5.17
Total		**4,138**	**100.00**

Fuente: elaboración propia con información de (UANL, 2024).

Parte de la identificación de los objetos que pueden impactar en territorio mexicano y particularmente en el territorio del municipio de Irapuato se consultó el Centro de Coordinación de Objetos Cercanos a la Tierra (NEOCC), que es el centro operativo de la Oficina de Defensa Planetaria de la Agencia Espacial Europea (ESA), dentro del Programa de Seguridad Espacial. Dicho centro tiene como objetivo es coordinar y contribuir a la observación de los cuerpos pequeños del Sistema Solar con el fin de evaluar y monitorizar la amenaza que suponen los objetos cercanos a la Tierra (NEO, Near Objects to Earth) (ESA, 2024).

En la Tabla 74 se muestran los Objetos Cercanos a la Tierra, se reportan los objetos cercanos al planeta para el periodo estimado de 2024 a 2034, se menciona el nombre, fecha de impacto (posible), los años de posibilidad, la velocidad con la que viajan y su diámetro (rango).

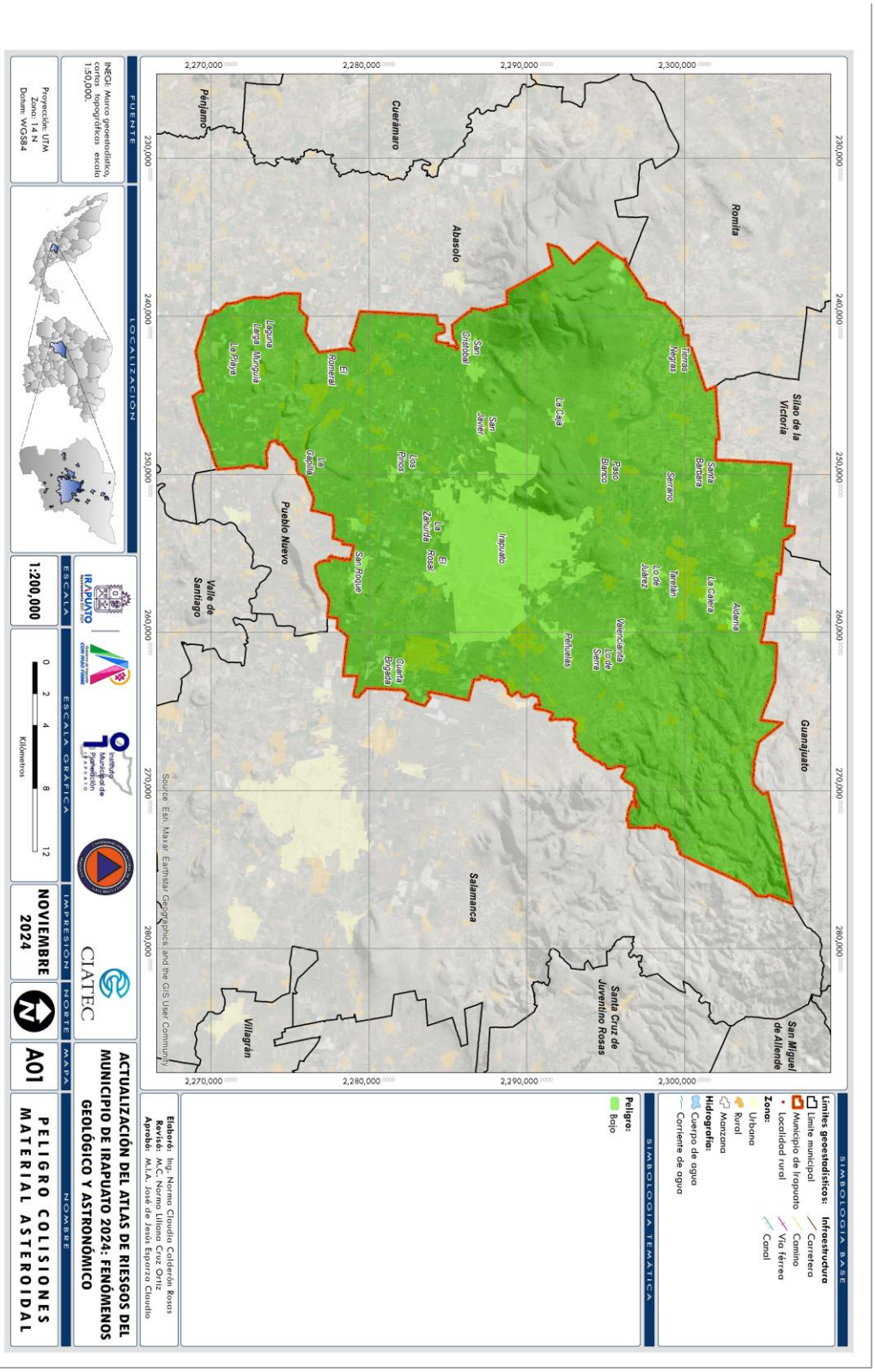
Tabla 74: Objetos cercanos a la Tierra próximamente de 2024 a 2034.

No.	Nombre	Fecha de impacto/tiempo en UTC	Velocidad (km/s)	Diámetro (m)
1	2016NP56	2024-09-30 23:50	12.03	15 a 30
2	2014JV79	2024-11-14 04:57	14.33	21 a 50
3	2022YO1	2024-12-17 06:20	18.25	2.8 a 6
4	2013YB	2024-12-23 09:00	14.25	1.3 a 2.9
5	2008EF32	2025-03-09 21:26	19.17	3 a 8
6	2008EM68	2025-03-11 06:06	19.92	8 a 17
7	2004FU162	2025-03-31 22:23	16.87	3 a 8
8	2017UK52	2025-04-29 22:31	19.21	13 a 28
9	2017AE21	2025-05-10 04:56	12.17	30 a 70
10	2012CR	2025-05-20 19:23	11.18	120 a 260
11	2009TB	2025-09-30 15:20	14.15	4 a 8
12	2012BA77	2025-10-10 01:46	16.76	19 a 40
13	2018VP1	2025-11-02 05:08	14.69	1.9 a 4
14	2009VA	2025-11-06 20:17	13.87	5 a 11
15	2012XL55	2025-12-08 23:47	21.9	10 a 22
16	2005NX55	2026-01-06 09:38	27.2	100 a 230
17	2017SC33	2026-03-04 19:46	28.84	100 a 220
18	2017SH33	2026-04-30 08:35	27.67	500 a 1200

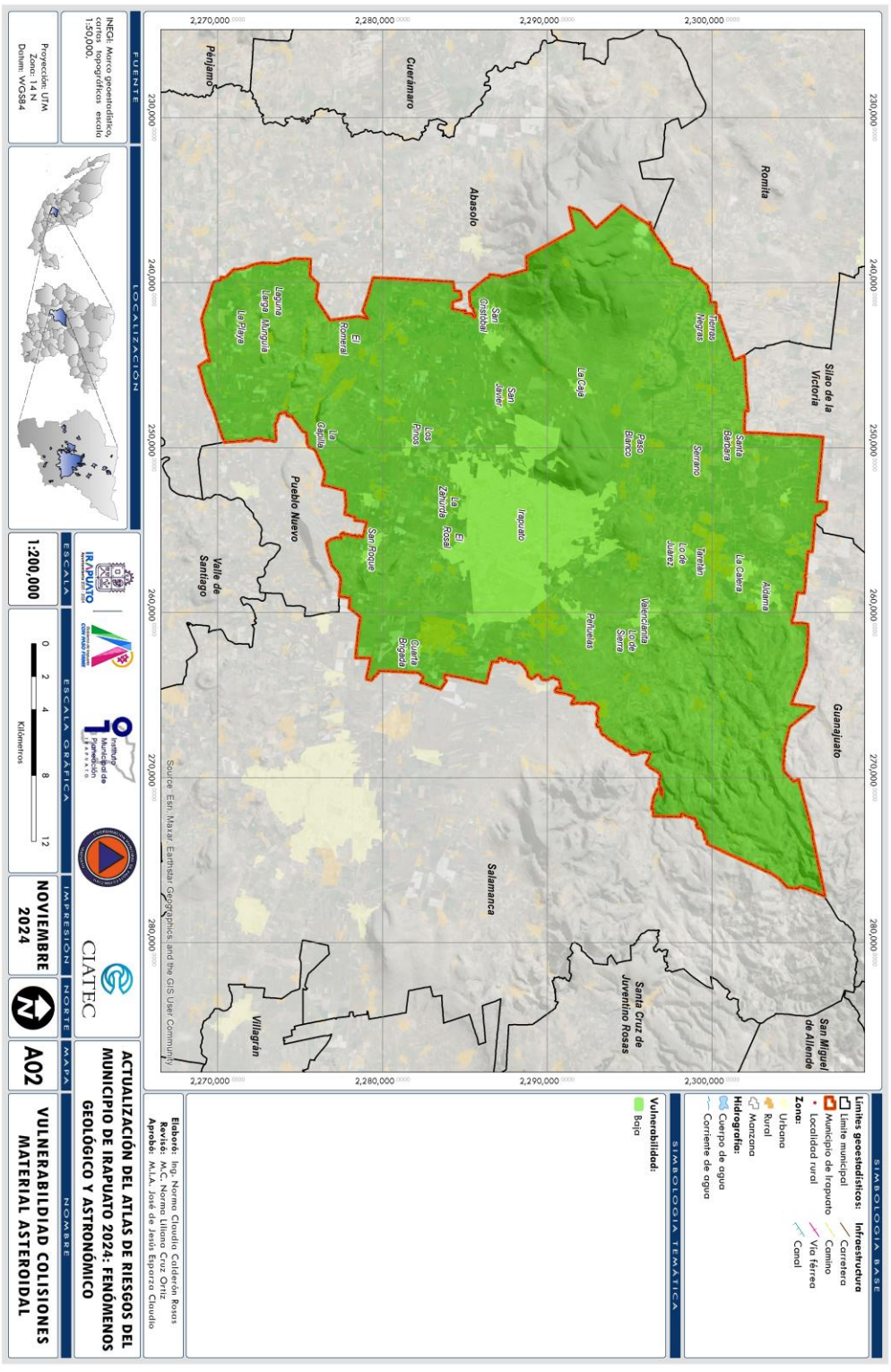
No.	Nombre	Fecha de impacto/tiempo en UTC	Velocidad (km/s)	Diámetro (m)
19	2006CD	2026-07-12 07:52	15.44	220 a 500
20	2024FS5	2026-08-25 04:46	26.73	30 a 70
21	2013TP4	2026-10-01 07:48	27.66	9 a 21
22	2017MZ8	2026-10-16 16:55	14.69	90 a 200
23	2018FL29	2026-11-20 16:39	16.79	2.7 a 6
24	2007YM	2026-11-29 03:37	14	16 a 40
25	2012BK14	2027-01-15 09:15	11.86	8 a 18
26	2018DQ	2027-02-21 16:52	23.67	4 a 9
27	2008EL68	2027-02-25 23:58	11.97	7 a 16
28	2024BP4	2027-03-30 18:43	14.66	12 a 26
29	2017RZ17	2027-04-24 11:22	18.99	240 a 500
30	2008JL3	2027-05-01 09:05	14.01	23 a 50
31	2014ML67	2027-07-03 19:46	24.13	40 a 90
32	2017AY20	2027-11-04 19:02	23.15	170 a 400
33	2017AA21	2028-02-06 15:11	14.13	16 a 40
34	2023ET2	2028-09-14 02:57	17.72	2.2 a 5
35	2024TK5	2028-10-08 18:02	14.31	8 a 18
36	2011YC40	2028-12-27 12:17	15.62	3 a 7
37	2021OV	2029-01-18 05:29	17.9	8 a 18
38	2017HJ61	2029-04-22 20:41	17.6	5 a 10
39	2008HC38	2029-04-23 02:39	17.96	14 a 30
40	2007KE4	2029-05-26 00:18	15.03	24 a 50
41	2010XN69	2030-01-08 16:35	12.62	15 a 30
42	2005QK76	2030-02-26 08:15	22.66	24 a 50
43	2005ED224	2030-03-11 04:40	29.11	40 a 90
44	2021GE2	2030-04-03 11:57	18.99	4 a 9
45	2012BL14	2031-01-19 16:56	23.03	6 a 13
46	2011CF22	2031-02-07 12:58	22.56	1.7 a 4
47	2017WF30	2031-02-21 21:49	12.34	14 a 30
48	2006DM63	2031-02-24 05:54	15.25	12 a 26
49	2016DA31	2031-09-04 20:12	17.7	2.8 a 6
50	2010UE	2031-10-16 17:51	21.56	3 a 7
51	2007UO6	2031-10-17 06:01	16.18	9 a 20
52	2008VL	2031-10-28 06:50	16.47	8 a 17
53	2008VM	2031-11-04 17:35	15.17	2.4 a 5
54	2024BZ15	2031-11-06 16:02	15.94	15 a 30
55	2007WW3	2031-11-14 16:29	12.03	40 a 90
56	2018BD	2032-01-18 12:29	14.28	2.6 a 6
57	1991BA	2032-01-19 17:37	19.92	5 a 11
58	1998BT13	2032-01-23 07:46	13.66	20
59	2021GX9	2032-04-16 21:51	20.17	23 a 50

No.	Nombre	Fecha de impacto/tiempo en UTC	Velocidad (km/s)	Diámetro (m)
60	2012KP24	2032-05-28 14:05	16.95	14 a 30
61	2005CM7	2032-08-11 02:00	21.76	15 a 30
62	2023UR10	2032-10-19 09:58	14.8	2.7 a 6
63	2018CA15	2033-02-04 22:17	12.13	17 a 40
64	2011CF66	2033-02-15 07:50	20.31	8 a 19
65	2017FN1	2033-03-20 22:58	21.14	2.1 a 5
66	2014HD198	2033-04-30 11:36	20.5	3 a 7
67	2015BY3	2033-07-11 01:08	20.02	9 a 19
68	2021SP	2033-09-17 11:59	16.62	4 a 9
69	2018TY4	2033-10-05 16:21	15.45	6 a 15
70	2012VE77	2033-11-17 12:48	18.97	14 a 30
71	2022WF15	2033-11-28 14:34	16.56	8 a 18
72	2005EL70	2034-03-05 23:20	37.25	40 a 100
73	2023FZ3	2034-04-02 22:33	22.8	30 a 80
74	2014HJ198	2034-04-21 14:35	25.2	13 a 29
75	2010KV7	2034-05-21 06:08	12.39	13
76	2017SF20	2034-09-26 12:41	15.3	5 a 12
77	2023VD3	2034-11-08 17:09	21.01	11 a 24
78	2011YC63	2034-12-30 01:31	21.91	4 a 9

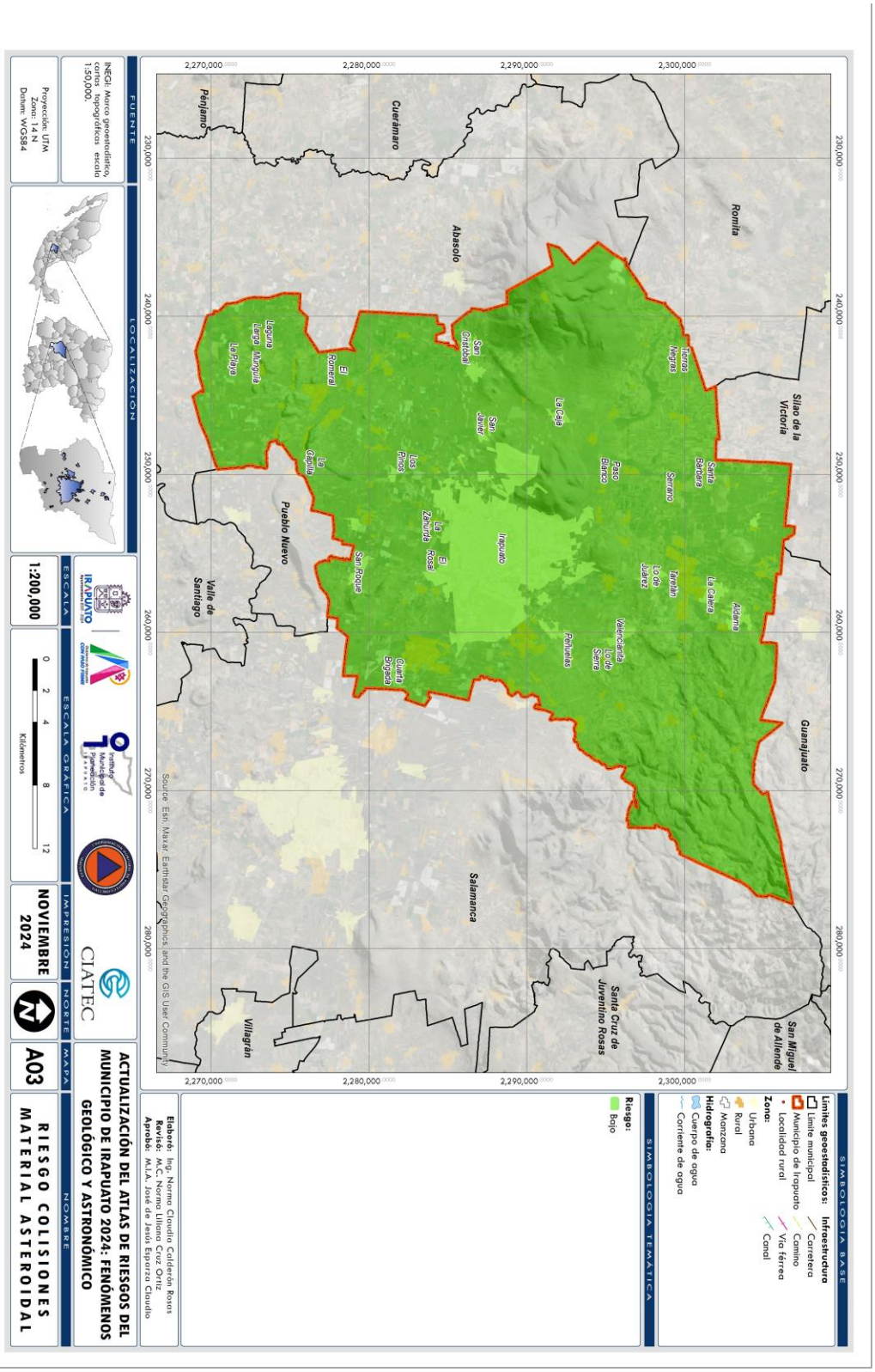
Fuente: (ESA, 2024).



Mapa 48: Peligro por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato.



Mapa 49: Vulnerabilidad por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato.



Mapa 50: Riesgo por colisión de material asteroidal en el municipio de Irapuato.

XVII. TORMENTAS SOLARES

La recopilación de información oficial se realiza de los reportes semanales que publica el Servicio de Clima Espacial México – SCiESMEX (UNAM, 2024), generándose una base de datos de las condiciones del sol, emitidos mediante el Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE); en la Figura 87. se muestra la caratula de los reportes que emiten.

Figura 87: Portada de los reportes semanales de Clima Espacial.
Fuente: (UNAM, 2024)

En la Figura 88, se muestran ejemplos de los reportes semanales, donde se puede observar que se mencionan las fechas de las condiciones del sol, donde se indican como condiciones Regiones activas del sol, Hoyos Coronales, Fulguraciones solares, Eyecciones de Masa Coronal y Estallidos de radio.

Figura 88: Ejemplos reportes semanales de Clima Espacial.

Fuente: (UNAM, 2024).

En la Tabla 75, se muestra el resumen de la base de datos para el periodo de análisis de julio de 2023 a septiembre de 2024, siendo las condiciones solares de mayor interés las fulguraciones solares y las eyecciones de masa coronal, que corresponden a las etapas de una tormenta solar. Los datos que a continuación se muestran solo son el reporte de las condiciones, aunque no se haya tenido un evento significativo.

Tabla 75: Resumen de las Condiciones del Sol de 2023 a 2024.

Condiciones del Sol		
Regiones activas		650
Hoyos coronales		176
Fulguraciones solares de clase	**Número**	266
	Clase	C, M, X
Eyecciones de masa coronal	**Número**	2022
	Tipo	HALO
Estallidos de radio	**Número**	861
	Tipo	I, II, III, IV, V, VI, VII, J, RBR, RSP, CMT, Tormentas de ruido

Fuente: elaboración propia con información de (UNAM, 2024).

Como parte de la actividad solar de este año, se reportaron Auroras Boreales en latitudes poco comunes en el territorio nacional, ocurriendo estas en el mes de mayo 2024; en que se presentó una tormenta solar con una intensidad tal que el llamativo fenómeno se observó en varios estados de la República Mexicana como Coahuila, Sonora, Zacatecas y Baja California (Figura 89 y Figura 90). Como referencia, el reporte más reciente de un avistamiento de este género se remonta a 1859 debido a un suceso denominado "Evento Carrington", el cual fue visible en San Luis Potosí, Guadalajara, Hidalgo, la Ciudad de México, Guanajuato y Michoacán. Las evidencias de los reportes de asteroides, meteoros

(por la UANL) y de las condiciones del Sol (SCiESMEX) se encuentran en el **Anexo 1** del capítulo, así como las bases de datos correspondientes.

Figura 89: Aurora boreal vista desde Chihuahua.

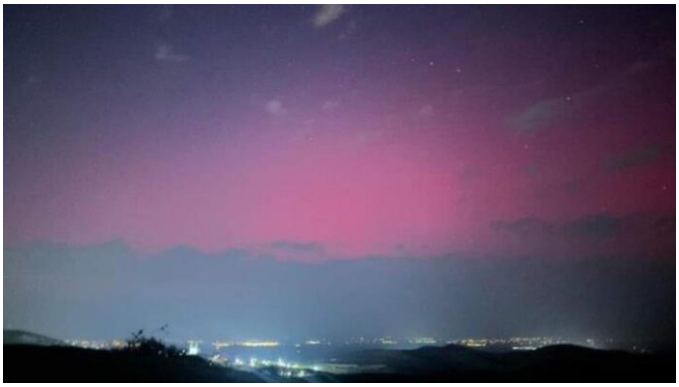
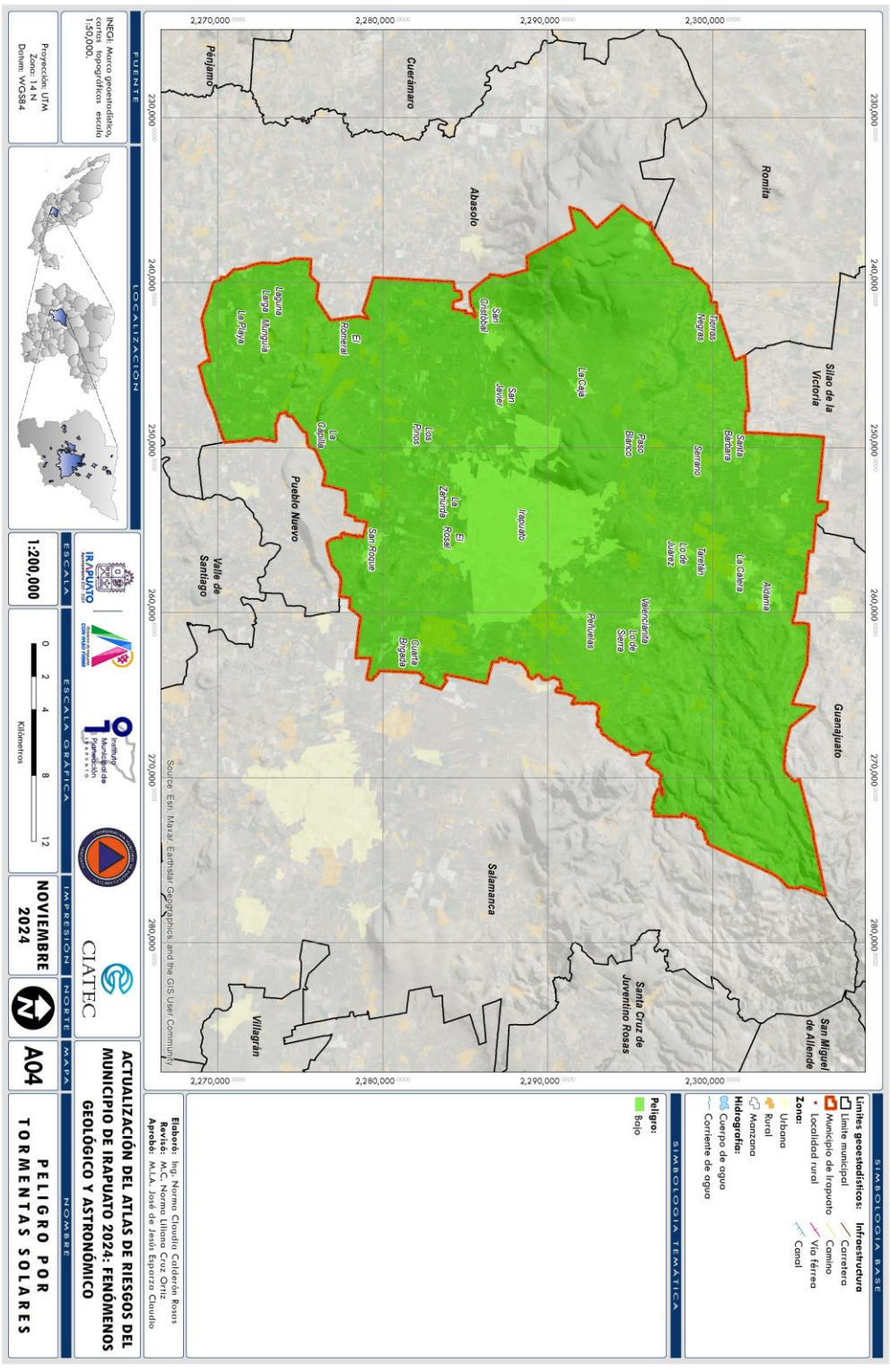


Figura 90: Aurora boreal captada en Zacatecas.

Fuente: (Olivares, 2024).



Mapa 51: Peligro por tormentas solares.

XVIII. CONCLUSIONES

La dinámica actual del municipio de Irapuato conlleva el incremento de la población y la extensión de las áreas urbanas, las cuales deben propiciar el bienestar e integridad de la sociedad, en armonía con el medio ambiente y bajo las consideraciones que implican los peligros naturales y antropogénicos actuantes.

Se llevó a cabo el taller participativo en el que han intervenido instituciones públicas y privadas, cuya labor diaria repercute en la toma de decisiones en el desarrollo físico y social del territorio. Como conclusión general, se establece que los hundimientos y agrietamientos representan el mayor peligro geológico para el municipio de Irapuato, con énfasis al área urbana (tanto en percepción de la población como en la manifestación de daños a la infraestructura). En un segundo orden se identifica que el peligro por sismicidad, la inestabilidad de laderas y el vulcanismo se consideran componentes geológicas cuyo nivel de peligro representa un menor impacto.

En tanto que las componentes de licuación de suelos, karstificación y tsunamis representan una afectación nula al territorio municipal, ya que las condiciones geológicas y edafológicas no son las usuales para que estos eventos se manifiesten. Referente a los suelos expansivos, esta componente geológica toma relevancia por las características fisicoquímicas de los vertisoles que cubren la mayor parte del territorio. Se presentan a continuación las conclusiones y recomendaciones para cada componente que integran los fenómenos geológicos.

XVIII.1 Inestabilidad de laderas

Se ha realizado el análisis de susceptibilidad al deslizamiento de laderas bajo la metodología emitida por CENAPRED; para lo cual se seleccionaron trece sitios de interés. Como resultado, se establece que el rango de susceptibilidad global para el municipio de Irapuato es de nivel bajo, salvo dos áreas específicas en Villas de Irapuato y Rancho Nuevo Yóstiro, además de una fracción del cinturón vial Arandas; en donde la disposición natural

o la intervención de la construcción de infraestructura establece valores de susceptibilidad alta para los procesos de remoción de masas.

Como complemento, se ha analizado la precipitación pluvial y la sismicidad como factores desencadenantes de esta componente, sin embargo; estas condicionantes se pueden considerar mínimos, ya que para las precipitaciones en nivel medio necesarias para generar algún tipo de movimiento se identificó el periodo de retorno de 25 años (desde la zona urbana hacia el oriente). Sobre la microzonificación sísmica de Irapuato en conjunto con las condiciones geotécnicas que prevalecen en el subsuelo no implican la posibilidad de intensificación de las ondas sísmicas por efectos de sitio.

Para la evaluación del nivel de peligro, se ha tomado como factor determinante la pendiente natural y/o artificial de las laderas y taludes. Como resultado, la mayor parte de las laderas del municipio del territorio municipal representan niveles de Muy bajo a Medio, excepto las áreas del Cinturón Vial -Arandas y Rancho Nuevo Yóstiro con los rangos de Alto a Muy Alto.

Los rangos de vulnerabilidad física obtenidos oscilan de Bajo a Medio, los cuales están en función de los niveles de peligro identificados, dentro de las principales afectaciones se tiene la población, con 6,619 personas, además de 2,356 viviendas (urbanas y rurales) en las que se estima un monto equivalente a 1.06 billones de pesos, además de otros sistemas expuestos como comercios, escuelas públicas y privadas, vías de comunicación, entre otros.

Para la definición del riesgo se consideraron los niveles de peligro y vulnerabilidad, obteniendo rangos de Bajo y Medio en su mayoría; sin embargo, se identificaron rangos de valor Alto a Muy Alto, en particular los taludes que conforman el Cuarto Cinturón Vial - Arandas y la región cercana a Rancho Nuevo Yóstiro.

Una recomendación para la mitigación de riesgos por inestabilidad de laderas es la realización de estudios geotécnicos que contemplen la proyección de cargas hacia el subsuelo en las zonas de laderas y deberán propiciar la estabilidad de laderas naturales y taludes artificiales en función de las condiciones y características particulares de cada sitio; los cuales deberán contemplar acciones preventivas y de mitigación de procesos de remoción de masas durante la etapa constructiva y de operación.

XVIII.2 Licuación de suelos

La licuación de suelos es un fenómeno ampliamente conocido en el mundo y en México se cuenta con reportes asociados a eventos sísmicos en áreas costeras tanto del océano Pacífico como del Golfo de México. Sin embargo, la geología y propiedades particulares de los suelos que conforman el territorio de Irapuato no favorecen la posibilidad de que se presente este fenómeno, además de la baja sismicidad en la zona de estudio y de una baja posibilidad de que se presenten efectos de sitio en el subsuelo que impliquen manifestaciones de este tipo de eventos en la superficie.

Es recomendable mantener observación de la componente geológica; en particular en fracciones del territorio donde los estudios geotécnicos revelen estratos de suelos granulares y se detecte la presencia de cuerpos de agua someros que pudieran reflejar este fenómeno.

XVIII.3 Karsticidad

En Guanajuato se estima una superficie de 736 km^2 de terreno kárstico ubicado principalmente en la porción noreste del estado en los municipios de Atarjea, Xichú y Victoria, además de áreas menores en San Francisco del Rincón, San Miguel Allende y San Luis de la Paz.

Para el territorio de Irapuato, los reportes de la geología y edafología indican que no existen las condiciones naturales para la conformación de áreas kársticas. Sin embargo, se deberá de actualizar periódicamente la zonificación geotécnica del municipio en la medida que se genere más información en zonas que hoy en día no han sido estudiadas, a efecto de poder descartar por completo este riesgo geológico.

XVIII.4 Sismicidad

De acuerdo con la regionalización sísmica de México (CFE, 2015), la totalidad del territorio de Irapuato pertenece a la zona B, región donde no se registran sismos con frecuencia, pero se pueden percibir los que se generan en las zonas cercanas a la costa del océano Pacífico. El CENAPRED (2020), establece que en el municipio de Irapuato con posibles los

efectos de sitio en áreas de suelos blandos, además establece que en términos de intensidad sísmica se ubica entre los grados VI y VII de la escala de Mercalli modificada.

Se realizó la actualización de la microzonificación sísmica del territorio y se ha emitido el mapa de isoperiodos sísmicos, se destaca una amplitud del periodo dominante desde 0.114 s en la zona del Blvd. Mariano J. García hasta 0.356 s en la zona de Flores Magón Sur, sin embargo, el período dominante promedio equivale a 0.215 s. Los periodos más largos se encuentran ubicados en las zonas de Villas de Irapuato, Puente de Guadalupe y atrás de la Zona Militar, así como en las faldas del Cerro de Arandas, dicho mapa se puede tomar como valor de referencia para los diseños estructurales de viviendas y edificios, sin que esto elimine la necesidad de realizar estudios específicos en cada caso.

Para la vulnerabilidad asociada a la sismicidad se consideraron las características de los tipos de vivienda, en conjunto con los grados de intensidad de la escala de Mercalli modificada. Con base en ello se ha estimado como resultado un rango de vulnerabilidad Baja para la totalidad del municipio, influenciada ampliamente por el tipo de construcción presente, las cuales presentan un comportamiento sismorresistente en magnitudes e intensidades menores.

El riesgo sísmico se integra por los valores de peligro y vulnerabilidad específica, el cual se cataloga como Bajo para las condiciones prevalecientes. Sin embargo, se debe mantener atención a las alertas sísmicas emitidas por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) con sismos de magnitudes iguales o mayores a 7.

XVIII.5 Vulcanismo

La Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), atraviesa al país desde el estado de Veracruz hasta los estados de Colima, Jalisco y Michoacán, de esta forma; el municipio de Irapuato se encuentra localizado en la FVTM. La actividad volcánica cercana es de tipo monogenético en el Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato (CVMG) de los cuales se estima un tiempo de recurrencia de cada 128 años para una erupción. Otro tipo de actividad son los maares, en los cuales se estiman tiempos de recurrencia de 70,000 a 139,850 años, con probabilidades de ocurrencia para los próximos 50 años de 39% a 0.0358%; por lo que el nivel de peligro de estos eventos se considera de Bajo a Muy Bajo.

Con relación al volcán de Colima (estratovolcán), el municipio de Irapuato podría verse afectado por caída de ceniza de 2 a 4 horas posteriores a una erupción, en función de la intensidad específica del evento. Conforme a la estimación del peligro y dada la distancia del municipio con el volcán de Colima (160 km), la acumulación de ceniza podría ser mínima y el nivel de peligro se considera Muy Bajo. La vulnerabilidad considera como factor relevante los tipos de sistemas constructivos en las viviendas, en conjunto con el espesor de caída de cenizas; mediante este análisis se estima que la vulnerabilidad oscila en los rangos de Baja a Muy Baja. Con base en lo anterior, el nivel de riesgo se mantiene en los rangos Bajo a Muy Bajo.

Al ser un componente geológico de los más activos en México, se recomienda tener un monitoreo constante de los reportes del CENAPRED y del Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos (CUEV) de la Universidad de Colima; sobre la actividad del aparato volcánico y en caso de eventualidades, tomar las medidas necesarias en función de la intensidad de la erupción, dirección de vientos y cantidades de ceniza emitidas.

XVIII.6 Hundimientos y agrietamientos

Los efectos de la subsidencia asociada a la sobreexplotación de los acuíferos han sido ampliamente reportados en el municipio de Irapuato y dada la existencia de bastos antecedentes (información proporcionada por las dependencias), se han detectado diversas nomenclaturas para definir los mismos sitios, por lo que se le dio atención, seguimiento y se renombraron un total de 19 estructuras geológicas identificadas y georreferenciadas, de las cuales se midieron las longitudes que oscilan de 79 metros a 5.95 km de forma independiente y poco más de 30 km de forma integral, con anchos de afectación directa de 25 a 30 metros y 60 metros de zona de amortiguamiento. En la zona geotécnica del valle han sido reportados hundimientos máximos de 6.9 cm/año (INEGI, 2021), una magnitud que refleja de forma clara el potencial peligro que ha representado esta componente geológica desde al menos cuatro décadas atrás. Existen puntos dentro de la zona urbana que deben mantener observación de las manifestaciones sobre el terreno que puedan revelarse en la infraestructura, como es la Plaza Palmas o la colonia Progresiva el Jaral ya que no debemos perder de vista la presencia de arcillas expansivas.

Para la estimación del peligro se ha considerado un análisis matricial conformado por las variables de desplazamiento vertical (hundimiento) en contraste con la ubicación de los sitios en función de la zonificación geotécnica del municipio. En este análisis ha sido relevante la información obtenida en los registros de campo, en particular en las zonas

aledañas a los alineamientos de las fallas asociadas a esta fenomenología. Se estima que en las fallas 24 de abril y Apatzingán – Puente de Guadalupe el nivel de peligro equivale a un rango de peligro Muy Alto, lo cual es ampliamente respaldado por los registros históricos de las afectaciones aledañas a su trazo.

A 3 sistemas más les corresponde un rango de peligro Alto (La Pradera, Las Fuentes – García Téllez y Valle de Sol). Al resto de las fallas les corresponden los rangos Media a Muy Bajo, entendiendo que la dinámica de este fenómeno define un posible incremento de afectaciones en el futuro cercano.

Con respecto a la vulnerabilidad que representa este fenómeno, se ha estimado una afectación directa a una población equivalente de 4,606 personas, en conjunto con 1,373 viviendas familiares y un número importante de sistemas afectables. Para estimar los rangos de vulnerabilidad, se toma como base el tipo de vivienda (sistemas constructivos) en conjunto con la evaluación de los daños presentes. Destacan las fallas Apatzingán – Puente de Guadalupe y Reforma como las de un rango de vulnerabilidad Muy Alta y nueve más en el rango Alto. Con lo cual, la vulnerabilidad global derivada de este fenómeno implica pérdidas económicas relevantes a la población y el gobierno.

En la evaluación del nivel de riesgo, son tres sistemas de fallas los de mayor relevancia (24 de abril, Apatzingán, Puente de Guadalupe y Reforma), en los cuales se define un rango de riesgo Muy Alto, además de nueves sistemas más en el rango Alto.

Como conclusión de esta componente, el nivel de riesgo estimado infiere una labor continua para las autoridades municipales en el seguimiento del avance del alineamiento geológico (tanto en su longitud como en el ancho de afectaciones), así como en las labores de prevención y socialización de esta amenaza constante.

XVIII.7 Tsunamis

Los tsunamis son desencadenados por sismos, deslizamientos de tierra y vulcanismo marino y/o costero, principalmente. En México la mayoría de los tsunamis se presentan en la costa del Océano Pacífico y son causados por sismos de gran magnitud con epicentros en la zona de subducción de las placas tectónicas. En México se cuenta con el Sistema Nacional de Alerta de Tsunamis, que a su vez trabaja en coordinación con el Sistema de

Alerta de Tsunamis del Pacífico y en conjunto emiten los avisos preventivos ante eventos que representen peligro a la población.

Para el municipio de Irapuato, que se encuentra a una distancia mayor a 300 km de la zona más próxima de afectación, además de la altura sobre el nivel del mar considerable; el nivel de peligro para esta componente geológica se define como nulo o inexistente.

XVIII.8 Suelos expansivos

Un suelo expansivo es aquel susceptible de sufrir cambios volumétricos y son importantes por los problemas que pueden generan a la infraestructura estos movimientos diferenciales. El territorio de Irapuato se integra mayoritariamente por suelos tipo vertisol, que son altamente susceptibles a la expansión y contracción volumétrica, por lo que se deberá de continuar prestando atención a las acciones antropogénicas que pueden activar el fenómeno de expansión por prácticas constructivas deficientes en las que se modifique el estado natural del subsuelo.

XVIII.9 Colisiones con material asteroidal o cometario

Tras la compilación de estudios, reportes técnicos y bases de datos de instituciones nacionales e internacionales responsables de la observación y seguimiento de amenazas al planeta, se concluye que no existe un antecedente histórico y/o reciente de la ocurrencia de caída de material asteroidal o cometario en el territorio municipal de Irapuato, por lo que los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo están en un rango Bajo.

De acuerdo con los reportes oficiales, se tiene conocimiento de 78 objetos asteroidales que se encontrarán cercanos al planeta en los próximos 10 años, por lo que se deberá permanecer alerta a los reportes y avisos de las instituciones mexicanas responsables de este fenómeno.

XVIII.10 Tormentas solares

Cada año se presentan tormentas solares en todo el mundo, pueden llegar a ocasionar afectaciones a las redes de telecomunicaciones. En cuanto a la población, no existen reportes de afectaciones a la salud, además de la anticipación con la que se comunican ha ayudado a que se tomen precauciones; bajo estas consideraciones, esta componente astronómica representa un peligro de rango Bajo para el municipio de Irapuato.

XIX. BIBLIOGRAFÍA

Akinwumi, I., Ojuri, O., Ogbiye, A., & Booth, C. (2017). Propiedades de ingeniería de arcilla tropical y bentonita modificada con aserrín. *Acta Geotech. Slov., 14*, 47–56.

Alvarez Manilla A. A., P. R. (1996). Subsidencia y fallamiento en el Valle de Querétaro.

Álvarez-Rivera, O. O.-M. (2024). Distribución geográfica y características del medio físico natural de los ambientes kársticos de México. doi: http://doi.org/10.15174/au.2024.3840

ÁLvarez-Rivera, O. O.-M. (2024). Distribución geográfica y características del medio físico natural de los ambientes kársticos de México. *Acta universitaria, 34*. doi:http://doi.org/10.15174/au.2024.3840

ANR. (2025). *Atlas Nacional de Riesgos*. Obtenido de Indicadores Municipales de Peligro, Exposición y Vulnerabilidad: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/indicadores-municipales.html

Ayala, F. J., & Gijon, M. F. (1986). *Mapa Previsor de Riesgos de Expansividad de Arcillas en España a escala 1:1.000.000.* Centro de Estudios Experimentales (CEDEX) & Instituto Geológico y Minero de España.

Bautista, F. A.-Y. (2023). The karst landscapes of Mexico. *El karst de México*, 142-153.

Benjumea, B. (December de 2008). Vs30 and Fundamental Site Period Estimates in Soft Sediments of the Ottawa Valley from Near-Surface Geophysical Measurements. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 13*(4), 313-323.

Bracamontes Ceballos, B. (2015). Vehículos de la memoria asociados con el sismo y el desastre de 1941 en la ciudad de Colima, México. *Estudios sobre las Culturas Contemporáneas, XXI*, 125 - 142. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/316/31639208007/html/#:~:text=El

Cano Cruz, M. (2007). *Evolución del Volcán Hoya de Estrada.* (Vol. Tesis de Maestría). Querétaro, México:

Centro de Geociencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

Cano-Franco, V. (2023). Analysis and experimental validation of soils liquefaction through granulometric study. (U. N. Colombia, Ed.) *Revista DYNA*, 164-171. doi:doi.org/10.15446/dyna.v90n225.105204

CEAG. (2000). *Seguimiento del estudio hidrogeológico y modelo matemático del acuífero del Valle de Irapuato - Valle de Santiago - Huanimaro, Gto.* Guanajuato, Gto.: Comisión Estatal del Agua.

CENAPRED. (2001). DIAGNÓSTICO DE PELIGROS E IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN MÉXICO.

CENAPRED. (2006). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y AVENIDAS SÚBITAS EN ZONAS RURALES, CON ARRASTRE DE SEDIMENTOS.* México.

CENAPRED. (2006). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos.* (Vols. ISBN: 970-628-904-6.).

CENAPRED. (2008). *VOLCANES: peligro y riesgo volcánico en México.* México: Secretaría de Gobernación. Obtenido de http://www.proteccioncivil.gob.mx/work/models/ProteccionCivil/Resource/363/1/images/fasciculo_volcanes.pdf

CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos.* D.F.: CENAPRED.

CENAPRED. (2014). *Infografías "Volcán de Colima" Dispersión de ceniza y caída de balísticos*. Obtenido de https://www.gob.mx/cenapred/documentos/infografiass-volcan-de-colima

CENAPRED. (21 de 12 de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

CENAPRED. (2017). *Metodología para Realizar Estudios de Microzonificación Sísmica.* . Secretaria de Gobernación. Coordinación Nacional de Protección Civil de México.

CENAPRED. (2020). *Identificación de peligro sísmico a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país.* Recuperado el Agosto de 2023, de https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RS/210420_Informe_RS_CaracteristicasCFE2015.pdf

CENAPRED. (2021). *Análisis de umbrales de lluvia en municipios de alta marginación, expuestos a inestabilidad de laderas. Casos de Chiapas y Oaxaca.* Ciudad de México: CENAPRED.

CENAPRED. (2021). *Guía Básica pra la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos: Fenómeno Geológico.* México: Secretaría de Gobernación.

CENAPRED. (2021). *Proyecto Identificación de peligros y riesgos a nivel municipal que permita contar con información básica para el desarrollo posterior de atlas municipales en todo el país: Fenómenos Geológico-Geotécnicos.* México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CENAPRED. (2023). *Información Básica de Peligros Naturales a Nivel Municipal.* (D. d. Investigación, Ed.) Obtenido de Estado de Guanajuato, Municipio de Irapuato 11017: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Guanajuato/11017.pdf

CENAPRED. (2023). *Karsticidad. Soluciones estructurales y medidas de remediación.* . Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/872023/Tema_4_Karsticidad.pdf

CENAPRED. (2024). *Atlas Nacional de Riesgos*. Obtenido de Peligros geológicos: Sismos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/

CENAPRED. (22 de Agosto de 2024). *Declaratorias*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

CENAPRED. (2025). *Atlas Nacional de Riesgos.* Obtenido de Sistema nacional de información sobre riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html

Chen F. H. (1975). Foundation on expansive soil. *Elsevier Scientific Company,*.

CONAGUA. (2002). *Determinación de la disponibilidad de agau en el acuífero Irapuato-Valle, Estado de Guanajuato.*

CONAGUA. (2009). *Actualización de la disponibilidad media anual del agua subterrénea del Acuífero (1119) Irapuato-Valle, Estado de Guanajuato.* Diario Oficial de la Federación.

CONAGUA. (2020). *ACTUALIZACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD MEDIA ANUAL DE AGUA EN EL ACUÍFERO IRAPUATO-VALLE (1119), ESTADO DE GUANAJUATO* . México: Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterraneas, CONAGUA.

CONAGUA. (12 de Agosto de 2023). *Gerencia de Aguas Subterráneas*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAGUA. (2024). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el Acuífero Irapuato-Valle (1119), Estado de Guanajuato.* México.

CONAGUA. (2024). *Datos de estaciones climatologicas e hidrometeorologicas de la CONAGUA*. SMN, Ciudad de México.

CONAPO. (4 de Octubre de 2021). *CONAPO*. Obtenido de IMU_2020: https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONEVAL. (3 de Diciembre de 2019). *Documentos*. Obtenido de Dirección de Información y Comunicación Social: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/NOTA_INFORMATIVA_DIA_INTERNACIONAL_PERSONAS_CON_DISCAPACIDAD.pdf

COREMI. (2004). *Inventario físico de los recursos mineraledel municipio Irapuato, Gto*. Consejo de Recursos Minerales, Dirección de Minas de Guanajuato.

Dawson, A. y. (2000). Depósitos de tsunamis. *Geofísica pura y aplicada, 157 (6–8)*, 875 – 897. doi:https://doi.org/10.1007/s000240050010

Díaz Rodríguez, J. A. (1986). Comportamiento sísmico de suelos granulares. *DEPFI, UNAM*.

DOF. (21 de Diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Eaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Diario Oficial de la Federación*, pág. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf.

Dunbar, P. &. (2012). Global tsunami deposits database. *Natural Hazards, 63(1)*, 267–278. doi:https://doi.org/10.1007/s11069-011-9713-z

Duque Escobar, G. E. (2016). *Geomecánica en Ingeniería Civil*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

EM-DAR, C. (23 de 08 de 2024). *UCLouvain*. Obtenido de https://www.emdat.be/

ESA. (Octubre de 2024). *Centro de Coordinación de Objetos Cercanos a la Tierra (NEOCC)* . Obtenido de Agencia Espacial Europea: https://neo.ssa.esa.int/risk-list

FAO–UNESCO–ISRIC. (1988). *Soil Map of the World. Revised Legend*. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization–United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization–International Soil Reference and Information Centre.

Gams, I. (1993). Origin of the term "karst", and the transformation of the classical karst (kras). *Environmental Geology, 21(3)*, 110-114. Obtenido de https://doi.org/10.1007/BF00775293

García Acosta V., S. R. (1996). *Los sismos en la historia de México*. (Vol. Tomo I.). México DF: Fondo de Cultura Económica.

Garduño-Monroy, V. C.-H.-G.-R.-A.-M. (2009). Zonificación de los periodos naturales de oscilación superficial en la ciudad de Pátzcuaro, Mich., México, con base en microtremores y estudios de paleosismología. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 26*, 623 - 637.

GeoGrupo. (2018). *ZONIFICACIÓN Y RIESGOS GEOTÉCNICOS DE LA CIUDAD DE IRAPUATO GTO. Primera Etapa.*

GEOSEC. (2024). *Riesgo licuefacción, un fenómeno muy poco estudiado.* Obtenido de https://www.geosec.es/mejora-de-terreno/licuefaccion-terrenos/planificacion-y-control/

Gobierno de México. (Octubre de 2023). *Agencia Espacial Mexicana (AEM)*. Obtenido de https://www.gob.mx/aem/acciones-y-programas/antecedentes-de-la-aem

Gómez Tuena, A. O. (2005). Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Volumen Conmemorativo del Centenario*(Tomo LVII, Núm. 3), 227-283.

Gómez-Vasconcelos, M. G. (2018). El Volcán Paricutín en el campo volcánico Michoacán-Guanajuato: una revisión. *Ciencia Nicolaita, 74*, 15-30.

Guanajuato, H. C. (21 de 9 de 2018). *H. Congreso Estado Guanajuato*. Obtenido de LXV Legislatura: https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/1431/Ley_de_Protecci_n_Civil_para_el_Estado_de_Guanajuato_20181010.pdf

Guzmán Ventura, J. A. (2020). Fallas de licuación de suelos inducidas por el sismo de Tehuantepec del 7 de septiembre de 2017 (Mw 8.2) en la Ciudad de Coatzacoalcos, Veracruz, México. *Ingeniería Sísmica (102)*, 82-106. doi:https://doi.org/10.18867/ris.102.526

Hunt, R. E. (2005). *GEOTECHNICAL ENGINEERING INVESTIGATION HANDBOOK*. CRC Press.

IMPLAN. (2013). *ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE IRAPUATO 2013.* Irapuato: IMPLAN IRAPUATO.

INEGI. (20 de Septiembre de 2020). *Datos*. Obtenido de Temas: https://www.inegi.org.mx/datos/

INEGI. (2020). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda 2020: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469

INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*.

INEGI. (2021). *Detección de zonas de subsidencia en México con técnicas satelitales* (Vol. Volumen 2). Aguascalientes.

INEGI. (25 de 1 de 2021). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda - 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. (2022). *Red NAcional de Caminos (RNC)*. Obtenido de https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463770558

INEGI. (2023). *Sistemas de consulta*. Obtenido de Publicaciones: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007073

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Programas*. Obtenido de Panorama: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/

INEGI. (2024). *Sistemas de consulta de Cartas Temáticas*. Obtenido de Mapas: https://www.inegi.org.mx/app/mapas/

IPLANEG. (2021). *Censo 2020*. Obtenido de Guanajuato: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/resultados-del-censo-2020/

Irapuato, P. M. (2007). Normas Técnicas de Zonificación, Título Séptimo, Capítulo Segundo, Sección Segunda, De las prohibiciones para las estaciones de servicio. *Presidencia Municipal de Irapuato, Gto.*, pág. 146.

ISES. (Octubre de 2024). *Servicio Internacional del Medio Ambiente Espacial (ISES)*. Obtenido de http://www.spaceweather.org/

JAPAMI. (2024). Datos de piezometría de pozos dentro de la ciudad de Irapuato, Gto. *Respuesta de solicitud de información mediante oficio de IMPLAN 2023.* Irapuato, Guanajuato, México: Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Irapuato.

Jennings, J. N. (1985). *Karst geomorphology.* . New York: Blackwell Inc.

K. Johnson, M. V.-P. (2023). *Mapa de Riesgo Sísmico del Modelo Global de Terremotos (GEM) versión 2023.1*. doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.8409647

León, H. A. (14 de 5 de 2020). *H. Ayuntamiento de León*. Obtenido de Normativa municipal: https://apps.leon.gob.mx/aplicaciones/normasleyes/public/documentos/202005151238560.REGLAMENTO%20DEL%20SISTEMA%20MUNICIPAL%20DE%20PROTECCION%20CIVIL.pdf?normaPage=3

LICCSA, G. y. (2014). *SISTEMA DE FALLAS, PROGRAMAS DE SEGUIMIENTO Y ATENCIÓN A EFECTOS DE LAS DISCONTINUIDADES GEOLÓGICAS.* Irapuato: IMPLAN Irapuato.

Medina-Martínez CJ, S.-H. L.-C.-O.-G. (2022). Fibras naturales: una alternativa para el refuerzo de suelos expansivos. . *Sustainability, 14(15):9275*. doi:https://doi.org/10.3390/su14159275

Moreno Corral, M. T. (2024). *Instituto de Astronomía.* (UNAM, Ed.) Obtenido de La Historia del Instituto de Astronomía en México: https://astronomia.unam.mx/historia/

Nakamura, Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quaterly Report of the Railway Technical Research Institute*, 25-30.

Olivares, L. (11 de Mayo de 2024). Así se vieron las auroras boreales en México y otros países este 2024. *Correo*.

Ortiz H., y. O. (2021). *Tsunamis en la costa occidental de México y en el mar de Cortés.* (ISBN: 978-607-8811-21-2 ed.). México: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Pastor, J. T. (2018). Estudio comparativo del potencial de licuación de suelos usando las normas españolas y el Eurocódigo . *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Vol. 70, No. 3*, 761-778. doi:http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2018v70n3a9

Pilarczyk, J. D. (2014). Microfósiles de entornos costeros como indicadores de paleoterremotos, tsunamis y tormentas. *Paleogeografía, Paleoclimatología, Paleoecología., 413*, 144-157. doi:https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2014.06.033

PNUD. (20 de 6 de 2011). *PNUD*. Obtenido de Gestión del riesgo urbano: https://www.undp.org/es/publications/gestion-del-riesgo-urbano

RAE. (2024). *Real Academia Española.* Obtenido de Tsunami. Definición: https://dle.rae.es/tsunami?m=form

Sánchez A. J., F. S. (1993). *Catálogo de tsunamis (maremotos) en la costa occidental de México.* . US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National .

SCT. (2025). *TABULADOR DE COSTOS PARAMÉTRICOS PARA LA CONSTRUCCIÓN Y MODERNIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA CARRETERA 2025.* Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de

Infraestructura, Comunicaciones y Transportes, Ciudad de México.

SEDATU. (2018). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. Obtenido de Subsecretaría de Ordenamiento Territorial: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

Seed, H. B. (1971). Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential. *Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, 97(SM9)*, 1249-1273.

SEGOB. (01 de 04 de 2022). *Unidad de Política Migratoria*. Obtenido de Documentos: http://www.politicamigratoria.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/diag_Guan.pdf

SGM. (2017). *Servicio Geológico Mexicano*. Obtenido de Escalas de los Sismos: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html

SGM. (marzo de 2017). *Vulcanismo*. Obtenido de https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Vulcanismo.html

SINAPROC. (6 de 6 de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de INDESOL: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-civil-60762

SMAOT. (2021). *SEBIO-GTO*. Obtenido de Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato: http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/

SMN. (2024). *Aviso Especial por la actividad del Volcán Colima No. 322, 14:00 horas.* México: Servicio Meteorológico Nacional.

SMN. (2024). *Aviso Especial por la actividad del Volcán Colima No. 477, 14:00 horas.* México: Servicio Meteorológico Nacional.

Springall, G. y. (2020). Daños por arcillas expansivas en un conjunto habitacional en el bajío. *Geotecnia, Año 9 No. 255, 25-29.* (ISSN: 2594-1542.).

SSE. (2023). *Secretaria de Seguridad Pública*. (C. E. Guanajuato, Ed.) Obtenido de Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato: https://drive.google.com/file/d/1EdrxndRVEdc3JD7k-mWDpXYiflSphH_6/view?pli=1

SSN. (Octubre de 2025). *Servicio Sismológico Nacional*. Obtenido de Catalogo de Sismos: http://www2.ssn.unam.mx:8080/catalogo/

Suárez, G. (2021). *Catálogo de Sismos Históricos de México*. Obtenido de Catálogo de Sismos Históricos de México: http://www.sismoshistoricos.org/

Sun, S., Liu, B., & Wang, T. (2018). Mejora de las propiedades expansivas del suelo mediante aserrín. *Solid Waste Technol. Management, 44*, 78–85.

Torres-García, J. C.-O. (2022). Distribución de zonas potenciales de suelos expansivos en Guanajuato. *XXXI Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica y XXII Reunión Nacional de profesores de Ingeniería Geotécnica, ISSN: 04-2018-1031172626000-203* , págs. 447-453. Guadalajara, Jalisco, México.

Torres-García, J. y. (2012). Los suelos expansivos como componente de los riesgos geológicos en el estudio de los Atlas Municipales de Riesgos. *XXVI Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*, (págs. 1279-1283). Cancún, Quintana Roo, México.

Trujillo-Candelaria, J. A. (2010). *Estudio del fallamiento de terrenos en el área urbana de Irapuato, Gto.* JAPAMI e IMPLAN.

UANL. (2024). *Astronomía y Ciencias Espaciales*. Obtenido de Facultad de Ciencias Físico Matemáticas: https://www.fcfm.uanl.mx/

UNAM. (2024). *¿como nace un volcán?* Obtenido de Instituto de Geología: https://www.geologia.unam.mx/contenido/como-nace-un-volcan

UNAM. (Octubre de 2024). *Laboratorio Nacional de Clima Espacial (LANCE)*. Obtenido de https://www.lance.unam.mx/

UNAM. (6 de Mayo de 2024). Meteoritos en México: maravillas del espacio en nuestro país. *Globla Revista*. Obtenido de https://unamglobal.unam.mx/global_revista/meteoritos-en-mexico-maravillas-del-espacio-en-nuestro-pais/

UNAM. (Octubre de 2024). *Observatorio de Centelleo Interplanetario (MEXART)*. Obtenido de http://www.mexart.unam.mx/index.php

UNAM. (Octubre de 2024). *Repositorio Institucional de Clima Espacial (RICE)*. Obtenido de https://www.rice.unam.mx/

UNAM. (Octubre de 2024). *Servicio de Clima Espacial México (SCIESMEX)*. Obtenido de https://www.sciesmex.unam.mx/

UNDRR. (18 de 12 de 2019). *UNDRR*. Obtenido de UN: https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20240923

UNESCO. (2019). *Glosario de tsunamis.* París: Comisión Oceanográfica Intergubernamental. Colección Técnica de la COI.

Universidad de Colima. (Julio de 2024). *Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos*. Obtenido de Volcán de Colima: https://portal.ucol.mx/cueiv/

Urbanas, O. (2024). *Obras Urbanas*. Obtenido de Comparación de metodologías para la estimación

de riesgos de movimientos de masas: https://obrasurbanas.es/

USGS. (2025). *Controlador de encabezadoVs30 Map Viewer*. Obtenido de https://usgs.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8ac19bc334f747e486550f32837578e1

Vargas Moreno C. O., F. L. (2016). Evaluación de la vulnerabilidad a la licuación de arenas. *Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica*.

Yazdandoust, F. &. (2010). Effect of cyclic wetting and drying on swelling behavior of polymer-stabilized expansive clays. *Applied Clay Science*(doi.org/10.1016/j.clay.2010.09.006), 50(6), 461-468.

Yegian, M. a. (1978). Risk analysis for earthquake-induced ground failure by liquefaction. *Journal of the Geotechnical Division ASCE, 104 (GT7)*, 921-938.

Youd, T. a. (2001). Liquefaction resistance of soils: Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF workshops on evaluation of liquefaction resistance. . *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127 (4)*, 297-313.

Zepeda G., J. A. (1989). *Distribución de suelos expansivos en la República Mexicana.* . Curso internacional de mecánica de suelos arcillosos, México.

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENO HIDROMETEOROLÓGICO

2025

Responsable del fenómeno:
Ing. Norma Claudia Calderón Rosas

Colaborador:
M.C. José Roberto Regalado Arreola

Índice

I. Introducción ..... - 355 -
II. Objetivo ..... - 357 -
III. Metodología general ..... - 359 -
IV. Estado del arte ..... - 361 -
V. Información climatológica consultada ..... - 373 -
VI. Taller participativo con dependencias ..... - 377 -
VII. Ciclón tropical ..... - 387 -
VII.1 Antecedentes ..... - 387 -
VII.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 390 -
VII.2 Metodología ..... - 391 -
VII.3 Memoria de cálculo ..... - 397 -
VII.4 Peligro, vulnerabilidad y riesgo por ciclones tropicales ..... - 400 -
VIII. Heladas ..... - 405 -
VIII.1 Introducción ..... - 405 -
VIII.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 407 -
VIII.2 Metodología ..... - 408 -
VIII.3 Memoria de cálculo ..... - 408 -
VIII.4 Peligro por heladas ..... - 414 -
VIII.5 Vulnerabilidad física por heladas ..... - 418 -
VIII.6 Vulnerabilidad agrícola por heladas ..... - 421 -
VIII.7 Riesgo por heladas ..... - 432 -
IX. Ondas cálidas ..... - 437 -
IX.1 Introducción ..... - 437 -
IX.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 438 -
IX.2 Metodología ..... - 439 -
IX.2.1 Comportamiento de la temperatura máxima ..... - 443 -

IX.3 Peligro por ondas cálidas ..... - 446 -
IX.4 Vulnerabilidad física por ondas cálidas ..... - 452 -
IX.5 Riesgo por ondas cálidas ..... - 455 -
X. Sequías ..... - 457 -
X.1 Introducción ..... - 457 -
X.2 Origen y características de las sequías ..... - 461 -
X.3 Las sequías en el municipio de Irapuato ..... - 462 -
X.3.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 463 -
X.3.2 Determinación de eventos de sequía en el municipio de Irapuato ..... - 464 -
X.4 Peligro por sequías ..... - 467 -
X.5 Vulnerabilidad social por sequías ..... - 486 -
X.6 Riesgo por sequías ..... - 490 -
X.6.1 Metodología ..... - 491 -
X.6.2 Memoria de cálculo ..... - 493 -
XI. Tormentas de granizo ..... - 497 -
XI.1 Definición y formación del granizo ..... - 497 -
XI.1.1 Afectaciones al ser humano por la ocurrencia de tormentas de granizo ..... - 498 -
XI.1.2 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 499 -
XI.2 Susceptibilidad por tormentas de granizo ..... - 500 -
XI.3 Peligro por tormentas de granizo ..... - 503 -
XI.4 Vulnerabilidad y riesgo por tormentas de granizo ..... - 513 -
XII. Tormentas eléctricas ..... - 521 -
XII.1 Definición y formación de las tormentas eléctricas ..... - 521 -
XII.1.1 Afectaciones al ser humano por la ocurrencia de tormentas eléctricas ..... - 529 -
XII.1.2 Tormentas eléctricas y su relación con el medio ambiente ..... - 530 -
XII.1.3 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 530 -
XII.2 Susceptibilidad por tormentas eléctricas ..... - 531 -
XII.3 Peligro por tormentas eléctricas ..... - 534 -
XII.4 Vulnerabilidad y riesgo por tormentas eléctricas ..... - 543 -
XIII. Inundaciones fluviales ..... - 551 -
XIII.1 Inundaciones históricas en el municipio ..... - 552 -

XIII.2 Inundaciones y encharcamientos ..... - 553 -
XIII.2.1 Recorrido de cauces 2013 ..... - 554 -
XIII.2.2 Recorrido e inspección de cauces 2024 ..... - 556 -
XIII.2.3 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013 ..... - 563 -
XIII.3 Evolución del software HEC-RAS en la modelación de inundaciones en una y dos dimensiones ..... - 564 -
XIII.3.1 Simulaciones hidrológicas: evaluación de los procesos de escorrentía ..... - 565 -
XIII.3.2 Simulaciones hidráulicas: predicción del comportamiento del agua en el terreno - 566 -
XIII.3.3 Integración de simulaciones en la gestión del riesgo de inundaciones ..... - 566 -
XIII.3.4 Beneficios de las simulaciones en la planificación urbana y la adaptación al cambio climático ..... - 567 -
XIII.4 Metodología ..... - 567 -
XIII.5 Peligro por inundaciones fluviales ..... - 567 -
XIII.5.1 Delimitación de microcuencas ..... - 568 -
XIII.5.2 Partes de una cuenca ..... - 570 -
XIII.5.3 División de la cuenca hidrográfica ..... - 571 -
XIII.5.4 Metodología para la delimitación de cuencas ..... - 572 -
XIII.5.5 Número de curva ..... - 574 -
XIII.6 Análisis hidrometeorológico ..... - 577 -
XIII.6.1 Estaciones climatológicas ..... - 577 -
XIII.6.2 Polígonos de Thiessen ..... - 578 -
XIII.6.3 Precipitación ..... - 581 -
XIII.7 Curvas Intensidad – Duración – Periodo de Retorno ..... - 594 -
XIII.7.1 Análisis del modelo hidrológico de avenidas ..... - 608 -
XIII.7.2 Modelación hidráulica ..... - 624 -
XIII.7.3 Modelización hidrodinámica ..... - 626 -
XIII.7.4 Modelos unidimensionales ..... - 626 -
XIII.7.5 Modelos bidimensionales ..... - 627 -
XIII.7.6 Software utilizado y esquema numérico ..... - 628 -
XIII.7.7 Datos necesarios para la construcción de la simulación ..... - 630 -

XIII.7.8 Topografía del terreno ..... - 630 -
XIII.7.9 Hidrología ..... - 630 -
XIII.7.10 Uso de suelo ..... - 630 -
XIII.7.11 Condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo ..... - 630 -
XIII.7.12 Condiciones de simulación ..... - 631 -
XIII.7.13 Velocidades de flujo en inundaciones fluviales ..... - 632 -
XIII.7.14 Periodo de retorno: Evento de 500 años ..... - 636 -
XIII.7.15 Clasificación de la pendiente ..... - 640 -
XIII.8 Vulnerabilidad por inundaciones fluviales ..... - 648 -
XIII.8.1 Tipología de la vivienda ..... - 650 -
XIII.8.2 Funciones de vulnerabilidad para el menaje de casa ..... - 653 -
XIII.8.3 Identificación de la vulnerabilidad por inundaciones fluviales en zonas urbanas: el ser humano como prioridad ..... - 657 -
XIII.9 Riesgo por inundaciones fluviales. ..... - 661 -
XIV. Tornados ..... - 665 -
XIV.1 Clasificación de los tornados ..... - 667 -
XIV.2 Distribución de los tornados en México ..... - 668 -
XIV.3 Zonificación eólica de CFE. ..... - 672 -
XIV.3.1 Daños potenciales en zonas urbanas ..... - 675 -
XIV.3.2 Daños potenciales en zonas rurales ..... - 676 -
XV. Bibliografía ..... - 679 -

Índice de figuras

Figura 1: Referencias para la actualización del atlas de riesgos del municipio de Irapuato.- 359 -

Figura 2: Tajo junto al vertedor de demasías Presa El Conejo, 18-VII-1973. ..... - 362 -

Figura 3: Climograma 1991-2020, Estación 11001-Abasolo. ..... - 373 -

Figura 4: Climograma 1991-2020, Estación 11003-Agua Tibia ..... - 374 -

Figura 5: Climograma 1991-2020, Estación 11004-Abasolo. ..... - 374 -

Figura 6: Climograma 1991-2020, Estación 11014-Cuerámaro. ..... - 374 -

Figura 7: Climograma 1991-2020, Estación 11028-Irapuato. ..... - 374 -

Figura 8: Climograma 1991-2020, Estación 11041-Los Razos. ..... - 375 -

Figura 9: Climograma 1991-2020, Estación 11124-El Chapin ..... - 375 -

Figura 10: Climograma 1991-2020, Estación 11134-El Conejo ..... - 375 -

Figura 11: Climograma 1991-2020, Estación 11137-Presa La Purísima. ..... - 375 -

Figura 12: Climograma 1991-2020, Estación 11168-San Juan Temascatío ..... - 376 -

Figura 13: Participantes de la mesa de trabajo del fenómeno hidrometeorológico. ..... - 379 -

Figura 14: Zonas ciclogénicas que afectan a México. ..... - 387 -

Figura 15: Pronóstico de ciclones tropicales para México para 2024. ..... - 389 -

Figura 16: Trayectorias históricas de huracanes a su paso por el estado de Guanajuato y cercanas al municipio de Irapuato. ..... - 390 -

Figura 17: Nivel de peligro por presencia de ciclones tropicales descrito en 2013. ..... - 391 -

Figura 18: Probabilidad de ocurrencia para depresiones tropicales (DT) en México. ..... - 392 -

Figura 19: Probabilidad de ocurrencia para tormentas tropicales (TT) en México. ..... - 393 -

Figura 20: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo I (H1) en México. ..... - 394 -

Figura 21: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo II (H2) en México. ..... - 395 -

Figura 22: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo III (H3) en México. ..... - 396 -

Figura 23: Libro de Excel: Calculo_Tr_Ciclones2005_2.2.xls, hoja correspondiente a la costa del Pacífico ..... - 400 -

Figura 24: Infografías emitidas por CENAPRED para el acercamiento y alejamiento de ciclón a costas mexicanas. .....- 404 -

Figura 25: Mapas de T_r de 5, 10, 25 y 50 años para temperatura mínima del ARM Irapuato 2013. .....- 407 -

Figura 26: Determinación de factores condicionantes del componente de heladas.....- 408 -

Figura 27: Infografía relativa a la temporada invernal.....- 435 -

Figura 28: Mapa de percentil 90 elaborado para el atlas de Irapuato 2013. .....- 438 -

Figura 29: Aparición de temperaturas altas máximas, mínimas y ondas de calor.....- 439 -

Figura 30: Infografía emitida por CENAPRED para el tema de ondas de calor a nivel nacional. - 455 -

Figura 31: Evolución y porcentaje de la superficie de México afectado con una o varias categorías de sequía. .....- 458 -

Figura 32: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de diciembre del 2024. ...- 460 -

Figura 33: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de septiembre del 2024...- 460 -

Figura 34: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de mayo del 2024. .....- 461 -

Figura 35: Mapa de peligro por sequías en el documento del atlas 2013. .....- 464 -

Figura 36: Grado de peligro por sequía a nivel municipal.....- 484 -

Figura 37: Infografías relativas a la conmemoración del día contra la desertificación y la sequía en México. .....- 495 -

Figura 38: Formación de tormenta de granizo en la atmósfera. .....- 497 -

Figura 39: Estimación del tamaño del granizo de acuerdo a la NOAA. .....- 498 -

Figura 40: Daños a infraestructura y cosecha de trigo por tormenta de granizo en Irapuato. ....- 499 -

Figura 41: Mapa de valores máximos anuales de días con tormentas eléctricas. .....- 500 -

Figura 42: Recomendaciones ante una eventualidad por tormenta de granizo.....- 520 -

Figura 43: Ejemplo de tormenta eléctrica en el municipio de Irapuato.....- 522 -

Figura 44: Tipos de descargas eléctricas durante una tormenta. .....- 522 -

Figura 45: Promedio mes de enero de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. .....- 523 -

Figura 46: Promedio mes de febrero de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. .....- 524 -

Figura 47: Promedio mes de marzo de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. .....- 524 -

Figura 48: Promedio mes de abril de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 525 -

Figura 49: Promedio mes de mayo de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 525 -

Figura 50: Promedio mes de junio de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 526 -

Figura 51: Promedio mes de julio de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 526 -

Figura 52: Promedio mes de agosto de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 527 -

Figura 53: Promedio mes de septiembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 527 -

Figura 54: Promedio mes de octubre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 528 -

Figura 55: Promedio mes de noviembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 528 -

Figura 56: Promedio mes de diciembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato. ..... - 529 -

Figura 57: Mapa de valores máximos anuales de días con tormentas eléctricas. ..... - 531 -

Figura 58: Número de días con tormenta eléctrica (promedio anual). ..... - 534 -

Figura 59: Mapa promedio anual de densidad de rayos a tierra en el estado de Guanajuato.. - 535 -

Figura 60. Estadísticas de víctimas de rayos a nivel nacional. ..... - 544 -

Figura 61. Estadísticas de víctimas de rayos para el estado de Guanajuato. ..... - 544 -

Figura 62. Estadísticas de víctimas de rayos para el municipio de Irapuato..... - 545 -

Figura 63: Calle Constitución, Col. Constitución de Apatzingán. ..... - 545 -

Figura 64: Calle Palmera, Col. El Carmen..... - 546 -

Figura 65: Contraste de infraestructura El Carrizalito – Villas de Irapuato..... - 546 -

Figura 66: Infografía emitida por CENAPRED para el tema de tormentas eléctricas a nivel nacional. ..... - 549 -

Figura 67: Diferencias del ciclo hidrológico en zona urbana y rural. ..... - 552 -

Figura 68: Analogía de la balanza de Lane..... - 557 -

Figura 69: Ejemplo de ficha de campo para recorridos de cauces. ..... - 558 -

Figura 70: Evidencias de recorrido de cauces. ..... - 562 -

Figura 71: Mapa de llanura de inundación para el municipio de Irapuato 2013. .....- 563 -
Figura 72. Velocidades obtenidas para el Arroyo Zarco. .....- 636 -
Figura 73: Perfil longitudinal 1 (San Miguel de Villalobos-Tomelopitos). .....- 641 -
Figura 74: Perfil longitudinal 2 (Aldama-Tomelopitos). .....- 641 -
Figura 75: Perfil longitudinal 3 (Comederito-Tomelopitos).....- 641 -
Figura 76: Perfil longitudinal 4 (Rancho de Los Rodríguez-Tomelopitos). .....- 642 -
Figura 77: Relaciones de la vulnerabilidad global. .....- 649 -
Figura 78: Materiales de construcción para viviendas en México. .....- 650 -
Figura 79: Combinaciones para un tipo de vivienda, según el material usado en techo y muros. .....- 651 -
Figura 80: Menaje para la vivienda tipo I (una sola planta).....- 654 -
Figura 81: Menaje para la vivienda tipo II (una sola planta).....- 654 -
Figura 82: Menaje para la vivienda tipo III (una sola planta).....- 655 -
Figura 83: Menaje para la vivienda tipo IV (dos plantas). .....- 655 -
Figura 84: Menaje para la vivienda tipo V (dos plantas y azotea).....- 656 -
Figura 85: Recomendaciones por parte de CENAPRED ante la ocurrencia de inundaciones.....- 664 -
Figura 86: Formación de un tornado.....- 665 -
Figura 87: Distribución espacial de tornados ocurridos en territorio mexicano. .....- 669 -

Índice de gráficas

Gráfica 1: Presencia de eventos desastrosos a través del tiempo en México. .....- 356 -
Gráfica 2: Comparativa de superficie sembrada y cosechada para los 5 principales cultivos en Irapuato.....- 431 -
Gráfica 3: Comportamiento de sequías por intensidad en el municipio de Irapuato, (2003-2025). .....- 463 -
Gráfica 4: Promedio diario anual de lluvia (1950-2020) en la estación 11004-Aldama.....- 467 -
Gráfica 5: Promedio diario anual de lluvia (1904-2024) en la estación 11028-Irapuato.....- 467 -
Gráfica 6: Promedio diario anual de lluvia (1978-2024) en la estación 11134-El Conejo. .....- 468 -

Gráfica 7: Promedio diario anual de lluvia (1994-2024) en la estación 11168-San Juan Temascatío. ..... - 468 -
Gráfica 8: Comportamiento mensual de días con tormenta de granizo por estación analizada. ..... - 504 -
Gráfica 9: Comportamiento mensual de días con tormenta eléctrica por estación analizada. - 535 -
Gráfica 10: Series de tiempo de la estación Aldama. ..... - 582 -
Gráfica 11: Series de tiempo de la estación El Conejo. ..... - 582 -
Gráfica 12: Series de tiempo de la estación El Chapín. ..... - 583 -
Gráfica 13: Series de tiempo de la estación San Juan Temascatío. ..... - 583 -
Gráfica 14: Series de tiempo de la estación Irapuato. ..... - 584 -
Gráfica 15: Función de distribución de probabilidad para la estación Aldama. ..... - 587 -
Gráfica 16: Función de distribución de probabilidad para la estación El Conejo. ..... - 589 -
Gráfica 17: Función de distribución de probabilidad para la estación El Chapín. ..... - 590 -
Gráfica 18: Función de distribución de probabilidad para la estación San Juan Temascatío. ..... - 592 -
Gráfica 19: Función de distribución de probabilidad para la estación Irapuato. ..... - 594 -
Gráfica 20: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación Aldama. ..... - 596 -
Gráfica 21: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación El Conejo. ..... - 597 -
Gráfica 22: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación El Chapín. ..... - 598 -
Gráfica 23: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación San Juan Temascatío. - 599 -
Gráfica 24: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación Irapuato. ..... - 600 -
Gráfica 25: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación Aldama. ..... - 601 -
Gráfica 26: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación El Conejo. ..... - 601 -
Gráfica 27: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación El Chapín. ..... - 602 -
Gráfica 28: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación San Juan Temascatío. ..... - 602 -
Gráfica 29: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación Irapuato. ..... - 603 -
Gráfica 30. Hietograma para la estación Aldama Tr = 2 años ..... - 609 -
Gráfica 31. Hietograma para la estación Aldama Tr = 5 años ..... - 610 -
Gráfica 32. Hietograma para la estación Aldama Tr = 10 años ..... - 610 -
Gráfica 33. Hietograma para la estación Aldama Tr = 20 años ..... - 610 -

Gráfica 34. Hietograma para la estación Aldama Tr = 50 años ..... - 611 -
Gráfica 35. Hietograma para la estación Aldama Tr = 100 años ..... - 611 -
Gráfica 36. Hietograma para la estación Aldama Tr = 250 años ..... - 611 -
Gráfica 37. Hietograma para la estación Aldama Tr = 500 años ..... - 612 -
Gráfica 38. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 2 años ..... - 612 -
Gráfica 39. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 5 años ..... - 612 -
Gráfica 40. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 10 años ..... - 613 -
Gráfica 41. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 20 años ..... - 613 -
Gráfica 42. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 50 años ..... - 613 -
Gráfica 43. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 100 años ..... - 614 -
Gráfica 44. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 250 años ..... - 614 -
Gráfica 45. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 500 años ..... - 614 -
Gráfica 46. Hietograma para la estación El Chapín Tr = 2 años ..... - 615 -
Gráfica 47. Hietograma para la estación el Chapín tr = 5 años ..... - 615 -
Gráfica 48. Hietograma para la estación El Chapín tr = 10 años ..... - 615 -
Gráfica 49. Hietograma para la estación El Chapín tr = 20 años ..... - 616 -
Gráfica 50. Hietograma para la estación El Chapín tr = 50 años ..... - 616 -
Gráfica 51. Hietograma para la estación El Chapín tr = 100 años ..... - 616 -
Gráfica 52. Hietograma para la estación El Chapín tr = 250años ..... - 617 -
Gráfica 53. Hietograma para la estación El Chapín tr = 500 años ..... - 617 -
Gráfica 54. Hietograma para la estación San Juan Temascatío Tr = 2 años ..... - 617 -
Gráfica 55. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 5 años ..... - 618 -
Gráfica 56. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 10 años ..... - 618 -
Gráfica 57. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 20 años ..... - 618 -
Gráfica 58. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 50 años ..... - 619 -
Gráfica 59. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 100 años ..... - 619 -
Gráfica 60. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 250 años ..... - 619 -
Gráfica 61. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 500 años ..... - 620 -
Gráfica 62. Hietograma para la estación Irapuato Tr = 2 años..... - 620 -
Gráfica 63. Hietograma para la estación Irapuato tr = 5 años..... - 620 -

Gráfica 64. Hietograma para la estación Irapuato tr = 10 años ..... - 621 -
Gráfica 65. Hietograma para la estación Irapuato tr = 20 años ..... - 621 -
Gráfica 66. Hietograma para la estación Irapuato tr = 50 años ..... - 621 -
Gráfica 67. Hietograma para la estación Irapuato tr = 100 años ..... - 622 -
Gráfica 68. Hietograma para la estación Irapuato tr = 250 años ..... - 622 -
Gráfica 69. Hietograma para la estación Irapuato tr = 500 años ..... - 622 -
Gráfica 70: Función de vulnerabilidad vivienda tipo I. ..... - 657 -
Gráfica 71: Función de vulnerabilidad vivienda tipo II. ..... - 657 -
Gráfica 72: Función de vulnerabilidad vivienda tipo III. ..... - 657 -
Gráfica 73: Función de vulnerabilidad vivienda tipo IV. ..... - 657 -
Gráfica 74: Función de vulnerabilidad vivienda tipo V. ..... - 657 -

Índice de mapas

Mapa 1: Ubicación de Irapuato con respecto a los litorales mexicanos. ..... - 399 -
Mapa 2: Mapa de peligro por ciclones tropicales. ..... - 401 -
Mapa 3: Mapa de vulnerabilidad por ciclones tropicales. ..... - 402 -
Mapa 4: Mapa de riesgo por ciclones tropicales. ..... - 403 -
Mapa 5: Ubicación geográfica de estaciones climatológicas del SMN. ..... - 410 -
Mapa 6: Temperatura mínima determinada por heladas ..... - 413 -
Mapa 7: Gradiente térmico por heladas. ..... - 415 -
Mapa 8: Peligro por heladas. ..... - 416 -
Mapa 9: Vulnerabilidad por heladas. ..... - 420 -
Mapa 10: Riesgo por heladas. ..... - 434 -
Mapa 11: Temperatura máxima determinada por ondas cálidas. ..... - 442 -
Mapa 12: Gradiente térmico por ondas de calor. ..... - 448 -
Mapa 13: Peligro por ondas de calor. ..... - 449 -
Mapa 14: Vulnerabilidad por ondas cálidas en el municipio de Irapuato. ..... - 454 -
Mapa 15: Índice de Precipitación Estandarizado mes de enero. ..... - 472 -

Mapa 16: Índice de Precipitación Estandarizado mes de febrero.....- 473 -
Mapa 17: Índice de Precipitación Estandarizado mes de marzo.....- 474 -
Mapa 18: Índice de Precipitación Estandarizado mes de abril.....- 475 -
Mapa 19: Índice de Precipitación Estandarizado mes de mayo.....- 476 -
Mapa 20: Índice de Precipitación Estandarizado mes de junio.....- 477 -
Mapa 21: Índice de Precipitación Estandarizado mes de julio.....- 478 -
Mapa 22: Índice de Precipitación Estandarizado mes de agosto.....- 479 -
Mapa 23: Índice de Precipitación Estandarizado mes de septiembre.....- 480 -
Mapa 24: Índice de Precipitación Estandarizado mes de octubre.....- 481 -
Mapa 25: Índice de Precipitación Estandarizado mes de noviembre.....- 482 -
Mapa 26: Índice de Precipitación Estandarizado mes de diciembre.....- 483 -
Mapa 27: Nivel de peligro por sequías.....- 485 -
Mapa 28: Vulnerabilidad por sequías.....- 489 -
Mapa 29: Nivel de peligro por tormentas de granizo.....- 506 -
Mapa 30: Nivel de vulnerabilidad por tormentas de granizo.....- 516 -
Mapa 31: Riesgo por tormentas eléctricas.....- 518 -
Mapa 32: Nivel de peligro por tormentas eléctricas.....- 537 -
Mapa 33: Nivel de vulnerabilidad por tormentas eléctricas.....- 548 -
Mapa 34: Nivel de riesgo por tormentas eléctricas.....- 550 -
Mapa 35: Polígonos de Thiessen.....- 580 -
Mapa 36: Peligro por inundaciones para Tr=500 años.....- 638 -
Mapa 37: Análisis de pendiente del municipio.....- 643 -
Mapa 38: Perfiles longitudinales.....- 644 -
Mapa 39: Peligro por inundaciones fluviales.....- 646 -
Mapa 40: Vulnerabilidad poblacional por inundaciones.....- 659 -
Mapa 41: Riesgo por inundaciones fluviales.....- 663 -
Mapa 42: Municipios cercanos a Irapuato con reportes de tornado.....- 671 -
Mapa 43: Información eólica elaborado por CFE.....- 674 -
Mapa 44: Peligro por tornados.....- 677 -

Índice de tablas

Tabla 1: Búsqueda hemerográfica relativa a componentes hidrometeorológicos. .....- 364 -

Tabla 2: Escala Saffir-Simpson.....- 388 -

Tabla 3: Valores de probabilidad de ocurrencia en el municipio de Irapuato.....- 397 -

Tabla 4: Probabilidad anual y tiempo de retorno para ciclones tropicales en el municipio de Irapuato.....- 400 -

Tabla 5: Tipos de heladas. .....- 405 -

Tabla 6: Declaratorias por heladas en el municipio de Irapuato (2000-2024). .....- 407 -

Tabla 7: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos. .....- 408 -

Tabla 8: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos. .....- 411 -

Tabla 9: Resultados del cálculo de $\boldsymbol{TDet}$ para cada estación analizada. .....- 412 -

Tabla 10: Clasificación de rangos de temperatura para peligro por heladas.....- 414 -

Tabla 11: Colonias con peligro Medio por heladas. .....- 417 -

Tabla 12: Localidades con peligro Medio por heladas.....- 417 -

Tabla 13: Población por nivel componente de vulnerabilidad social a heladas.....- 419 -

Tabla 14: Superficies del reporte de cierre agrícola 2014 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 421 -

Tabla 15: Superficies del reporte de cierre agrícola 2015 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 422 -

Tabla 16: Superficies del reporte de cierre agrícola 2016 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 423 -

Tabla 17: Superficies del reporte de cierre agrícola 2017 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 424 -

Tabla 18: Superficies del reporte de cierre agrícola 2018 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 425 -

Tabla 19: Superficies del reporte de cierre agrícola 2019 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 426 -

Tabla 20: Superficies del reporte de cierre agrícola 2020 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 427 -

Tabla 21: Superficies del reporte de cierre agrícola 2021 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. .....- 427 -

Tabla 22: Superficies del reporte de cierre agrícola 2022 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. ..... - 428 -

Tabla 23: Superficies del reporte de cierre agrícola 2023 de Irapuato; unidad de medida: hectárea. ..... - 429 -

Tabla 24: Superficies siniestrada (hectáreas) para los principales cultivos en Irapuato. ..... - 431 -

Tabla 25: Monto anual de pérdida para los cultivos reportados con superficie siniestrada. - 432 -

Tabla 26: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos. ..... - 439 -

Tabla 27: Resultados del cálculo de $\boldsymbol{TDet}$ para cada estación analizada. ..... - 440 -

Tabla 28: Ejemplo cálculo P90 para datos de la estación 11041 – Los Razos. ..... - 443 -

Tabla 29: Resultados de P90 para estaciones en zona de estudio. ..... - 445 -

Tabla 30: Clasificación de rangos de temperatura para peligro por ondas cálidas. ..... - 446 -

Tabla 31: Identificación de colonias por nivel de peligro por ondas de calor. ..... - 450 -

Tabla 32: Análisis a nivel AGEB de la vulnerabilidad social a ondas cálidas. ..... - 453 -

Tabla 33: Clasificación de la sequía por su intensidad. ..... - 459 -

Tabla 34: Intensidades quincenales de sequía registradas para el municipio de Irapuato (2005-2025). ..... - 462 -

Tabla 35: Análisis de duración e intensidad de las sequías presentadas en el municipio. ... - 465 -

Tabla 36: Clasificación del SPI en periodos húmedos y secos. ..... - 470 -

Tabla 37: Vulnerabilidades principales a sequías por tipo de población. ..... - 487 -

Tabla 38: Cuantificación de AGEBs por nivel de vulnerabilidad social a sequías. ..... - 490 -

Tabla 39: Cálculo de distribución de Poisson para tormentas de granizo. ..... - 502 -

Tabla 40: Análisis de datos referentes a tormentas de granizo al año por estación. ..... - 503 -

Tabla 41: Nivel de peligro con base en el IPTG de CENAPRED. ..... - 505 -

Tabla 42: Identificación de colonias por nivel de peligro para tormentas de granizo. ..... - 507 -

Tabla 43: Identificación de localidades por nivel de peligro para tormentas de granizo. ... - 510 -

Tabla 44: Matriz de evaluación de riesgo por tormentas de granizo. ..... - 517 -

Tabla 45: Cuantificación de la superficie municipal por nivel de riesgo de tormentas de granizo. ..... - 517 -

Tabla 46: Acciones en caso de ocurrencia de tormenta de granizo. ..... - 519 -

Tabla 47: Cálculo de distribución de Poisson para tormentas eléctricas. ..... - 533 -

Tabla 48: Promedio de días con granizo al año. ..... - 536 -

Tabla 49: Identificación de localidades urbanas y rurales por peligro a tormentas eléctricas.....- 538 -
Tabla 50: Identificación de comunidades rurales por peligro a tormentas eléctricas. .....- 539 -
Tabla 51: Matriz de evaluación de riesgo por tormentas de eléctricas. .....- 549 -
Tabla 52: Diferencia entre inundación y encharcamiento.....- 553 -
Tabla 53: Puntos problemáticos por inundaciones en Irapuato, junio 2013.....- 554 -
Tabla 54: Zonas de riesgo a inundación por cercanía a corrientes de agua. .....- 555 -
Tabla 55: Microcuenca del arroyo Zarco.....- 573 -
Tabla 55: Microcuenca del arroyo Silao.....- 573 -
Tabla 55: Microcuenca 1 del arroyo Guanajuato. .....- 573 -
Tabla 55: Microcuenca 2 del arroyo Guanajuato. .....- 574 -
Tabla 55: Número de curva para la microcuenca del arroyo Zarco.....- 575 -
Tabla 55: Número de curva para la microcuenca del río Silao.....- 576 -
Tabla 55: Número de curva para la microcuenca uno del río Guanajuato (oriente).....- 576 -
Tabla 55: Número de curva para la microcuenca dos del río Guanajuato (oriente). .....- 577 -
Tabla 55: Estaciones climatológicas de injerencia en la zona de estudio .....- 581 -
Tabla 56: Funciones de distribución de probabilidad utilizadas para cada estación climatológica. .....- 585 -
Tabla 56: Distribución Normal para la estación Aldama.....- 585 -
Tabla 56: Distribución Gamma para la estación El Conejo.....- 587 -
Tabla 56: Distribución Gumbel para la estación El Chapín. .....- 589 -
Tabla 56: Distribución Gumbel para la estación San Juan Temascatío.....- 591 -
Tabla 56: Distribución Gamma para la estación Irapuato. .....- 592 -
Tabla 56: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación Aldama. .....- 595 -
Tabla 56: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación El Conejo.....- 596 -
Tabla 56: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación El Chapín.....- 597 -
Tabla 56: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación San Juan Temascatío.....- 598 -
Tabla 56: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación Irapuato. .....- 599 -
Tabla 57: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación Aldama..- 603 -
Tabla 58: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación El Conejo. .....- 604 -

Tabla 59: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación El Chapín. .....- 605 -
Tabla 60: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación San Juan Temascatío. .....- 606 -
Tabla 61: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación Irapuato. - 607 -
Tabla 62: Parámetros de simulación utilizados en las simulaciones bidimensionales. .....- 632 -
Tabla 63: Rangos de peligro por inundaciones. .....- 645 -
Tabla 64: Colonias identificadas en el mapa de peligro por inundaciones fluviales. .....- 647 -
Tabla 65: Material en muros de viviendas. .....- 650 -
Tabla 66: Material en techos de viviendas. .....- 651 -
Tabla 67: Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda. .....- 652 -
Tabla 68: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros. .....- 652 -
Tabla 69: Colonias detectadas en escenario T_r=500 años. .....- 660 -
Tabla 70: Población y vivienda afectada por inundaciones pluviales para T_r=500 años. .....- 660 -
Tabla 71: Infraestructura afectada en escenario T_r=500 años. .....- 661 -
Tabla 72: Cálculo del costo del menaje de la vivienda afectada para T_r=500 años. .....- 662 -
Tabla 73: Diferencias entre tornado, huracán y remolino. .....- 666 -
Tabla 74: Clasificación de los tornados por su origen. .....- 667 -
Tabla 75: Escala de Fujita para tornado por su velocidad. .....- 667 -
Tabla 76: Tornados más destructivos ocurridos en México. .....- 669 -

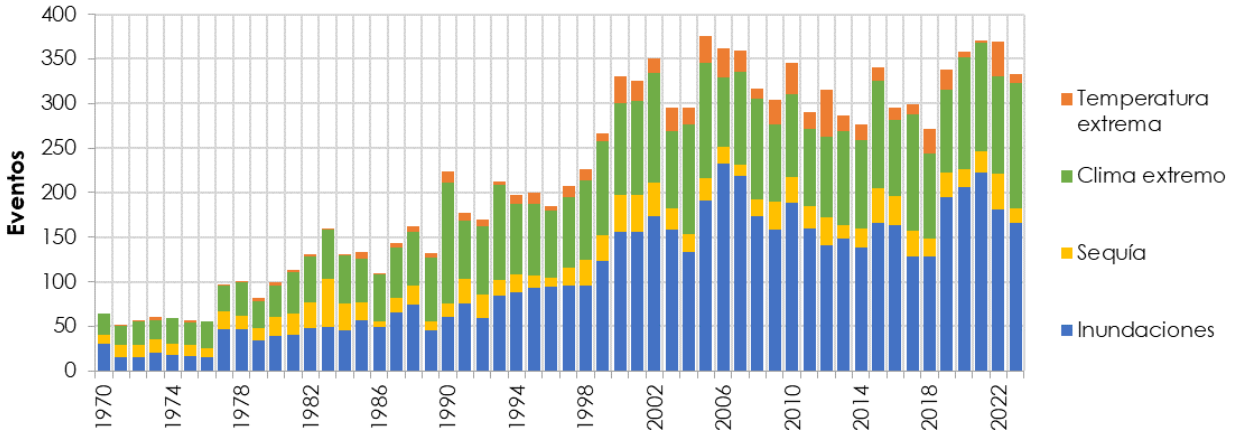
I. INTRODUCCIÓN

Inundaciones, tormentas severas, heladas, sequías, ondas de calor, entre otros eventos extremos, van dejando a su paso un escenario que evidencian nuestra vulnerabilidad ante éstos eventos a nivel mundial; año tras año y estación tras estación, con una ocurrencia a un nivel local o a una escala global, (Maturana, Bello, & Manley, 2020). Pérdidas en la infraestructura, pérdidas económicas, pérdidas de vidas humanas, crisis alimentaria, enfermedades, plagas, todo derivado de la crisis ambiental, la crisis climática y a una terrible gestión de riesgos que no pueden seguir minimizándose.

Desde mediados de los años 70, se han observado episodios extremos de fenómenos hidrometeorológicos derivados del cambio climático de origen antropogénico principalmente. Estos eventos extremos han incrementado su peligrosidad, es decir, su frecuencia e intensidad, en las últimas décadas y junto con ellos, algunos cambios reversibles o irreversibles en el planeta; por ejemplo, en la biósfera, donde se han visto cambios en la distribución de poblaciones y comunidades de diferentes especies, (Harris, 2020). La Gráfica 1, fue elaborada con datos mundiales provenientes de la Base de Datos Internacional sobre Desastres, (CRED-IRSS-UCLouvain, 2024); sobresalen las inundaciones como el evento desastroso de mayor presencia a través del tiempo. Al respecto, EM-DAT define un desastre como una situación o evento que supera la capacidad local, lo que hace necesario solicitar asistencia externa a nivel nacional o internacional; un evento imprevisto y a menudo repentino que causa grandes daños, destrucción y sufrimiento humano.

De todos los desastres de EM-DAT, como son eventos geofísicos, meteorológicos, hidrológicos y climatológicos, que seleccionaron sequías, temperaturas extremas, inundaciones, y eventos climáticos extremos. La sequía la definen como un período prolongado de precipitaciones inusualmente bajas que produce una escasez de agua para las personas, los animales y las plantas. La sequía se diferencia de la mayoría de los demás peligros en que se desarrolla lentamente, a veces incluso a lo largo de los años, y su inicio es generalmente difícil de detectar. El término temperatura extrema se utiliza como término general para las variaciones de temperatura por encima (calor extremo) o por

debajo (frío extremo) de las condiciones normales. Los fenómenos meteorológicos extremos incluyen tornados, granizadas, tormentas eléctricas, tormentas de arena, ventiscas y fenómenos de vientos extremos. Finalmente, el término inundación se utiliza como término general para el desbordamiento de agua de un cauce fluvial sobre tierra normalmente seca en la llanura de inundación (inundación fluvial), niveles más altos de lo normal a lo largo de la costa (inundación costera) y en lagos o embalses, así como el encharcamiento de agua en el punto donde cayó la lluvia o cerca de él (inundaciones repentinas).



Gráfica 1: Presencia de eventos desastrosos a través del tiempo en México.
Fuente: elaboración propia con datos de INEGI 2020.

Adicionalmente, los impactos del cambio climático por eventos extremos han alterado la disposición de recursos hídricos tanto en cantidad como calidad, generando efectos negativos en las actividades de subsistencia del ser humano, como lo son la agricultura, ganadería y pesca; por otro lado, la producción de energía eléctrica y los sistemas de comunicaciones suelen verse afectadas tras el paso de un evento natural extremo donde el costo no queda únicamente en algo monetario, sino que desafortunadamente se registran pérdidas humanas y animales, hábitats, patrimonio cultural, servicios ecosistémicos, entre otros.

II. OBJETIVO

Actualizar el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., en su fenómeno hidrometeorológico, en específico de los componentes de ciclón tropical, helada, onda cálida, sequía, tormenta de granizo, tormenta eléctrica, e inundaciones fluviales, de acuerdo a la **Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos** (GCMEANR), (DOF, 2016), y sus respectivos anexos, para constituirlo como una base de información confiable y oportuna que permita fortalecer los programas municipales en materia de riesgos, sobre los cuales las autoridades tomen decisiones referentes a la implementación de medidas de prevención, mitigación y atención de desastres.

III. METODOLOGÍA GENERAL

La actualización de los componentes de ***ciclones tropicales, heladas, ondas cálidas, sequías, tormentas de granizo, tormentas eléctricas, e inundaciones fluviales***, del fenómeno hidrometeorológico, se realizó con base en la GCMEANR, (DOF, 2016), así como sus correspondientes Anexos.

Figura 1: Referencias para la actualización del atlas de riesgos del municipio de Irapuato.
Fuente: tomado de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/material_apoyo.html

Cabe hacer mención que el primer atlas de riesgos del municipio de Irapuato se elaboró bajo las metodologías del documento titulado "***Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos***", desarrolladas por la Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano (SEDATU), las cuales incluían criterios aportados por especialistas e investigadores del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y lineamientos planteados en las Reglas de Operación del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH) de la SEDATU. Los componentes desarrollados para el fenómeno hidrometeorológico en el año 2013 fueron: ciclones tropicales, sequías, heladas, ondas de calor, vientos, tormentas eléctricas, granizo, tormentas de nieve, tornados e inundaciones.

IV. ESTADO DEL ARTE

El estado del arte relativo a eventos hidrometeorológicos históricos en el municipio de Irapuato, Guanajuato, se refiere al estudio y análisis de fenómenos climáticos extremos, como lluvias torrenciales, sequías, tormentas y otros eventos meteorológicos significativos, que han ocurrido a lo largo de los años en la región. Estos eventos tienen implicaciones importantes para la infraestructura, la agricultura, la economía local y la seguridad de la población.

A lo largo de los años, Irapuato ha experimentado una serie de eventos climáticos notables, tanto por su frecuencia como por su impacto. La región, ubicada en una zona semiárida con variabilidad en las precipitaciones, ha sido vulnerable a sequías y lluvias intensas que ocasionan inundaciones y daños en la infraestructura urbana y rural. Los estudios históricos han identificado patrones de precipitaciones extremas, especialmente en los meses de verano, cuando los ciclones y tormentas tropicales afectan la región. Cabe hacer mención de la trágica inundación ocurrida el 18 de agosto de 1973 debido a las intensas lluvias que cayeron sobre la región en ese entonces. El evento se desató a raíz de una tormenta tropical que afectó una gran parte del Bajío; a continuación, se presenta una breve cronología de los hechos:

1. Inicio de la tormenta: Durante la noche del 17 al 18 de agosto, una tormenta tropical de gran intensidad comenzó a generar lluvias torrenciales sobre la región. La cantidad de precipitación acumulada fue extremadamente alta, con reportes que indican que cayeron más de 200 mm de lluvia en pocas horas.
2. Desbordamiento de ríos: El principal causante de la inundación fue el desbordamiento de los ríos que atraviesan la ciudad. El río de la Laja y otros afluentes cercanos aumentaron su caudal de manera dramática, lo que provocó la inundación de amplias zonas de la ciudad.
3. Magnitud de los daños: La inundación afectó principalmente a las zonas bajas del municipio, especialmente la zona centro, donde muchas viviendas fueron arrasadas por las aguas. El agua alcanzó varios metros de altura en algunos puntos, lo que dejó a muchas personas atrapadas. Además de la destrucción de viviendas, también se reportaron daños importantes en las infraestructuras, como puentes, calles y sistemas de drenaje.

4. Víctimas y evacuaciones: El saldo de víctimas fue lamentable, con varios muertos y decenas de heridos. Miles de personas tuvieron que ser evacuadas de sus hogares y reubicadas en refugios temporales. La situación de emergencia provocó que las autoridades locales y estatales pidieran ayuda de la población y de otras ciudades cercanas.
5. Repercusiones: La inundación de 1973 dejó profundas huellas en Irapuato. A nivel local, las autoridades pusieron en marcha una serie de medidas para mejorar la infraestructura de drenaje y protección contra inundaciones. Sin embargo, la tragedia también marcó a la comunidad de Irapuato, ya que fue una de las peores catástrofes naturales vividas por el municipio.

Figura 2: Tajo junto al vertedor de demasías Presa El Conejo, 18-VII-1973.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

En cuanto a las sequías, se han registrado periodos prolongados sin lluvias que afectan principalmente a la actividad agrícola, especialmente a los cultivos de hortalizas, que son clave para la economía local. Además, la información sobre la variabilidad climática en Irapuato ha sido recolectada a través de registros históricos de las estaciones climatológicas, así como estaciones meteorológicas locales, lo que permite analizar las tendencias de temperatura, precipitación y otros factores climáticos a lo largo de las décadas.

El estado del arte también destaca la importancia de los modelos hidrológicos y meteorológicos, que permiten predecir y entender el comportamiento de estos eventos extremos. Estos modelos son fundamentales para la toma de decisiones en la gestión del agua, la protección civil y la planificación urbana, ya que los eventos hidrometeorológicos

en Irapuato pueden generar riesgos tanto para la seguridad de los habitantes como para las actividades productivas.

En resumen, el estado del arte relativo a los eventos hidrometeorológicos históricos en Irapuato subraya la relevancia de estudiar los patrones de lluvia, sequías e inundaciones, utilizando herramientas avanzadas para la predicción y gestión de riesgos. La investigación en este campo es crucial para mejorar la resiliencia del municipio ante futuros eventos extremos y para reducir sus impactos en la comunidad.

Realizando una revisión histórica de notas periodísticas relativas a la ocurrencia de eventos naturales hidrometeorológicos, destacan sin duda las inundaciones fluviales, sequías, heladas y ondas de calor. En la siguiente tabla, se muestra una búsqueda hemerográfica dentro del periodo 2014 al 2024.

Tabla 1: Búsqueda hemerográfica relativa a componentes hidrometeorológicos.

Componente	Fecha	Título	Link
Ciclones tropicales	23/10/2024	DIF Irapuato habilita centro de acopio para damnificados de Guerrero tras el huracán John	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/dif-irapuato-abre-centro-de-acopio-para-ayudar-a-damnificados-del-huracan-john-en-guerrero-13250116
	08/10/2024	¿El huracán Milton afectará al clima en Guanajuato este martes 8 de octubre? Descubre el pronóstico	https://periodicocorreo.com.mx/vida-publica/el-huracan-milton-afectara-al-clima-en-guanajuato-este-martes-8-de-octubre-descubre-el-pronostico-20241008-111497.html
	02/07/2024	¿Clima en Guanajuato se verá afectado por huracán Beryl? Consulta AQUÍ el pronóstico de este miércoles 3 de julio	https://www.milenio.com/politica/comunidad/clima-guanajuato-huracan-beryl-miercoles-3-de-julio
	25/10/2023	"Otis" causa efecto en Guanajuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/continuaran-lluvias-en-guanajuato-por-huracan-otis-20673496
	25/10/2023	Piden extremar precauciones ante fenómenos meteorológicos	https://www.irapuato.gob.mx/2023/10/25/piden-extremar-precauciones-ante-fenomenos-meteorologicos/
	19/08/2023	Guanajuato sentirá los efectos del huracán Hilary este fin de semana	https://lasillarota.com/guanajuato/vida/2023/8/19/guanajuato-sentira-los-efectos-del-huracan-hilary-este-fin-de-semana-443526.html
Heladas	29/10/2024	Irapuato se prepara ante la llegada de bajas temperaturas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/implementa-protocolos-preventivos-en-comunidades-de-irapuato-ante-la-temporada-de-frio-13253222
	30/12/2024	Realizan operativo en Irapuato para apoyar a personas en situación de calle	https://es-us.noticias.yahoo.com/realizan-operativo-irapuato-apoyar-personas-162918716.html
	21/11/2024	Detectan a 11 personas en situación de calle en recorridos por bajas temperaturas en Irapuato	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/detectan-a-11-personas-en-situacion-de-calle-en-recorridos-por-bajas-temperaturas-en-irapuato/
	08/12/2023	Amanece Irapuato con neblina y frío	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/amanece-irapuato-con-neblina-y-frio-13246857
	07/12/2023	Piden aumentar cuidados ante descensos de temperatura	https://www.irapuato.gob.mx/2023/12/07/piden-aumentar-cuidados-ante-descensos-de-temperatura/

Componente	Fecha	Título	Link
	21/11/2023	¿Hasta cuándo durará la tormenta invernal? El clima en Guanajuato, León, Irapuato y Celaya	https://periodicocorreo.com.mx/vida-publica/hasta-cuando-durara-la-tormenta-invernal-el-clima-en-guanajuato-leon-irapuato-y-celaya-20231121-86347.html
	22/09/2023	Pronostican bajas temperaturas para próximos meses en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/habra-bajas-temperaturas-en-los-proximos-meses-en-irapuato-20653688
	26/12/2022	Azota clima frío a poblados rurales en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/azota-clima-frio-a-poblados-rurales-en-irapuato-20664764
	23/12/2022	Abren refugios por frío intenso en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/12/23/abren-refugios-por-frio-intenso-en-irapuato-639762.html
	16/12/2022	Recomiendan tomar precauciones ante climas gélidos	https://www.irapuato.gob.mx/2022/12/16/recomiendan-tomar-precauciones-ante-climas-gelidos/
	12/01/2022	Clima Irapuato: Las temperaturas más bajas han sido de dos grados	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/1/12/clima-irapuato-las-temperaturas-mas-bajas-han-sido-de-dos-grados-590415.html
	07/01/2021	Padecen frío en Santa Rosa Temascatío	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/padecen-frio-en-santa-rosa-temascatio-20649458
	05/01/2021	Indigentes se niegan a resguardarse del frío	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/indigentes-se-niegan-a-resguardarse-del-frio-20667284
	08/11/2020	Protegen a personas sin hogar por bajas temperaturas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/protegen-a-personas-sin-hogar-por-bajas-temperaturas-indigentes-albergues-apoyos-temporada-de-frio-migrantes-calles-irapuato-guanajuato-20666153
	27/12/2018	Albergues abiertos para personas en situación de calle	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/albergues-abiertos-para-personas-en-situacion-de-calle-20651008
	22/11/2018	Protegen de heladas producción de fresa	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/protegen-de-heladas-produccion-de-fresa-20678387
	24/10/2018	Tamahula, de las más vulnerables a heladas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/tamahula-de-las-mas-vulnerables-a-heladas-20652796
	10/03/2016	Cae agua nieve en Irapuato	https://www.am.com.mx/news/2016/3/10/cae-agua-nieve-en-irapuato-213743.html

Componente	Fecha	Título	Link
Inundaciones fluviales	04/09/2024	Fuertes lluvias en Irapuato causan la caída de dos árboles en distintos puntos de la ciudad	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/fuertes-lluvias-en-irapuato-causan-la-caida-de-dos-arboles-en-distintos-puntos-de-la-ciudad-13246232
	04/09/2024	Tormenta en Irapuato encharcó 34 puntos distintos; zona sur la más afectada	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/tormenta-en-irapuato-encharco-34-puntos-distintos-zona-sur-la-mas-afectada-13255135
	01/09/2024	Lluvias intensas y fuertes vientos originan fallas en el servicio de electricidad y caída de arboles	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/lluvias-intensas-y-fuertes-vientos-originan-fallas-en-el-servicio-de-electricidad-y-caida-de-arboles-13254453
	31/07/2024	Cierran filas en Irapuato para prevenir contingencias por lluvias	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/cierran-filas-en-irapuato-para-prevenir-contingencias-por-lluvias-13253908
	29/07/2024	Piden a habitantes de comunidades no modificar bordos para evitar inundaciones	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/piden-a-habitantes-de-comunidades-no-modificar-bordos-para-evitar-inundaciones-13248518
	26/07/2024	Se desborda río Santa Rita en Irapuato y afecta viviendas	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/7/26/se-desborda-rio-santa-rita-en-irapuato-afecta-viviendas-712999.html
	22/07/2024	Pronostican más lluvias para toda la semana en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/7/22/pronostican-mas-lluvias-para-toda-la-semana-en-irapuato-712635.html
	01/07/2024	Exhortan a población a extremar cuidados ante temporadas de lluvias	https://www.irapuato.gob.mx/2024/07/01/exhortan-a-poblacion-a-extremar-cuidados-ante-temporadas-de-lluvias/
	29/06/2024	Lluvias ocasionan encharcamientos en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/lluvias-ocasionan-encharcamientos-en-irapuato-13244364
	21/06/2024	Histórica lluvia en Irapuato; ocasiona encharcamientos en 60 puntos de la ciudad	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/historica-lluvia-en-irapuato-ocasiona-encharcamientos-en-60-puntos-de-la-ciudad-13248089
	30/11/2023	Lluvias en Irapuato provocan caída de árboles en avenidas	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/11/30/lluvias-en-irapuato-provocan-caida-de-arboles-en-avenidas-685661.html
	19/08/2023	Fuertes lluvias inundan las calles y casas de Colinas del Río en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/fuertes-lluvias-inundan-las-calles-y-casas-de-colinas-del-rio-en-irapuato-20230819-79894.html
	18/08/2023	Irapuato recuerda la inundación de 1973 a 50 años de la tragedia y resiliencia	https://www.periodicocorreo.com.mx/irapuato/irapuato-recuerda-la-inundacion-de-1973-a-50-anos-de-la-tragedia-y-resiliencia-20230818-79813.html

Componente	Fecha	Título	Link
	18/08/2023	Difícil que Irapuato se vuelva a inundar: Protección Civil	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/dificil-que-irapuato-se-vuelva-a-inundar-proteccion-civil-20648307
	12/08/2023	Se cumplen 50 años de la inundación de Irapuato	https://www.irapuato.gob.mx/2023/08/12/se-cumplen-50-anos-de-la-inundacion-de-irapuato/
	17/05/2023	Reforzarán taludes del Cuarto Cinturón ante llegada de lluvias	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/reforzaran-taludes-del-cuarto-cinturon-ante-llegada-de-lluvias-20657829
	07/05/2023	¡Llueve por fin en Irapuato!	https://lasillarota.com/guanajuato/estado/2023/5/7/llueve-por-fin-en-irapuato-427422.html
	03/08/2022	Previenen inundaciones en Tejamanil	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/previenen-inundaciones-en-tejamanil-20678763
	27/07/2022	Inundaciones por fuertes lluvias deja incomunicadas a colonias de Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/lluvias-intensas-en-irapuato-deja-inundaciones-en-varias-colonias/
	21/07/2022	Caos, destrucción e inundaciones: así el saldo de las lluvias en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/lluvias-en-irapuato-dejan-caos-e-inundaciones-en-la-ciudad/
	16/07/2022	Lluvias en Irapuato dejan inundaciones y caos vial en las calles	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/7/16/lluvias-en-irapuato-dejan-inundaciones-caos-vial-en-las-calles-614524.html
	16/07/2022	¡Aguas! Fuertes lluvias en Irapuato dejan inundaciones y cortes de energía	https://periodicocorreo.com.mx/encharcamientos-en-irapuato-provocan-cortes-de-electricidad/
	15/06/2022	Sufren habitantes de Purísima del Jardín por ingreso del agua a sus viviendas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/sufren-habitantes-de-purisima-del-jardin-por-ingreso-del-agua-a-sus-viviendas-20664980
	17/05/2022	PC exhorta a la ciudadanía a cuidarse durante este temporal de lluvias	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/pc-exhorta-a-la-ciudadania-a-cuidarse-durante-este-temporal-de-lluvias-20686674
	14/05/2022	Supervisan limpieza y desazolve de río	https://www.irapuato.gob.mx/2022/05/14/supervisan-limpieza-y-desazolve-de-rio/
	07/10/2021	Presa Ave María está casi al tope	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/presa-ave-maria-esta-casi-al-tope-20683117
	30/08/2021	Irapuato: Pese a lluvias y presas al límite, no hay riesgo: Protección Civil	https://www.am.com.mx/irapuato/2021/9/30/irapuato-pese-lluvias-presas-al-limite-no-hay-riesgo-proteccion-civil-435722.html

Componente	Fecha	Título	Link
	01/08/2021	Fuerte lluvia ocasiona daños en Irapuato; derrumbó el techo del estadio Sergio León Chávez	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/ecologia/fuerte-lluvia-ocasiona-danos-en-irapuato-derrumbo-el-techo-del-estadio-sergio-leon-chavez/
	25/07/2021	Lluvias en Irapuato: Presas y ríos aún tienen poca agua	https://www.am.com.mx/guanajuato/2021/7/25/lluvias-en-irapuato-presas-rios-aun-tienen-poca-agua-519427.html
	21/07/2021	Descartan riesgos en afluentes por lluvias, restan dos meses de la temporada	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/descartan-riesgos-en-afluentes-por-lluvias-restan-dos-meses-de-la-temporada/
	19/07/2021	Refuerzan bordos de ríos y canales	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/refuerzan-bordos-de-rios-y-canales-20659247
	15/07/2021	Lluvias Irapuato: Caen ramas y un árbol en Parque Irekua	https://www.am.com.mx/guanajuato/2021/7/15/lluvias-irapuato-caen-ramas-un-arbol-en-parque-irekua-518975.html
	14/07/2021	Lluvia causa estragos en el centro del país	https://oem.com.mx/elsoldemexico/mexico/lluvia-causa-estragos-en-el-centro-del-pais-15415897
	25/06/2021	Lluvias en Irapuato: Apagones, inundaciones y árboles caídos afectan la ciudad	https://www.am.com.mx/guanajuato/2021/6/25/lluvias-en-irapuato-apagones-inundaciones-arboles-caidos-afectan-la-ciudad-517968.html
	28/08/2020	Prevén más lluvias esta semana en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/preven-mas-lluvias-esta-semana-en-irapuato-20674844
	21/08/2020	Afectan lluvias cultivos de fresas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/afectan-lluvias-cultivos-de-fresas-20677729
	10/08/2020	Sanean ribera del río Silao	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/sanean-ribera-del-rio-silao-20663642
	05/08/2020	Fuertes lluvias en Irapuato dejan 20 casas dañadas y 1 auto arrastrado	https://www.milenio.com/politica/comunidad/fuertes-lluvias-irapuato-dejan-20-casas-danadas-1-auto-arrastrado
	18/08/2018	SON YA 45 AÑOS DEL DESASTRE	https://www.pressreader.com/mexico/correo/20180818/281492162161623
	17/08/2018	Irapuato, la ciudad destruida por el agua	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/irapuato-la-ciudad-destruida-por-el-agua-20657605
	10/08/2018	Inundaciones son inevitables - El Sol de Irapuato | Noticias Locales, Policiacas, de México, Guanajuato y el Mundo	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/inundaciones-son-inevitables-20686519?token=-1671408286

Componente	Fecha	Título	Link
	28/06/2018	Afectados caminos rurales por lluvias	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/afectados-caminos-rurales-por-lluvias-20676700?token=85457984
	28/06/2018	Ocho planteles afectados: SEG	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/ocho-planteles-afectados-seg-20657122?token=-1724136800
	27/07/2017	Descartan inundaciones - El Sol de Irapuato | Noticias Locales, Policiacas, de México, Guanajuato y el Mundo	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/descartan-inundaciones-20660775?token=177154133
	30/03/2017	Lomas de Españita y Campestre de las Flores, continúan en riesgo por lluvias	https://notus.com.mx/lomas-espanita-campestre-las-flores-continuan-riesgo-lluvias/
Ondas de calor	12/06/2024	Altas temperaturas afectan a plantas del parque Irekua en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/altas-temperaturas-afectan-a-plantas-del-parque-irekua-en-irapuato-13242251
	07/06/2024	Atienden 34 golpes de calor deshidrataciones y quemaduras en Guanajuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/atienden-34-golpes-de-calor-deshidrataciones-y-quemaduras-en-guanajuato-13254127
	16/05/2024	Monitorean comportamiento de aves de Irapuato por olas de calor	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/monitorean-comportamiento-de-aves-de-irapuato-por-olas-de-calor-13250639
	09/05/2024	Por calor, incrementa consumo de agua en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/por-calor-incrementa-consumo-de-agua-en-irapuato-13254900
	29/04/2024	Protegen a los niños en 'Casa Cuna de Irapuato' ante las altas temperaturas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/protegen-a-los-ninos-en-casa-cuna-de-irapuato-ante-las-altas-temperaturas-13247453
	25/04/2024	Personal de limpieza pública de Irapuato padece por altas temperaturas	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/personal-de-limpieza-publica-de-irapuato-padece-por-altas-temperaturas-13252076
	29/02/2024	Altas temperaturas provocan deshidratación de migrantes que llegan a Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/altas-temperaturas-provocan-deshidratacion-de-migrantes-que-llegan-a-irapuato-13251345
	10/07/2023	Productores de fresa de Irapuato temen plagas en cultivos por calor	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/7/10/productores-de-fresa-de-irapuato-temen-plagas-en-cultivos-por-calor-667935.html
	13/06/2023	Emiten medidas para afrontar ola de calor	https://www.irapuato.gob.mx/2023/06/13/emiten-medidas-para-afrontar-ola-de-calor/

Componente	Fecha	Título	Link
	12/06/2023	Calor no da tregua: termómetro sobrepasará los 38 grados en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/calor-no-da-tregua-termometro-sobrepasara-los-38-grados-en-irapuato-20665266
	07/05/2023	¡Por fin! Llueve en Irapuato tras días de intenso calor	https://www.periodicocorreo.com.mx/irapuato/por-fin-llueve-en-irapuato-tras-dias-de-intenso-calor-20230507-73252.html
	02/05/2019	Prevé meteorológico calores "infernales"	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/preve-meteorologico-calores-infernales-20652083?token=-164578366
Sequías	14/06/2024	Enfrentan freseros crisis por sequía	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/enfrentan-freseros-crisis-por-sequia-13243285
	24/04/2024	Sequía afecta también a pescadores de La Purísima de Irapuato, este es el tercer caso en el estado	https://periodicocorreo.com.mx/municipios/video-sequia-afecta-tambien-a-pescadores-de-la-purisima-de-irapuato-este-es-el-tercer-caso-en-el-estado-20240424-97602.html
	21/04/2024	¿Qué pasa con las fresas en Irapuato? Sequía y plaga bajan su calidad	https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/que-pasa-con-las-fresas-en-irapuato-sequia-y-plaga-bajan-su-calidad-20240621-102655.html
	07/04/2024	Campesinos en crisis por sequía desde hace más de cinco años	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/campesinos-en-crisis-por-sequia-desde-hace-mas-de-cinco-anos-13247740
	04/12/2023	Solo hay agua para un riego en cultivos de Irapuato, Salamanca, Villagrán y Abasolo	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/12/4/solo-hay-agua-para-un-riego-en-cultivos-de-irapuato-salamanca-villagran-abasolo-686008.html
	16/10/2023	Enfrenta Guanajuato la peor sequía en décadas: Robles Montenegro	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/enfrenta-guanajuato-la-peor-sequia-en-decadas-robles-montenegro-20663055
	20/06/2023	Apoyan a productores de temporal afectados por sequías	https://www.irapuato.gob.mx/2023/06/20/apoyan-a-productores-de-temporal-afectados-por-sequias/
	17/06/2023	Además de la sequía, agricultores de Irapuato sufren plagas: maiz y sorgo están en riesgo	https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/ademas-de-la-sequia-agricultores-de-irapuato-sufren-plagas-maiz-y-sorgo-estan-en-riesgo-20230616-75845.html
	12/06/2023	Muere ganado en Irapuato; campesinos creen que es por sequía	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/muere-ganado-en-irapuato-campesinos-creen-que-es-por-sequia-20683283
	29/10/2022	Irapuato en riesgo de quedarse sin agua si no se actúa de inmediato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/irapuato-en-riesgo-de-quedarse-sin-agua-si-no-se-actua-de-inmediato-20645969
	05/04/2022	En riesgo cabezas de ganado por escasez de agua	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/en-riesgo-cabezas-de-ganado-por-escasez-de-agua-20669322

Componente	Fecha	Título	Link
	03/04/2022	Urge tecnificar agricultura para mitigar escasez de agua	https://oem.com.mx/elsoldeleon/local/urge-tecnificar-agricultura-para-mitigar-escasez-de-agua-20209403
	03/05/2021	Sequía en Guanajuato deja al descubierto iglesia que permaneció más de 40 años bajo el agua	https://www.milenio.com/cultura/sequia-guanajuato-descubren-iglesia-40-anos-agua
	18/04/2021	Sequía deja al descubierto el templo de la Virgen de los Dolores en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/sequia-deja-al-descubierto-un-templo-en-presa-la-purisima/
	03/04/2021	Se sigue abatiendo acuífero Irapuato – Valle de Santiago	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/sigue-decaimiento-de-acuifero-irapuato-valle-de-santiago-20658250
	27/12/2020	Amenaza escasez de agua a productores de Guanajuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/amenaza-escasez-de-agua-a-productores-de-guanajuato-agricultura-agua-sequia-riegos-agricultores-economia-20682683
	18/07/2020	Resurge templo de aguas de la Presa La Purísima	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/resurge-templo-de-aguas-de-la-presa-la-purisima-guanajuato-agua-20669273
	21/08/2019	Lluvias “pintas” no benefician al agro	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/lluvias-pintas-no-benefician-al-agro-20677428
	11/07/2019	Extraen agua a más profundidad	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/extraen-agua-a-mas-profundidad-20654945
	20/06/2017	Pega sequía a zonas rurales de Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldemexico/mexico/pega-sequia-a-zonas-rurales-de-irapuato-16840317
	19/06/2017	Severa sequía pega al campo	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/severa-sequia-pega-al-campo-20678676
Tornados y vientos fuertes	14/11/2024	Ráfagas de viento azotan la entidad	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/pronostican-rafagas-de-viento-de-hasta-60-km-hy-bajas-temperaturas-en-la-region-debido-a-frentes-frios-18406133
	14/11/2024	Ráfagas de viento azotan la entidad	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/pronostican-rafagas-de-viento-de-hasta-60-km-hy-bajas-temperaturas-en-la-region-debido-a-frentes-frios-18406133
	12/06/2024	Habrá fuertes vientos de hasta 50 kilómetros por hora en Guanajuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/habra-fuertes-vientos-de-hasta-50-kilometros-por-hora-en-guanajuato-13249781
	16/07/2023	Retiran árboles secos para evitar riesgos a la población	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/retiran-arboles-secos-para-evitar-riesgos-a-la-poblacion-20667201

Componente	Fecha	Título	Link
	03/02/2023	Viento desprende señalética vial de estructura metálica en carretera federal Irapuato-Silao	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/2/3/viento-desprende-senaletica-vial-de-estructura-metalica-en-carretera-federal-irapuato-silao-645847.html
	20/07/2022	Tormenta derriba espectacular del SAT sobre automóviles en estacionamiento de plaza comercial	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/tormenta-derriba-espectacular-del-sat-sobre-automoviles-en-estacionamiento-de-plaza-comercial-20667471
	20/07/2022	Accidente en Irapuato: Cae espectacular sobre autos en estacionamiento de Plaza Las Palmas	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/7/20/accidente-en-irapuato-cae-espectacular-sobre-autos-en-estacionamiento-de-plaza-las-palmas-615062.html
	18/04/2022	Fuertes vientos derriban árboles, dejan dos autos dañados	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/policiaca/fuertes-vientos-derriban-arboles-dejan-dos-autos-danados-20551289
Tormentas eléctricas	27/07/2024	Parque Irekua refuerza medidas de seguridad en temporada de lluvias	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/parque-irekua-refuerza-medidas-de-seguridad-en-temporada-de-lluvias-13244206
	19/09/2024	En Guanajuato: Pronostican chubascos con descargas eléctricas para este 19 de septiembre	https://lasillarota.com/guanajuato/vida/2024/9/19/en-guanajuato-pronostican-chubascos-con-descargas-electricas-para-este-19-de-septiembre-502139.html
Tormentas de granizo	30/12/2024	Cae lluvia y granizada en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeleon/local/cae-granizada-en-irapuato-tromba-20211688
	03/09/2024	Lluvia intensa con granizo daña cultivos y viviendas en Cuchicuato en Irapuato; vecinos urgen apoyo	https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/lluvia-intensa-con-granizo-dana-cultivos-y-viviendas-en-cuchicuato-en-irapuato-vecinos-urgen-apoyo-20240903-108707.html

Fuente: elaboración propia.

V. INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA CONSULTADA

El estado del tiempo y el clima son dos conceptos con connotaciones muy diferentes; el estado del tiempo, o tiempo meteorológico, refleja las condiciones de la atmósfera en un corto plazo, mientras que el clima es el promedio diario del estado del tiempo durante un período prolongado en una cierta ubicación. El clima, según la Sociedad Americana de Meteorología (2019), está caracterizado típicamente en términos de promedios adecuados del sistema climático en períodos de un mes o más, tomando en consideración la variabilidad temporal de los valores promediados. La clasificación climática incluye la variación espacial de estas variables promediadas en el tiempo.

Tanto el estado del tiempo como el clima son el resultado de la interacción de sistemas terrestres y oceánicos, tales como la humedad en el ciclo del agua, el calor o el movimiento de los océanos. Para estudiar las complejas interacciones del clima y el estado del tiempo, los científicos recogen información de datos observados sobre precipitación, temperatura, humedad, velocidad y dirección de los vientos, presión atmosférica, entre otras, con la ayuda de estaciones climatológicas. En nuestro país, la entidad federal encargada de llevar a cabo esta tarea es CONAGUA, de la cual se consultaron las siguientes estaciones dentro y alrededor del municipio de Irapuato.

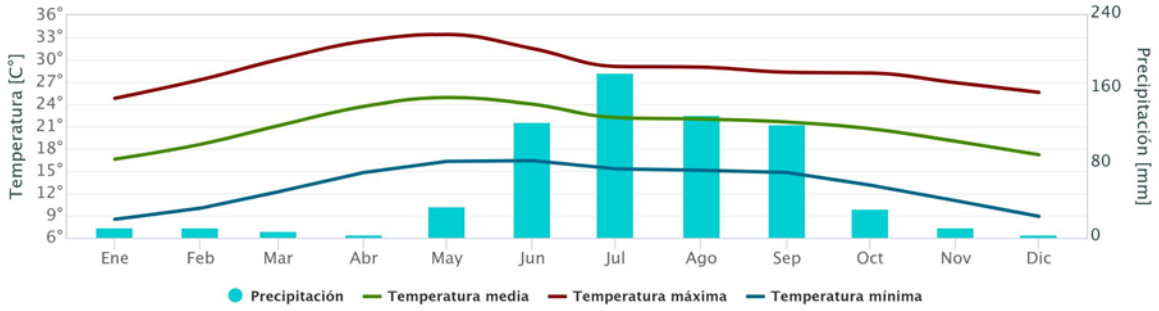


Figura 3: Climograma[1] 1991-2020, Estación 11001-Abasolo.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

[1] Un climograma es un gráfico en el que se representan las temperaturas y las precipitaciones de un lugar, normalmente a lo largo de un año. Se utilizan, para ello, los datos medios mensuales de temperaturas y totales de precipitaciones, correspondientes a una estación meteorológica.

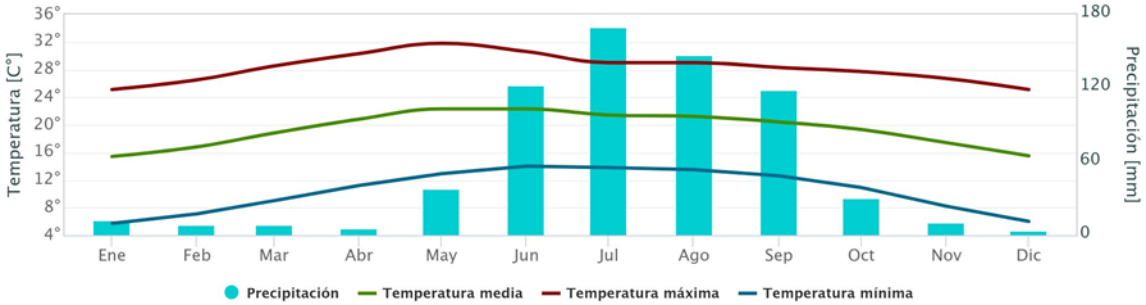


Figura 4: Climograma 1991-2020, Estación 11003-Agua Tibia.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

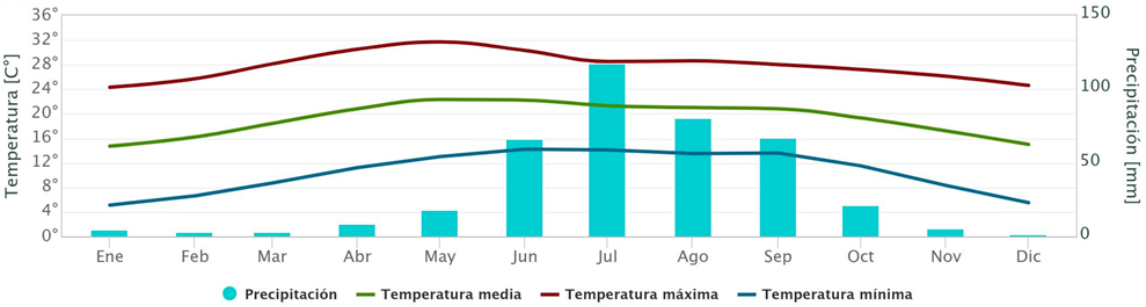


Figura 5: Climograma 1991-2020, Estación 11004-Abasolo.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

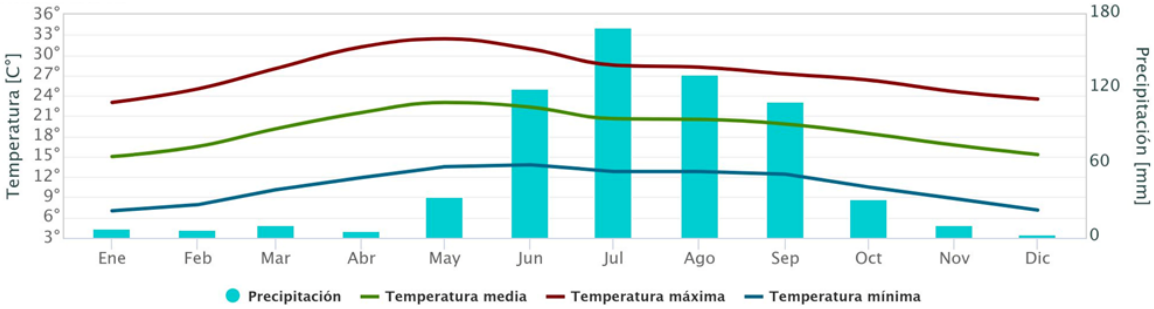


Figura 6: Climograma 1991-2020, Estación 11014-Cuerámaro.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

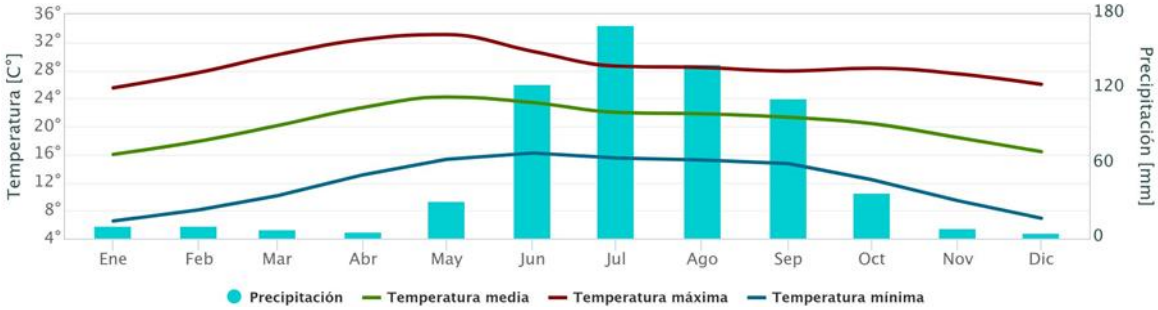


Figura 7: Climograma 1991-2020, Estación 11028-Irapuato.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

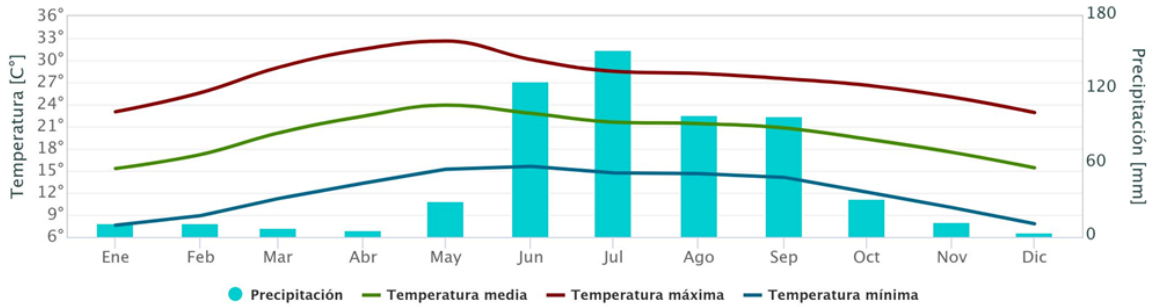


Figura 8: Climograma 1991-2020, Estación 11041-Los Razos.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

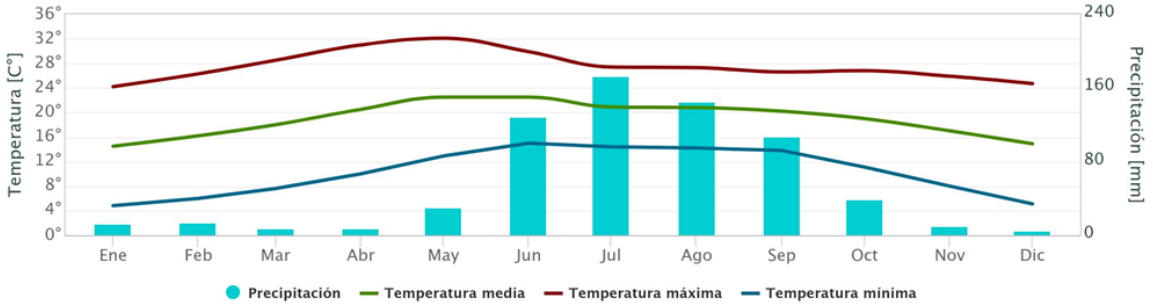


Figura 9: Climograma 1991-2020, Estación 11124-El Chapin.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

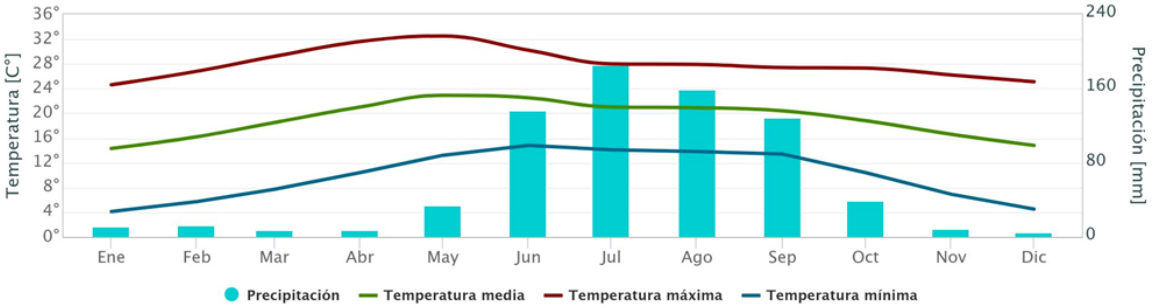


Figura 10: Climograma 1991-2020, Estación 11134-El Conejo.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

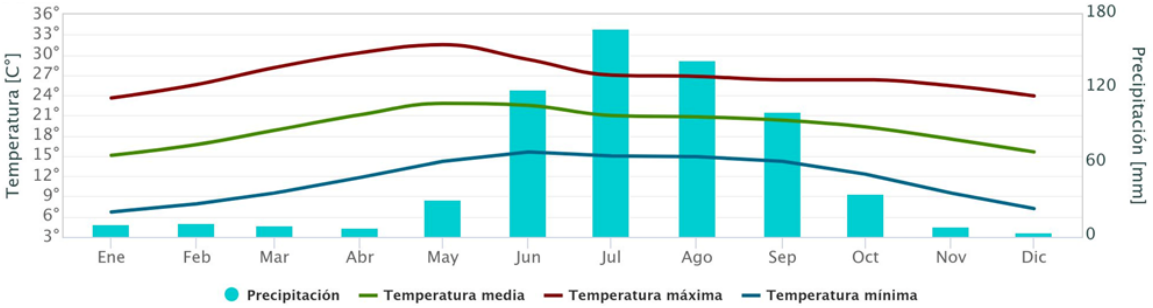


Figura 11: Climograma 1991-2020, Estación 11137-Presa La Purísima.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

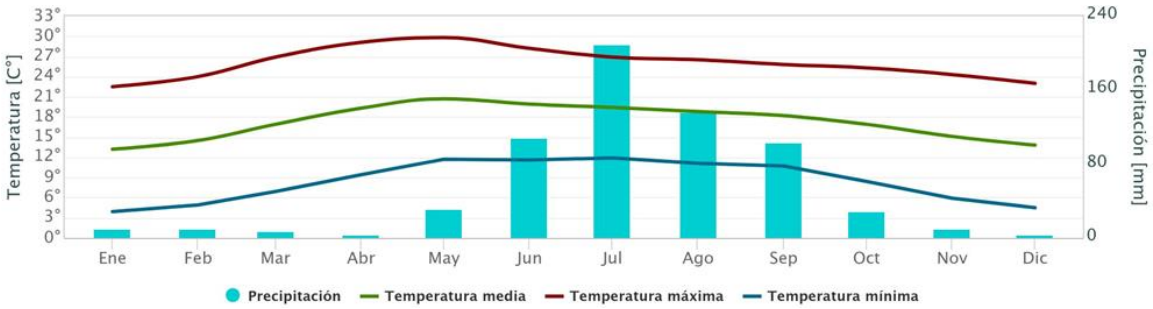


Figura 12: Climograma 1991-2020, Estación 11168-San Juan Temascatío.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

De manera general, los climogramas anteriores refieren el comportamiento histórico de los elementos climatológicos en la zona de estudio; en cuanto a la precipitación, los climogramas muestran que la temporada de lluvia comienza en mayo y termina en octubre con las mayores captaciones en el mes julio. En cuanto a temperatura, los valores mínimos se presentan en los meses de diciembre, enero y febrero, y los máximos en abril y mayo.

VI. TALLER PARTICIPATIVO CON DEPENDENCIAS

La elaboración de un atlas de riesgos municipal es un proceso crucial para la identificación, evaluación y mitigación de los riesgos naturales y humanos de una determinada zona de estudio, ya que proporciona bases de datos sólidas y esenciales para la toma de decisiones en materia de protección civil, planificación urbana, políticas públicas y desarrollo sostenible. Sin embargo, el éxito de su desarrollo depende en gran medida de la participación activa de las distintas dependencias municipales, así como de la retroalimentación de los actores locales, que en el día a día, conviven con los efectos de los fenómenos presentes en el municipio. A continuación, se mencionas algunas de las ventajas de realizar talleres con la participación de dependencias municipales y estatales:

- Recolección de información local y contextualizada: los talleres participativos permiten que las dependencias municipales y otros actores clave (como comunidades, organizaciones civiles, empresarios y técnicos) contribuyan con información valiosa sobre los riesgos específicos que enfrentan. Las autoridades locales tienen un conocimiento profundo de las problemáticas en sus áreas, por lo que sus aportes pueden ser fundamentales para identificar riesgos que, de otro modo, podrían pasar desapercibidos.
- Generación de un enfoque multidimensional: los riesgos no solo están relacionados con fenómenos naturales (como inundaciones, sismos, huracanes), sino que también pueden incluir riesgos sociales, tecnológicos y económicos. Los talleres involucran a distintas dependencias municipales que pueden aportar distintas perspectivas: salud, educación, seguridad, infraestructura, desarrollo urbano, entre otras. Esta variedad de enfoques es clave para desarrollar un documento de atlas integral que contemple todos los aspectos posibles.
- Empoderamiento de las comunidades locales: a través de los talleres participativos, las comunidades pueden entender mejor los riesgos que los rodean y cómo se distribuyen en su entorno. Además, los ciudadanos pueden aportar desde sus experiencias cotidianas, lo cual ayuda a identificar riesgos de manera más precisa, especialmente aquellos menos evidentes o emergentes, como los causados por actividades humanas (por ejemplo, contaminación, deforestación, construcción no

regulada). La participación activa fomenta la responsabilidad compartida y la cultura de la prevención.

- Fortalecimiento de la colaboración interinstitucional: el conocimiento y estudio de un atlas de riesgos no es tarea de una sola dependencia (Protección Civil). Implica una coordinación entre diversas áreas del gobierno municipal (como la dirección de protección civil en los tres órdenes de gobierno, salud, obras públicas, urbanismo, medio ambiente, etc.), así como la integración con otras instituciones como universidades, ONGs, y la sociedad civil. Los talleres participativos ayudan a fortalecer los lazos entre estas entidades, garantizando que todas las partes interesadas trabajen de manera conjunta y alineada.
- Identificación y priorización de riesgos: a menudo, un municipio puede tener múltiples riesgos, pero algunos son más inminentes o graves que otros. A través de los talleres, las dependencias y los actores locales pueden discernir cuáles son los riesgos más críticos para su territorio y cuáles requieren una acción inmediata. Este proceso de priorización es fundamental para garantizar que los recursos disponibles se asignen de manera eficiente.
- Aprovechamiento de conocimientos técnicos y locales: mientras que los expertos técnicos en áreas como geología, meteorología o ingeniería pueden aportar conocimientos científicos sobre el comportamiento de los riesgos, las comunidades locales y las autoridades municipales tienen una experiencia directa y práctica sobre cómo estos riesgos impactan su vida diaria. El taller participativo fusiona ambos tipos de conocimiento para crear un atlas más robusto y útil.
- Mejora de la toma de decisiones: un atlas de riesgos bien elaborado, basado en la participación activa de todas las partes interesadas, mejora la calidad de las decisiones que se toman para la gestión del riesgo. A nivel municipal, esto permite realizar planificación urbana más segura, elaborar estrategias de evacuación y rescate eficaces, identificar zonas de alto riesgo para la construcción y desarrollar políticas públicas que realmente respondan a las necesidades locales.
- Promoción de la cultura de prevención: los talleres no solo son una herramienta técnica para elaborar un atlas, sino que también son una oportunidad para sensibilizar a la población y a las autoridades sobre la importancia de la prevención. La participación activa ayuda a que las personas comprendan los riesgos a los que se enfrentan y se involucren en la gestión activa de la reducción de riesgos.

Bajo el contexto anterior, en el mes de noviembre del 2024, se llevó a cabo el Taller participativo con dependencias del atlas de Irapuato; el evento se llevó a cabo en INFORUM Irapuato, mediante la convocatoria a distintas dependencias de los tres órdenes de gobierno, entre personal directivo y operativo, dado que una dependencia podía interactuar en cualquiera de las cinco mesas de trabajo (para cada fenómeno desarrollado).

En lo que se refiere al fenómeno hidrometeorológico, se contó con la participación de las siguientes personalidades:

- Consejo IMPLAN Irapuato
- Coordinación Municipal de Protección Civil
- H. Ayuntamiento de Irapuato
- Junta de Agua Potable del municipio de Irapuato
- Protección Civil Estatal
- Secretaría de Obra Pública
- Universidad de Guanajuato (DICIVA)

Figura 13: Participantes de la mesa de trabajo del fenómeno hidrometeorológico.
Fuente: elaboración propia.

Como parte del desarrollo de la mesa de trabajo, se le entregó a cada participante un cuestionario relativo al comportamiento de los eventos de origen hidrometeorológico presentes en el municipio de Irapuato. A continuación, se presentan las respuestas de cada participante; los archivos digitales de estos cuestionarios pueden ser consultados en el Anexo 2 del presente documento electrónico:

1. ¿Considera que los componentes del fenómeno hidrometeorológico se seguirán presentando, con la misma o mayor intensidad, en el municipio de Irapuato?, ¿por qué?

P1	Se seguirán presentando con mayor intensidad debido a que existen cambios por la contaminación afectando las condiciones atmosféricas.
P2	Seguramente serán de mayor intensidad toda vez que la cantidad de lluvia se presenta en mayores periodos de tiempo cada vez más cortos, lo que implica un replanteo en la forma de operar del propio JAPAMI.
P3	Tendremos cíclicamente temporadas más extremas de sequía (calor intenso) y precipitaciones extraordinarias. La falta de limpieza de ríos y desazolve puede provocar riesgos en los afluentes de ríos y arroyos, el debilitamiento de los bordos y también socavones por las condiciones de las líneas de drenaje.
P4	Yo considero que el componente fluvial y pluvial se van incrementando conforme va creciendo la mancha urbana, ya que se van incrementando zonas irregulares, falta de cultura de limpieza, asentamientos topográficos en lugares que no eran inundables y no por drenajes colapsados.
P5	Si, sin embargo, dependerá de las condiciones climáticas-infraestructura física en el municipio. De acuerdo al comportamiento y adaptación de la infraestructura urbana (hidráulica). Puede ser mayormente intensa si no se mitigan las condiciones actuales.
P6	Seguirá incrementándose derivado de los cambios climáticos, que acoplado a los cambios topográficos por la compactación diferencial incrementa el riesgo por encharcamiento.
P7	Con mayor intensidad el tema que observamos, en los pluviómetros ubicados en la ciudad, es que se presentan con intensidades elevadas, mismos que se presentan en toda la zona de Irapuato.
P8	Se presentarán con mayor intensidad y es necesario realizar mediciones, el cambio climático estima una mayor intensidad en las lluvias y una mayor prolongación de las sequías.

2. ¿Considera que tanto el gobierno como la sociedad están preparados para afrontar inundaciones de mayor magnitud, así como el Día Cero?, ¿por qué?

P1	Considero que, aunque el gobierno esté muy enfocado en prever las inundaciones, así como el mitigar riesgos, la sociedad normalmente no le da la importancia como se debe. Esto es un trabajo en equipo.
P2	En la fecha actual, considero que aún no estamos preparados para atender precipitaciones más intensas, aunque hay un esfuerzo real por parte del organismo operado en incrementar y actualizar los cárcamos de rebombeo y los emisores propios del sistema; es complicado derivado de la propia topografía que presenta la cabecera municipal. Por otro lado, creo que aun la sociedad no acaba de magnificar el impacto y consecuencias que tendrá el llamado Día Cero; nos urge una cultura real de reúso y optimización del agua.
P3	Hay cultura de prevención, pero no toda la población conoce protocolos para protegerse frente a inundaciones o inclusive encharcamientos mayores. No estamos preparados para el Día Cero, incluso para escasez de agua, cortes temporales.
P4	El gobierno si se encuentra preparado ya que se mantiene un protocolo-programa de prevención y previsión, un protocolo de acción, consejo municipal de protección civil, grupo de respuesta a contingencias, activación del sistema de comando de incidentes

	unificado, activación del plan DN3[2]. Se mantiene la campaña permanente de formación de brigadas civiles.
P5	No, la sociedad puede estar mayormente comunicada. Sin embargo, la preparación parte desde el entendimiento, de la protección y seguridad en cada individuo y en la sociedad. Desde casa, trabajo, entorno, espacio. La sociedad guanajuatense no está preparada desde la justificación estadística.
P6	Aunque hay sitios e infraestructura, por el histórico de inundaciones en Irapuato, considero que en las acciones puede haber o existir una pasividad por el estado temporal de los fenómenos, aunque hay albergues, por ejemplo, la prestación de estos servicios no están listos.
P7	Considero que el gobierno está preparado ya que se realizan acciones preventivas (mantenimiento preventivo a puntos estratégicos en los principales ríos y canales), se tiene el proyecto de instalar un mayor número de estaciones pluviométricas para analizar el comportamiento del fenómeno; en lo que respecta al Día Cero, se están realizando mantenimientos preventivos en fuentes de abastecimiento, el uso del agua superficial así como el reúso de aguas tratadas.
P8	Considero que es necesario optar por distintas e innovadoras obras y acciones de captación de agua pluvial, mientras la zona urbana crezca, las aportaciones hidrológicas crecerán y tendrán una mayor magnitud en tiempo y forma.

3. Como dependencia, ¿qué programas son llevados a cabo para la mitigación de riesgos hidrometeorológicos y con qué periodicidad?

P1	La valoración de puntos de riesgo por inundación que se lleva a cabo anualmente antes del periodo de lluvias.
P2	Tengo entendido la JAPAMI se actualiza y adecua sus programas ejecutivos de obra y mantenimiento de manera anual atendiendo a las necesidades y contingencias generadas en el ciclo inmediato anterior, sin embargo, se enfrenta a un problema persistente ya que dependen del recurso económico el cual generalmente es insuficiente, lo que orilla a fraccionar las obras de gran magnitud e impacto.
P3	Sin comentario.
P4	Valoración de puntos de riesgo por PC municipal y posterior visitas con PC estatal. Mesa de trabajo en enero con las dependencias que se involucran en visita de campo y minuta del día que se empiezan a tomar acciones de limpieza, bordos, cortinas, mantenimiento, desazolve, limpieza de drenajes, ramajes, colocación de regletas, etc. Recorrido para término de trabajos y monitoreo con radar, pronóstico, grupo respuesta.
P5	Programa preventivo anual para la identificación, evaluación y diagnóstico a zonas de peligro y riesgo por inundación (pluvial, fluvial, lacustre) en el estado de Guanajuato. Anualmente durante la temporada de lluvias y ciclones tropicales (octubre – noviembre).
P6	La institución no tiene esta prestación de servicios, solo de investigación, pero si puede atender o apoyar este tipo de fenómenos con expertos.
P7	Mantenimiento preventivo de ríos y canales, en puntos estratégicos para aumentar la capacidad hidráulica de conducción. Plan de acción a contingencias con personal y equipo para atender situaciones de riesgo en coordinación con PC. Plan de mantenimiento preventivo a equipo de bombeo de cárcamos pluviales, bocas de tormenta, etc.

[2] La Secretaría de la Defensa Nacional estableció el Plan de Auxilio a la Población Civil en Casos de Desastre, denominado PLAN DNIIIE.

P8	Dentro de la institución se está realizando la actualización del atlas de riesgo, y ahora también el plan de desarrollo municipal, pero según entiendo éstos no se actualizan en 5 años y se deben regir por los planes estatales.

4. Como dependencia, ¿cuál es/son los desafíos (técnicos, operacionales, etc.) a los que se enfrentan para reducir el riesgo hidrometeorológicos?

P1	Como desafío es la limpieza de arroyos y sobre todo la construcción de bardas para evitar desbordamiento de los ríos cuando el peralte incrementa debido a lluvias extremas.
P2	Como lo mencioné en el punto anterior, creo que el mayor desafío es optimizar y priorizar el correcto ejercicio de los recursos económicos. Asimismo, el preponderante utilizar la tecnología de última generación para tratar de prevenir los impactos de los fenómenos atípicos que se presenten.
P3	Aprovechamiento de aguas residuales, actualizaciones del PMDUOET para la administración y control del ordenamiento sustentable del municipio, zonas de alta densidad poblacional con basura y tapan los drenajes, coordinación interinstitucional, priorización presupuestal.
P4	Incrementar la partida para fenómeno hidrometeorológico y poder atender simultáneamente con drones varios puntos. Contar con lanchas, unidades con cabrestante para retirar vehículos anegados, retroexcavadora, etc. Contar con un estado de fuerza mayor al que está actualmente.
P5	Cooperación por parte de gobiernos municipales, secretarías municipales, organismos operadores, distritos de riesgo. Necesario enfrentar la reducción de riesgo desde la prevención municipal, la reducción-mitigación de riesgos desde programas anuales operativos.
P6	La conservación de recursos e infraestructura para atender los fenómenos fuera de la mancha urbana.
P7	La antigüedad de la infraestructura (colectores y subcolectores). Aumento en la intensidad de lluvia por encima de la capacidad de la infraestructura hidráulica instalada. Cultura de la sociedad por el tema de la basura.
P8	Falta información meteorológica histórica para tener una determinación más acercada de las intensidades de diseño. Se requiere realizar un análisis completo de la cuenca municipal para determinar los escurrimientos reales que se deben contener.

5. ¿Cuáles son los ríos o arroyos con mayor peligro en el municipio de León que atienden como dependencia?

P1	Sin comentario.
P2	R. Guanajuato, cruza colonias con alto índice de riesgo de desborde; R. Silao, cruza una parte importante de la ciudad; C. Coria, aporta al municipio una cantidad importante de agua proveniente de Salamanca.
P3	A. Santa Rita, se generó una corrección lo que generó problemas en zona de arriba; R. Guanajuato, ha tenido rompimientos, así como zonas con mucho carrizo; R. Sialo, no hay bordos en algunos tramos, C. Coria, accidentes, caen vehículos, personas en la zona de población.

P4	R. Silao, incremento en nivel colonia Cobos; R. Guanajuato, asolvamiento tramo Villas San Cayetano; A. Santa Rita, degradación bordos por la sociedad; A. Zarco, azolvamiento basura y maleza; A. Tepalcates, mucha maleza; C. lateral Irapuato, no atendido por Módulo de Riesgo.
P5	Sin comentario.
P6	R. Temascatío, avenidas máximas, calidad del agua; Dren 20 y 21, conectando con Salamanca, que atraviesa la ciudad zona sur; R. Guanajuato, encharcamiento, desbordamiento zona Carmelitas; R. Silao, acumulación de basura; Av. Guerrero, encharcamiento 40 centímetros; Zona Centro, encharcamiento 30 o 40 centímetros.
P7	R. Guanajuato, infiltraciones en zonas urbanas; A. Santa Rita, riesgo de desbordamiento; R. Silao, riesgo de desbordamiento.
P8	Las Liebres, en la nueva avenida dejaron el nivel muy alto y se encharca; San Martín de Porras, en la calle que conecta con Abasolo se encharca; Los Presidentes, se encharca la calle Manuel Ávila Camacho.

6. ¿El municipio de Irapuato está preparado para afrontar la falta de agua derivado de periodos de sequía prolongados?, ¿se da a conocer a la población la problemática de abatimientos de los acuíferos?

P1	Considero que no se da a conocer la problemática de abatimiento de los acuíferos a la sociedad, no tenemos la magnitud de referencia o la importancia del mal uso del agua potable. El municipio de Irapuato está preparando la planta de tratamiento de aguas residuales para hacerla llegar a los mantos acuíferos.
P2	Aunque efectivamente existen campañas intensas de concientización sobre el cuidado, reúso, tratamiento y optimización del agua, considero que "socialmente" no estamos realmente enterados y mucho menos preparados para adecuarnos a vivir con una efectiva cultura del cuidado del agua. Información si existe y si se difunde, pero socialmente la propia población tiende a minimizar las consecuencias.
P3	Hay atención del tema, pero hay zonas críticas con falta de servicios o limitación, principalmente zonas irregulares o comunidades rurales (ampliaciones de centros de población).
P4	No, la Presa de la Purísima presentó niveles más bajos que se hayan visto, las presas Ortega, Ave María, Porvenir están secas.
P5	Sin comentario.
P6	No existe exploración actual para nuevos almacenamientos para que en calidad puedan abastecer. Todos los pozos tienen abatimientos significativos y el impacto de los ríos Guanajuato y Silao en la calidad de agua tiene un impacto importante.
P7	Si está preparado, al menos en el área urbana dado que el suministro es más por agua subterránea. No se da a conocer más información al usurario.
P8	Solo se tienen fuentes de abastecimiento subterráneas, no existen fuentes alternas por lo que se bajan los niveles dinámicos, no hay manera de que se abastezca de otro lugar. No se hace conciencia a profundidad con la población de lo que podría ocurrir si bajan los niveles.

7. ¿La dependencia realiza y/o comparte y/o tiene conocimiento sobre la actualización de información relativa a uso de suelo, principalmente en las zonas destinadas a

crecimiento urbano e industrial, con el fin de detectar la superficie de las zonas que no permiten la recarga de los acuíferos, y por ende el cambio en el coeficiente de escurrimiento de cada microcuenca?

P1	La dependencia si tiene conocimiento sobre la actualización de información relativa a uso de suelo, principalmente en zonas de mantos acuíferos.
P2	En cuanto a la recarga de los mantos considero que realmente tiene pocos años hacia la fecha actual donde se esté contemplando realmente una urgencia vigente de darle oportunidad de recuperarse a los mantos acuíferos, y sobre todo destinar sitios específicos para que se genere esta recarga.
P3	Sin comentario.
P4	Se hace una zonificación del lugar previa, polígono de riesgos, consulta del atlas de riesgos.
P5	Si, se tiene conocimiento. La información es desarrollada por dependencias del Gobierno del Estado.
P6	En los últimos años ha realizado la declarativa de la zona de recarga del municipio que acoplado a PEDUET municipal tienen identificados pero no tiene proyectos clave de inversión y selección de acciones.
P7	No se tiene la información de entrada de la zona de recarga del acuífero Irapuato-Valle.
P8	No existe una intercomunicación de JAPAMI con IMPLAN y Desarrollo Urbano, por lo que se puede cambiar el uso de suelo de un lote y no se dictamina hidrológicamente.

8. ¿La dependencia considera importante (o cuenta con) la instalación de sistemas de monitoreo y/o alerta temprana en cuanto a variables climáticas con el fin de salvaguardar la integridad de la población y sus bienes?

P1	La dependencia si cuenta en el sistema de monitoreo climático, ya que para la misma es de suma importancia salvaguardar la integridad de la población y sus bienes.
P2	Si cuenta con sistemas de monitoreo y sé que existe un programa ya establecido para ampliar este sistema de monitoreo y potencializarlo para que otras dependencias también tengan acceso al mismo y sepan interpretar la información.
P3	Sin comentario.
P4	Se cuenta con monitoreo de radar de PC estatal, conos de viento, monitoreo de pronóstico, punto de vista y observación de cuerpos nubosos.
P5	Si, estaciones meteorológicas (semiautomáticas y automáticas), radar meteorológico doppler, como parte del sistema de alerta temprana del Gobierno del Estado.
P6	Es fundamental un sistema de alerta temprana para el municipio, tenemos dos presas de alto impacto, la Presa El Conejo y La Purísima que están relacionadas con Río Guanajuato y Silao, que históricamente causaron inundaciones.
P7	Si, la dependencia cuenta con 8 estaciones climatológicas y se instalarán algunas más con la finalidad de estudiar el tipo de precipitación y los daños que posiblemente se generen.
P8	No existe una alarma cuando por ejemplo los cárcamos no funcionan y podrían ocasionar accidentes en los pasos suprimidos.

A manera de resumen, los participantes coinciden en que es probable que los fenómenos de origen hidrometeorológicos se incrementen en temporalidad e intensidad derivados del cambio climático, y que la sociedad no se encuentra debidamente informada-preparada sobre el tema de prevención de peligros. Si bien, dependencias como

protección civil municipal y estatal, así como el organismo operador de agua, entre otras, llevan a cabo planes y obras de mantenimiento, es necesaria la participación de la población en el adecuado mantenimiento de las redes hidráulicas para prevenir encharcamientos e inundaciones, así como uso y ahorro del agua, sin embargo, el principal desafío sigue siendo la adecuada dotación de recursos financieros para adecuar los sistemas pluviales a los cambios en los regímenes de precipitación pluvial y/o construcción/adecuación de obras hidráulicas. También coinciden en que el arroyo Santa Rita y el Río Guanajuato, son las principales corrientes de agua que manifiestan problemática durante la temporada de lluvias, así como encharcamientos en distintas avenidas de la zona urbana derivado de la problemática de hundimientos (fallas). Finalmente, los participantes concluyen que la atención a los componentes de inundaciones y sequías, debe ser una tarea interinstitucional con el objetivo de salvaguardar a la población y sus bienes.

VII. CICLÓN TROPICAL

VII.1 Antecedentes

El término "ciclón" se utiliza para describir una perturbación atmosférica caracterizada por vientos giratorios en forma de espiral en torno a una zona de baja presión. Los ciclones se forman principalmente sobre los océanos cálidos cuando la temperatura es superior a los 26° C, donde el agua se convierte en vapor de agua, a medida que el aire cálido y húmedo se eleva, se crea una zona de baja presión en la superficie, lo que provoca la entrada de aire circundante que comienza a girar, esta rotación se fortalece a medida que el ciclón se desplaza sobre el agua cálida, donde la evaporación continua alimenta la tormenta con energía.

Su diámetro suele ser de unos 200 a 500 km, pero puede alcanzar los 1000 km. Los ciclones tropicales generan vientos muy violentos, lluvias torrenciales, olas altas y, en algunos casos, mareas de tempestad e inundaciones costeras muy destructivas.

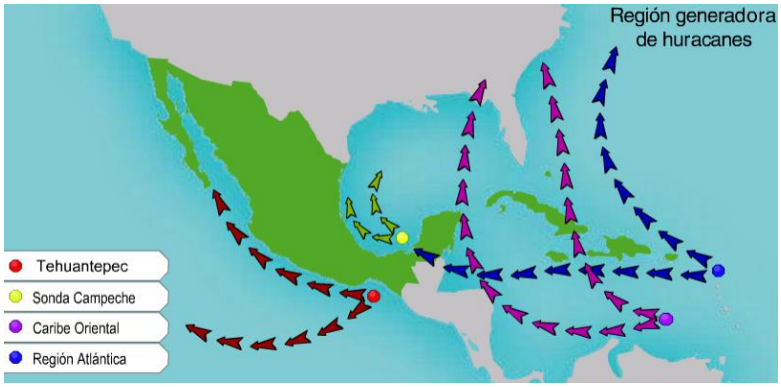


Figura 14: Zonas ciclogénicas que afectan a México.
Fuente: tomado de (INEGI, Cuéntame de México, 2024).

Las regiones donde se originan los ciclones se les conocen como zonas ciclogenéticas o matrices. Los ciclones que llegan a México provienen de la sonda de Campeche, Golfo

de Tehuantepec, Caribe (alrededor de los 13° latitud norte y 65° longitud oeste) y sur de las islas Cabo Verde (cerca de los 12° latitud norte y 57° longitud oeste, región Atlántica). Como tal, la temporada de ciclones comienza en el mes de mayo en el océano Pacífico, mientras que en el océano Atlántico es en junio. Para ambos océanos la actividad concluye a finales de noviembre, (CENAPRED, CENAPRED, 2024).

Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo con la escala Saffir-Simpson (velocidad de sus vientos máximos); si bien esta escala caracteriza a los ciclones tropicales como una extensa variedad de sistemas atmosféricos que poseen un núcleo de alta temperatura y cuyos vientos en la superficie varían desde los 63 km/h hasta velocidades que exceden los 252 km/h, dicha escala no contempla otros factores importantes, tales como el tamaño del sistema o la cantidad de lluvia que producen.

Tabla 2: Escala Saffir-Simpson.

B	Perturbación	Menos de 45 km/h
B	Depresión tropical	45 – 62 km/h
●	Tormenta tropical	63 – 118 km/h
1	Huracán Cat. 1	119 – 153 km/h
2	Huracán Cat. 2	154 – 177 km/h
3	Huracán Cat. 3	178 – 208 km/h
4	Huracán Cat. 4	209 – 251 km/h
5	Huracán Cat. 5	Más de 252 km/h

Fuente: elaboración propia con datos de (UNAM, La actividad ciclónica tropical en México: peligros y riesgos hidrometeorológicos asociados, 2022)

Para la temporada de ciclones tropicales 2024, su inicio se pronosticó para el 15 de mayo en el Pacífico Nororiental y el 1 de junio en el Atlántico Norte. En ambos casos, su terminación se estimó para el 30 de noviembre del 2024.

La oscilación del sur es el modulador que toma en cuenta la situación de las interacciones océano-atmósfera. Este modulador tiene 3 comportamientos:

- El niño: suceso oceánico-atmosférico que tiene lugar cuando las aguas del océano Pacífico Tropical Central y Oriental empiezan a calentarse por encima de la media.
- La niña: se caracteriza por temperatura del agua más fría de lo normal, lo que afecta la actividad ciclónica en el Atlántico.
- ENSO-Neutral: períodos en los que ni El Niño ni La Niña están presentes.

Para este año, el Sistema Meteorológico Nacional y CONAGUA, pronostican entre 35 y 41 ciclones tropicales en ambos lados de las costas del país.

Figura 15: Pronóstico de ciclones tropicales para México para 2024.
Fuente: tomado de (Salud, 2024).

Aunque el municipio de Irapuato, en el estado de Guanajuato, no se encuentra en la costa y, por lo tanto, no es directamente impactado por huracanes, sí puede experimentar efectos indirectos significativos de estos fenómenos meteorológicos. Los huracanes que tocan tierra en las costas mexicanas pueden desplazarse hacia el interior del país, generando lluvias intensas y prolongadas que afectan regiones como el Bajío, donde se ubica Irapuato.

Entre los efectos indirectos asociados a la ocurrencia de estos eventos meteorológicos se encuentras las lluvias, las cuales pueden provocar inundaciones en zonas urbanas y rurales. Estas precipitaciones pueden saturar los sistemas de drenaje y causar el desbordamiento de ríos y arroyos locales. Un ejemplo histórico es la gran inundación del año 1973, cuando la ruptura de varias presas, debido a lluvias intensas, resultó en la afectación de más de 4,000 viviendas en la ciudad.

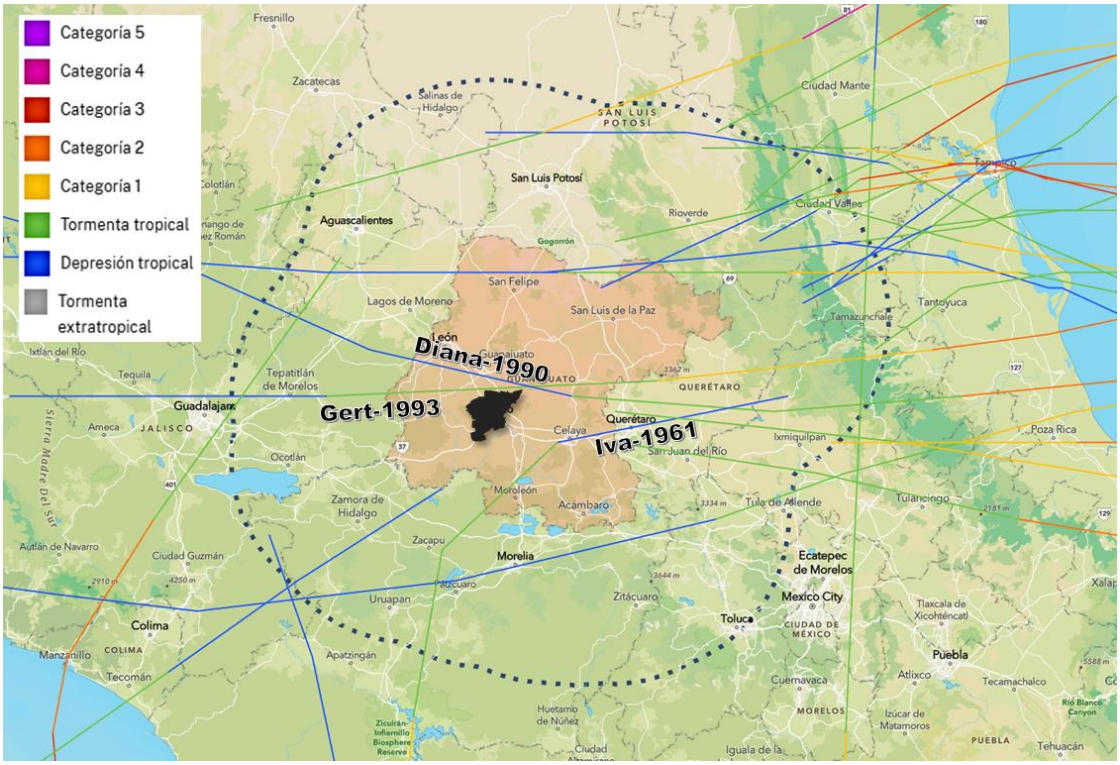


Figura 16: Trayectorias históricas de huracanes a su paso por el estado de Guanajuato y cercanas al municipio de Irapuato.

Fuente: tomado de (NOAA, 2024).

VII.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

En el documento del atlas del año 2013, (IMPLAN, 2013), se menciona que el nivel de peligro para el municipio corresponde a Muy Bajo de acuerdo con la metodología "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo" en su nivel 1 (ver Figura 17). Asimismo, se mencionan las siguientes probabilidades de afectación:

a) Un huracán en un periodo de 1 año es de 0.05%
b) Un huracán en un periodo de 5 años es de 3.78%

c) Un huracán en un periodo de 10 años es de 12.51%

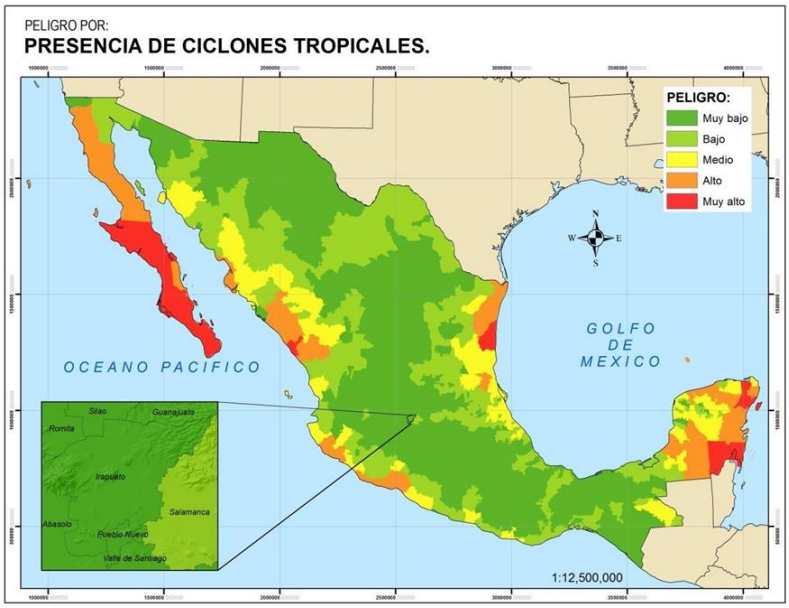


Figura 17: Nivel de peligro por presencia de ciclones tropicales descrito en 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

VII.2 Metodología

Geográficamente, el municipio de Irapuato se localiza a una distancia aproximada de entre 300 a 400 kilómetros de las costas de México (océano Pacífico y Atlántico), lo que llevaría a pensar que los estragos de un huracán distan de causar efectos; sin embargo, el documento titulado "Elaboración de Mapas de Riesgo por Inundaciones Costeras por Marea de Tormenta" elaborado por CENAPRED menciona el desarrollo de una metodología para la elaboración de mapas de probabilidad de presentación desde depresiones tropicales hasta huracanes categoría 5 en la escala Saffir-Simpson, misma que permite obtener la función de peligro, la taza de excedencia y los periodos de retorno para un lugar en particular. Para la obtención de las probabilidades de ocurrencia de un determinado nivel de ciclón tropical es necesario consultar el valor asignado en los mapas elaborados por CENAPRED de acuerdo a la ubicación geográfica del sitio a analizar, (ver Figura 18 a Figura 21). Cabe hacer mención que, conforme aumenta la clasificación de la escala Saffir-Simpson, la probabilidad de ocurrencia al centro del territorio nacional es nula, y por ello, para el municipio de Irapuato únicamente se consultó hasta la clasificación de H1 (huracán categoría 1).

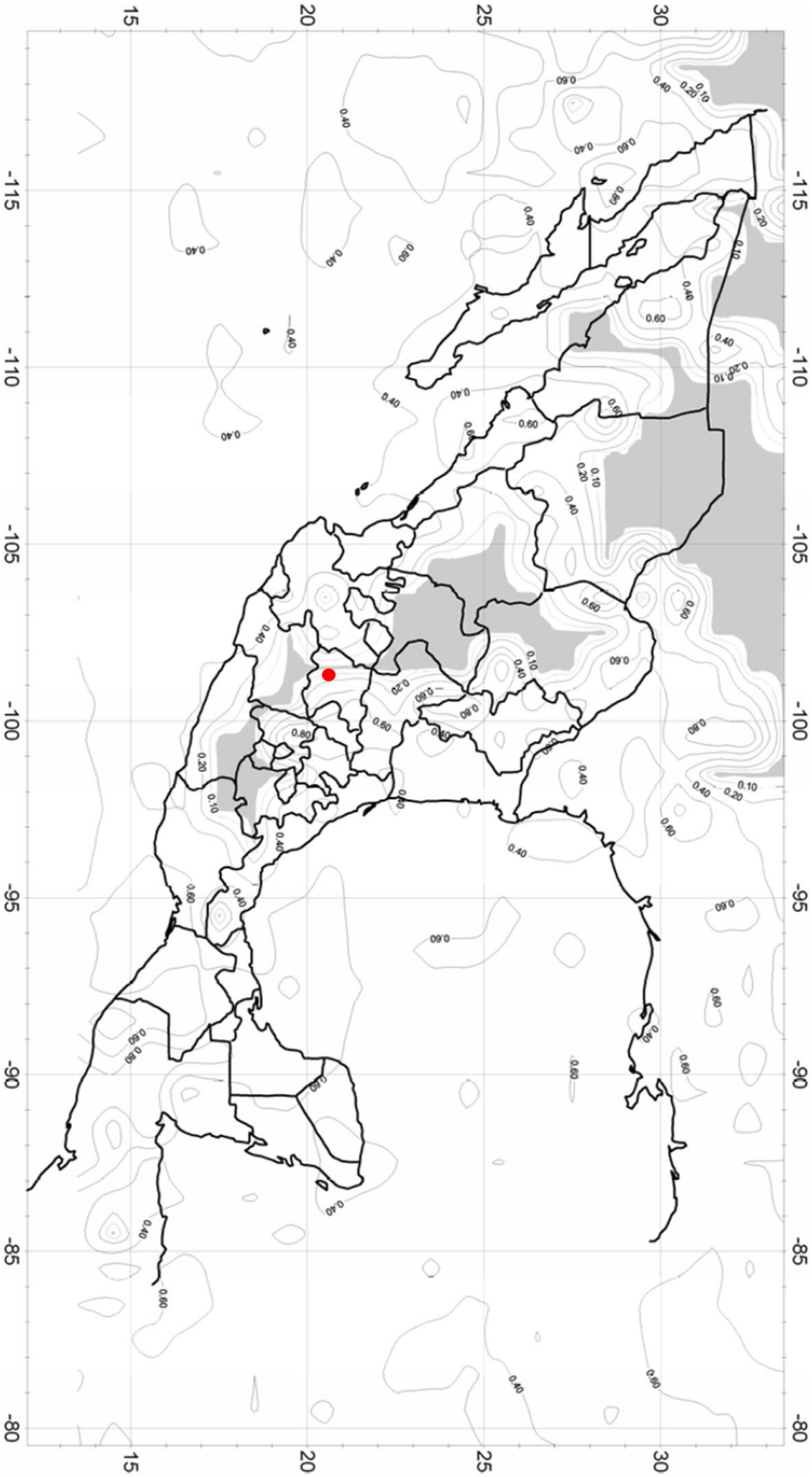


Figura 18: Probabilidad de ocurrencia para depresiones tropicales (DT) en México.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

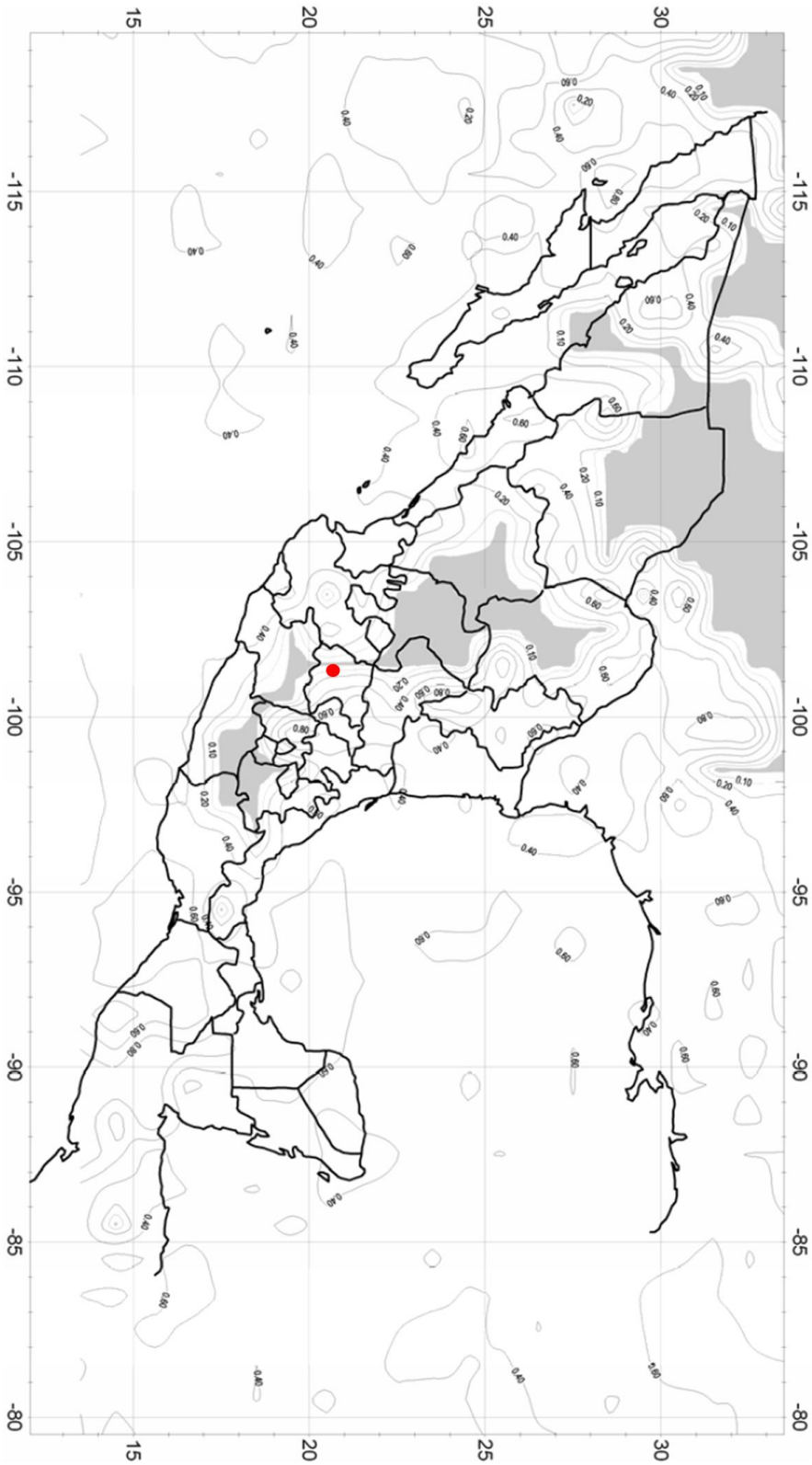


Figura 19: Probabilidad de ocurrencia para tormentas tropicales (TT) en México.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

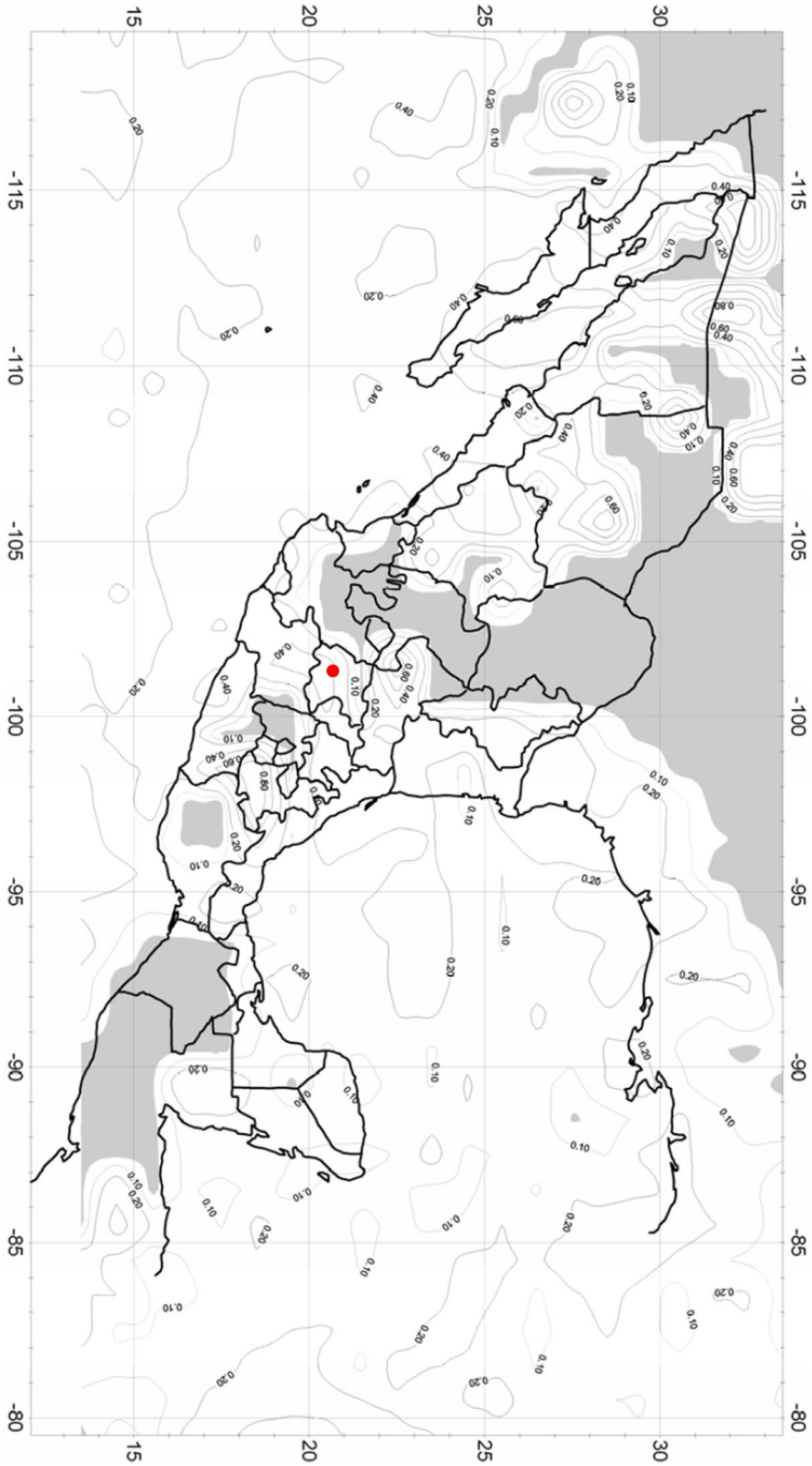


Figura 20: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo I (H1) en México.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

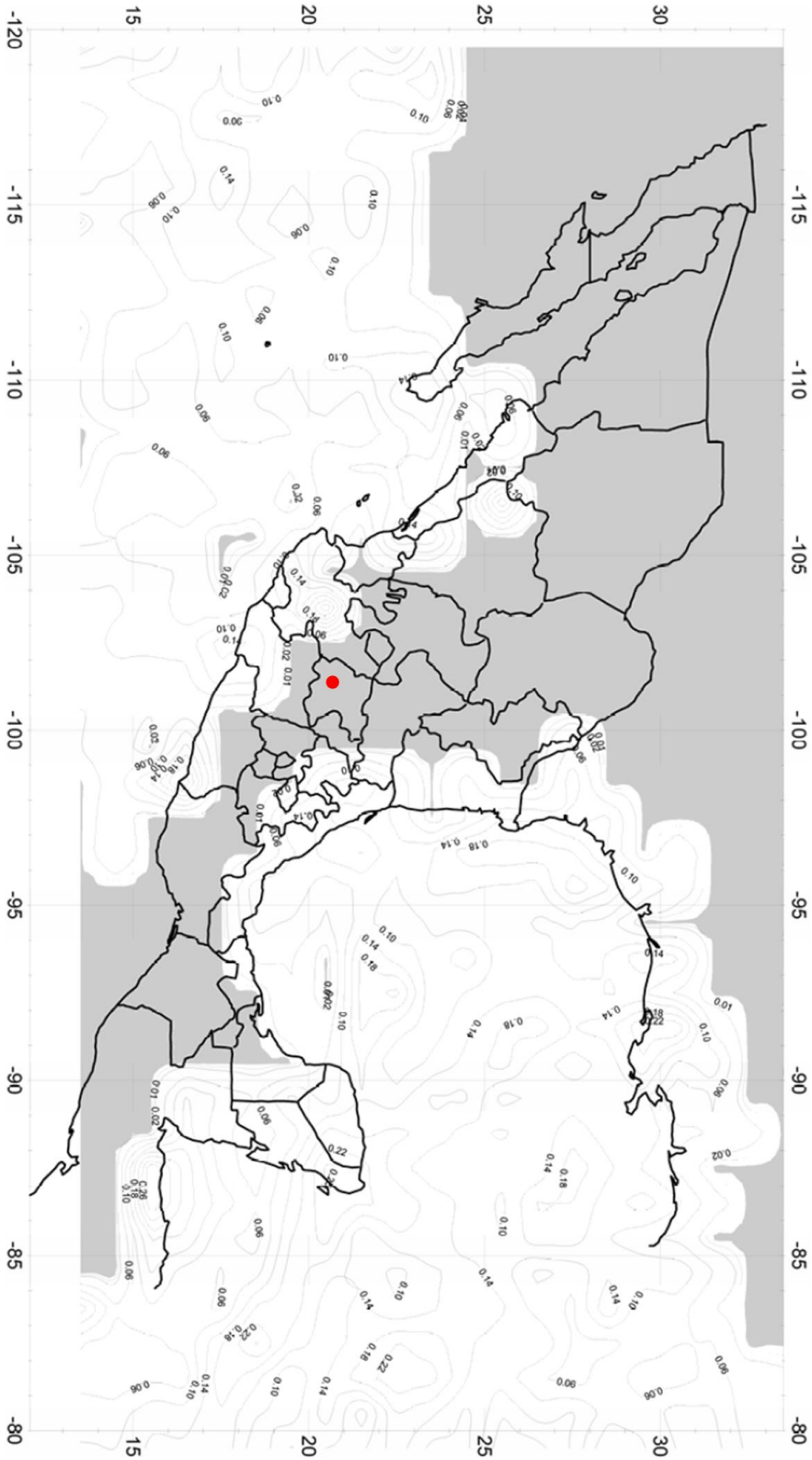


Figura 21: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo II (H2) en México.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

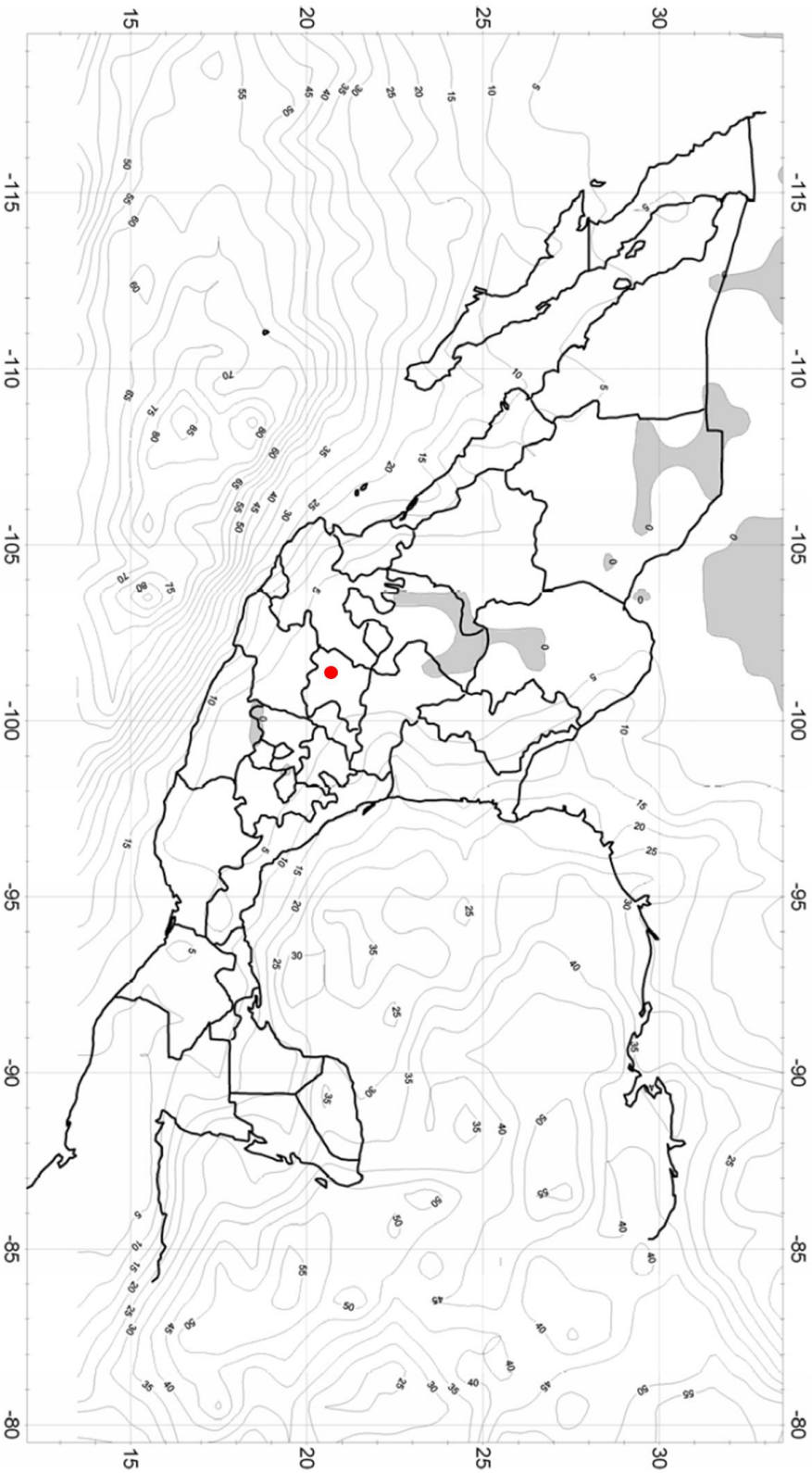


Figura 22: Probabilidad de ocurrencia para huracanes tipo III (H3) en México.
Fuente: tomado de (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

Los valores identificados para el municipio de Irapuato se presentan en la Tabla 3, donde se observa que la probabilidad de que ocurra una depresión tropical es 0.11; también se puede observar que la probabilidad de que se presente un huracán de los tipos 2 a 5 es cero, lo cual quiere decir que en el punto analizado no se han registrado eventos de esta clase. Con respecto al número total de ciclones tropicales para el municipio, utilizando el mapa de interpolaciones de eventos totales (ver Figura 22), la estimación visual arroja el dato de 5.

Tabla 3: Valores de probabilidad de ocurrencia en el municipio de Irapuato.

Tipo de ciclón	$P(i)$ leído en el mapa
DT	0.2
TT	0.2
H1	0.4
H2	0.0
H3	0.0
H4	0.0
H5	0.0

Fuente: elaboración propia a partir de mapas de probabilidad de ocurrencia.

Con los datos obtenidos es posible obtener una función de peligro, la tasa de excedencia de los eventos y los periodos de retorno para cada una de las intensidades de los ciclones tropicales en el municipio de Irapuato.

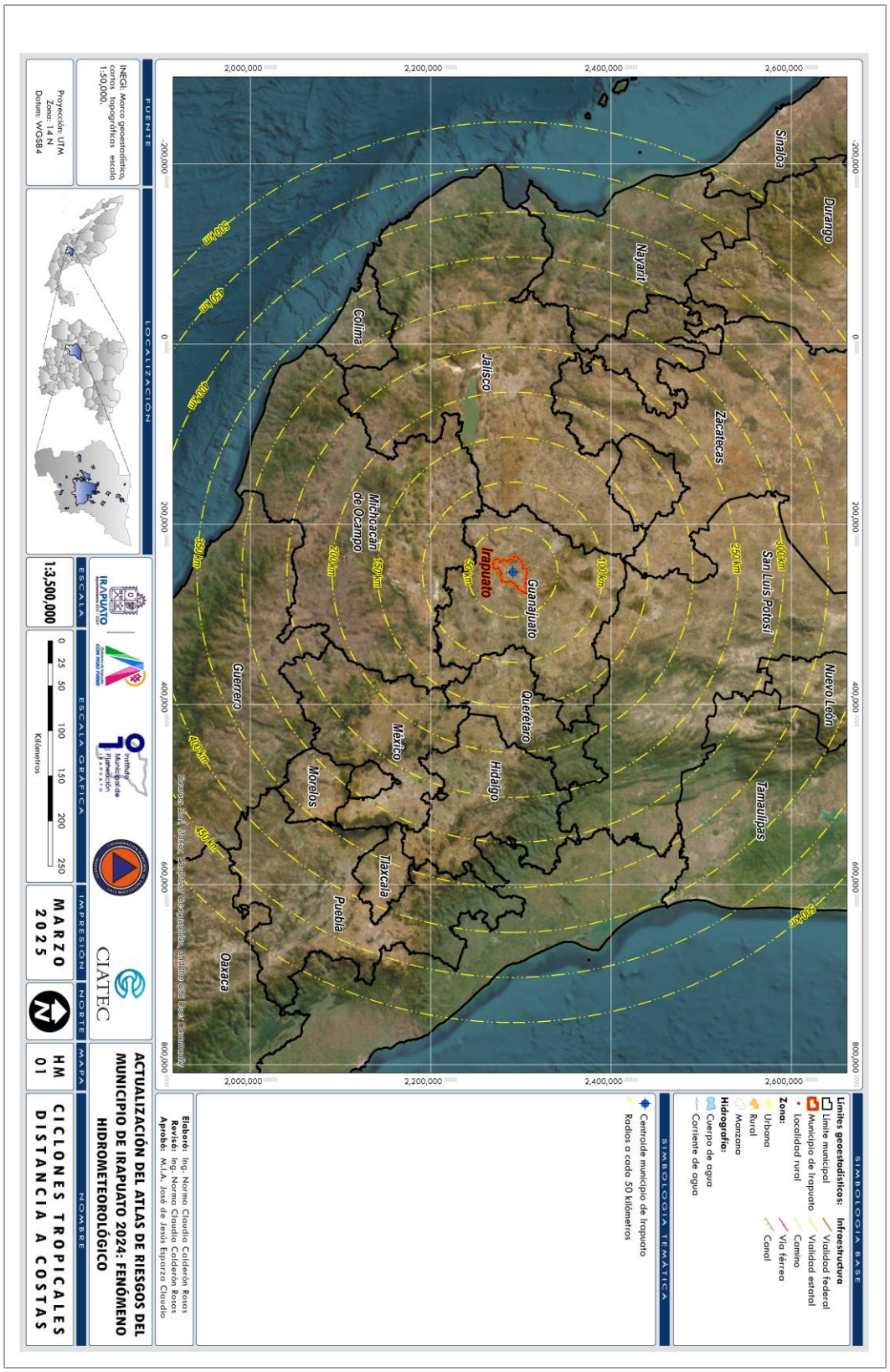
VII.3 Memoria de cálculo

Para el proceso de cálculo, se hizo uso del archivo de Microsoft Excel (disponible en versión electrónica mediante solicitud al portal de transparencia de CENAPRED) con nombre "***Calculo_Tr_Ciclones2005_2.2.xls***", en el cual se insertaron los datos obtenidos en cada figura. Cuando se analiza un punto en la costa del océano Pacífico, es necesario utilizar la hoja con el nombre "*Pacífico*", y si el punto en estudio está en el golfo de México o mar Caribe se procede a trabajar en la hoja "*Atlántico*". Los datos se deben ingresar en las celdas con fondo gris, e inmediatamente aparecerá el periodo de retorno $T(r)$ correspondiente a cada intensidad.

Es importante señalar que la suma de las probabilidades debe ser cercano a 1, de lo contrario puede haber errores en la elección de los valores de probabilidad. El grado de

aceptación expresa qué tan bueno es el estimado de la función de probabilidad que se esté ingresando.

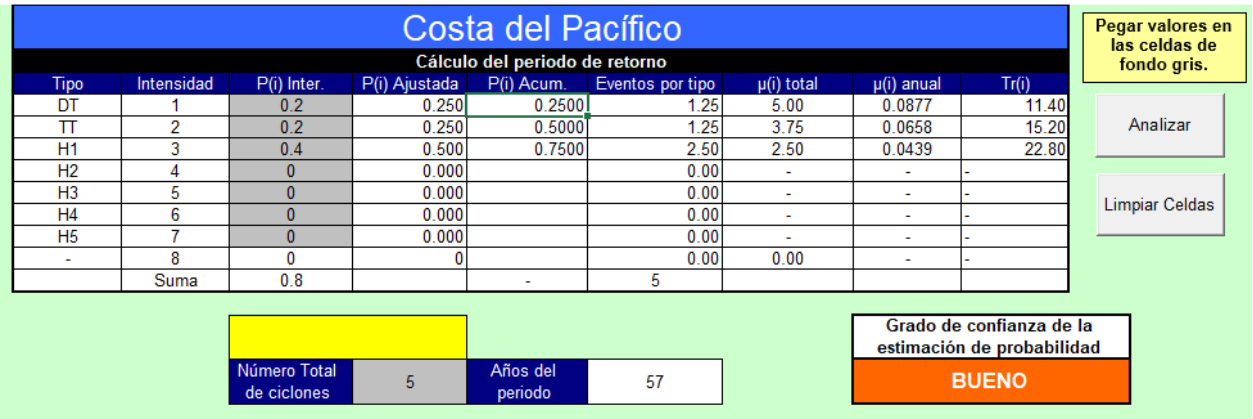
Para el caso de Irapuato, la costa sobre el océano Pacífico más cercana se ubica a 310 kilómetros al sur del municipio (en el estado de Guerrero), mientras que del lado del Golfo la costa más cercana se ubica a 400 kilómetros al noreste del municipio (en el estado de Veracruz. El siguiente mapa, ejemplifica la ubicación geográfica de Irapuato con respecto a los litorales mexicanos.



Mapa 1: Ubicación de Irapuato con respecto a los litorales mexicanos.

VII.4 Peligro, vulnerabilidad y riesgo por ciclones tropicales

Dada la ubicación más cercana del municipio de Irapuato hacia la costa oeste, se utilizó la hoja de cálculo "Pacífico", de la cual se presentan los resultados obtenidos en la Figura 23.



Costa del Pacífico

Cálculo del periodo de retorno

Tipo	Intensidad	P(i) Inter.	P(i) Ajustada	P(i) Acum.	Eventos por tipo	μ(i) total	μ(i) anual	Tr(i)
DT	1	0.2	0.250	0.2500	1.25	5.00	0.0877	11.40
TT	2	0.2	0.250	0.5000	1.25	3.75	0.0658	15.20
H1	3	0.4	0.500	0.7500	2.50	2.50	0.0439	22.80
H2	4	0	0.000		0.00	-	-	-
H3	5	0	0.000		0.00	-	-	-
H4	6	0	0.000		0.00	-	-	-
H5	7	0	0.000		0.00	-	-	-
-	8	0	0		0.00	0.00	-	-
	Suma	0.8		-	5			

Pegar valores en las celdas de fondo gris.

Analizar

Limpiar Celdas

Número Total de ciclones: 5

Años del periodo: 57

Grado de confianza de la estimación de probabilidad: BUENO

Figura 23: Libro de Excel: Calculo_Tr_Ciclones2005_2.2.xls, hoja correspondiente a la costa del Pacífico.

Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

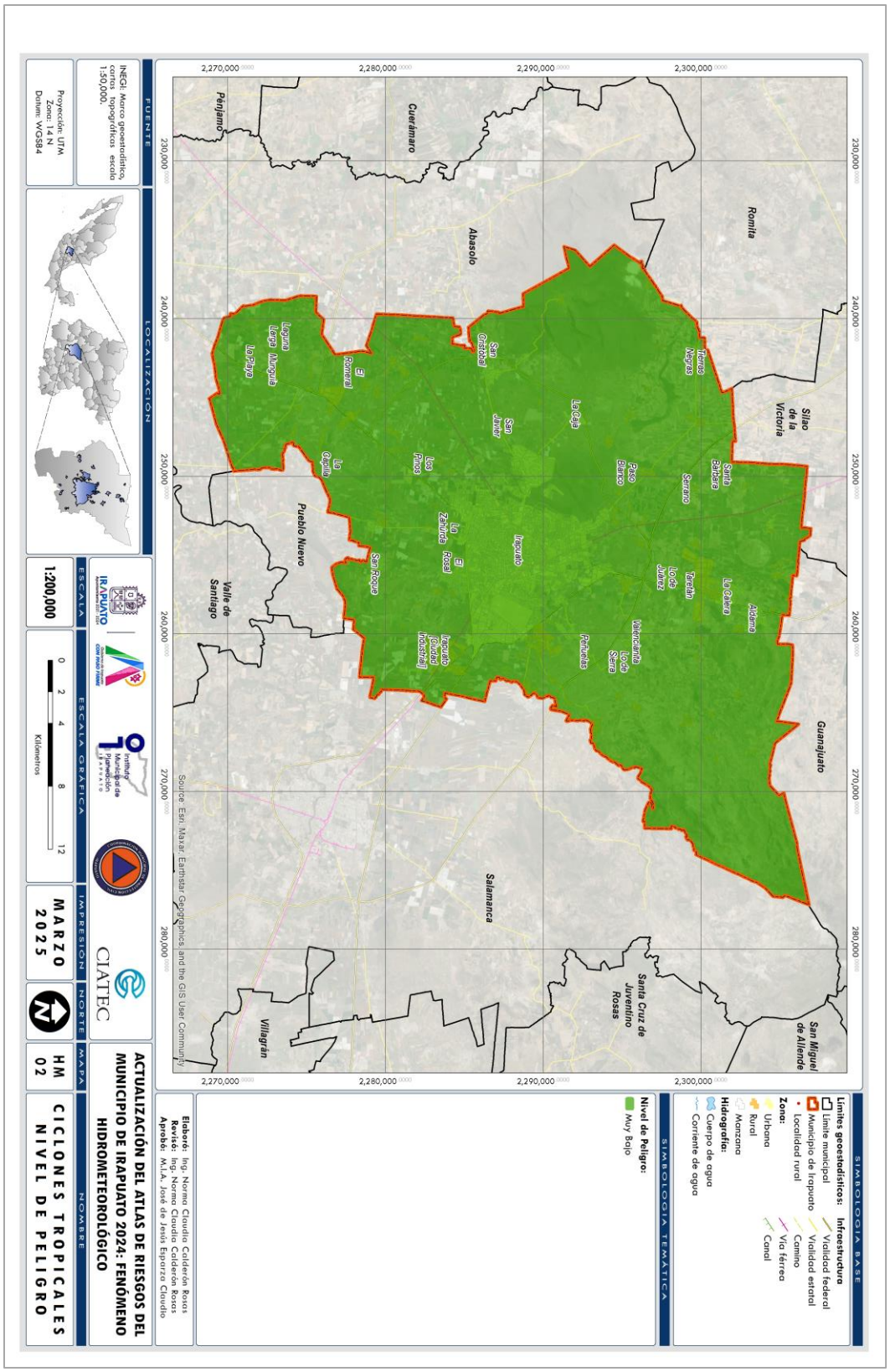
De acuerdo con la Figura 23, las probabilidades para que ocurran los fenómenos señalados se pueden resumir en la Tabla 4; y en el Mapa 2, se presenta el resultado de peligro por ciclón tropical en el territorio municipal de acuerdo con CENAPRED.

Tabla 4: Probabilidad anual y tiempo de retorno para ciclones tropicales en el municipio de Irapuato.

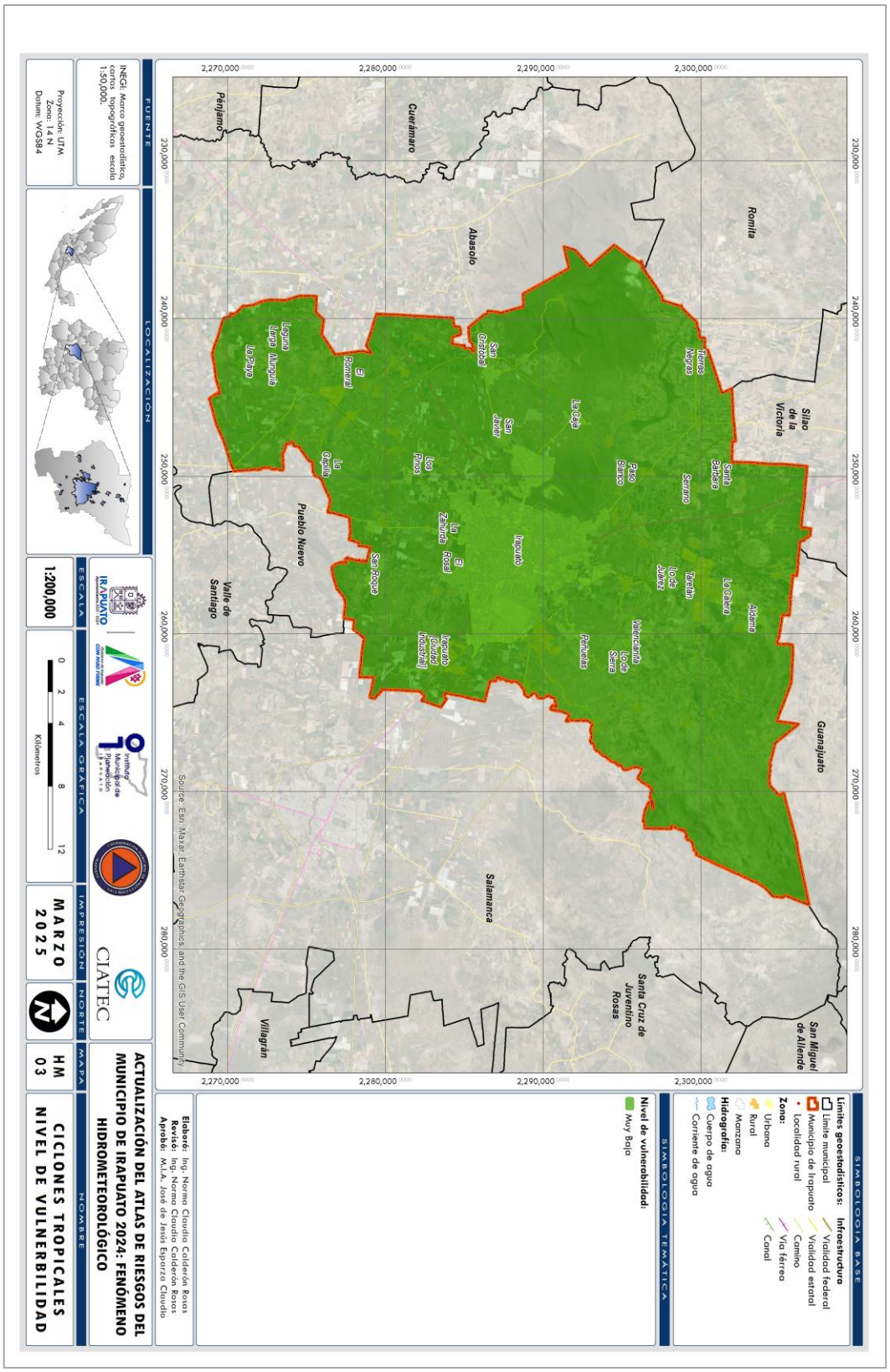
Tipo	Probabilidad anual (%)	Tiempo de retorno Tr (años)
DT	8.77	11.40
TT	6.58	15.20
H1	4.39	22.80

Fuente: elaboración propia a partir de resultados obtenidos en Calculo_Tr_Ciclones2005_2.2.xls.

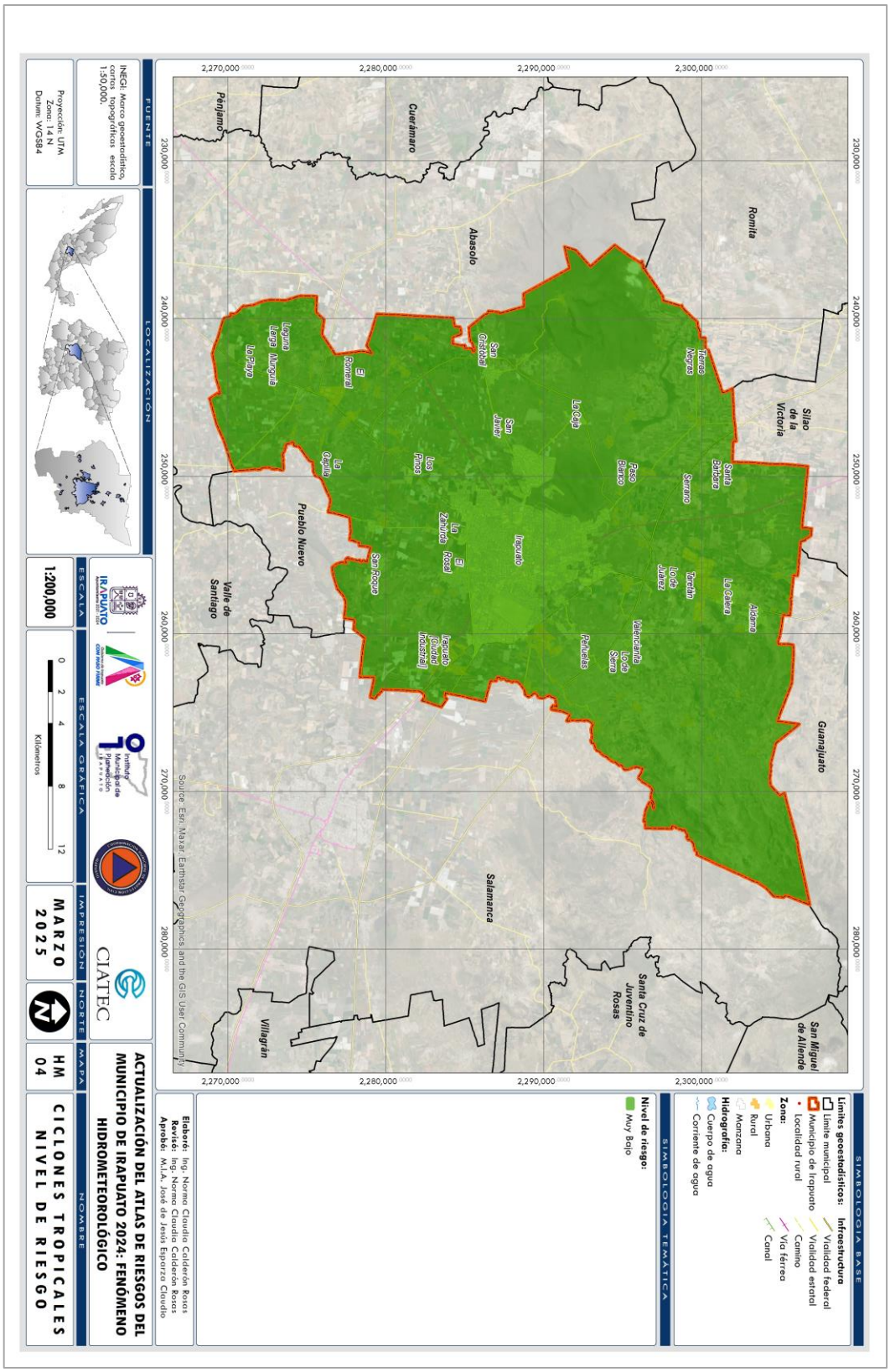
Dada la lejanía con los litorales mexicanos, los niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo por ciclones tropicales, se determinan como Muy Bajo para el municipio de Irapuato.



Mapa 2: Mapa de peligro por ciclones tropicales.



Mapa 3: Mapa de vulnerabilidad por ciclones tropicales.



Mapa 4: Mapa de riesgo por ciclones tropicales.

Pese a la ubicación geográfica del municipio, cabe resaltar la importancia de conocer la información emitida en el sitio web del Sistema de Alerta Temprana para ciclones tropicales (SIAT-CT), el cual es un mecanismo de alerta y coordinación que de manera consensada genera una respuesta organizada del Sistema Nacional de Protección Civil ante la amenaza que constituye un ciclón tropical, mitigando los efectos de este agente perturbador. Asimismo, CENAPRED genera infografías sobre las actividades de prevención y mitigación ante la llegada y salida de estos eventos.

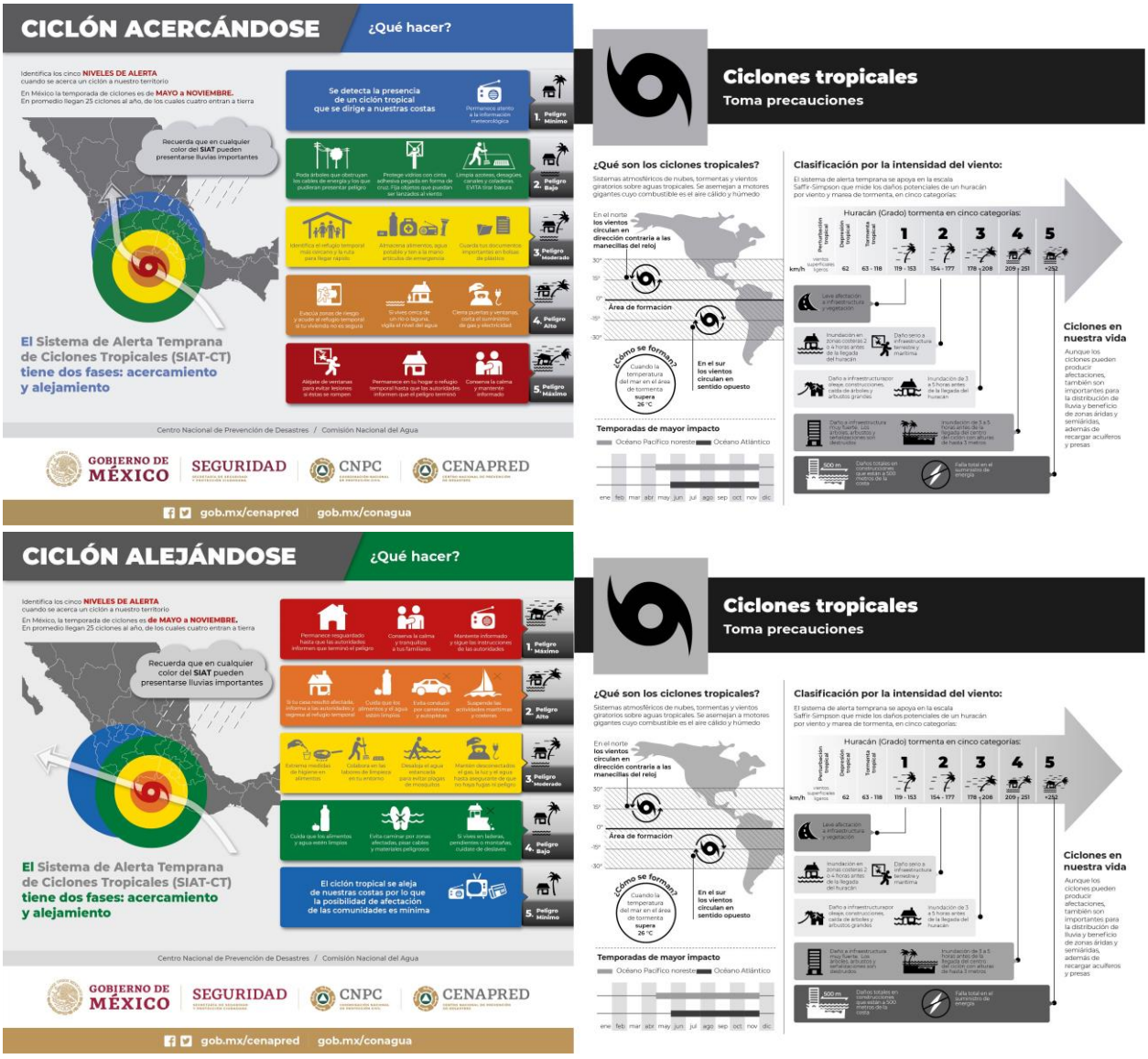


Figura 24: Infografías emitidas por CENAPRED para el acercamiento y alejamiento de ciclón a costas mexicanas.

Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024).

VIII. HELADAS

VIII.1 Introducción

La helada es un fenómeno atmosférico que consiste en generación de una cubierta de hielo producida por la sublimación del vapor de agua sobre objetos con temperaturas inferiores a 0 °C, (WMO, 2012); se presentan particularmente durante la temporada invernal, particularmente por las noches por una fuerte pérdida radiactiva. Suele acompañarse de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2 °C o menos. Las heladas en México se presentan en el norte y centro de la República, durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), con temperaturas menores de 0 °C debido al ingreso de aire polar continental, generalmente seco, proveniente de Estados Unidos. Las heladas se pueden clasificar por su origen climatológico, época de ocurrencia y por su aspecto visual, como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 5: Tipos de heladas.

Tipo	Subtipo	Descripción
Origen climatológico	Helada por advección	Esta clase de heladas se forma cuando llegan grandes masas de aire frío de origen continental a una región hasta de 100 km^2, ubicada en las partes bajas de las montañas, en las cañadas o en valles. Se presentan indistintamente en el día o noche. Estas van acompañadas de vientos moderados a fuertes (velocidades mayores de 15 km/h) y durante ellas no existe inversión térmica.
	Helada por radiación	Estas heladas se presentan por la pérdida de calor del suelo durante la noche. Como se mencionó, durante el día el suelo se calienta, pero al anochecer pierde calor por radiación, con mayor cantidad en las noches largas de invierno; por ello, las heladas más severas ocurren en esta estación del año
	Heladas por evaporación	Se originan cuando el aire cercano a la superficie del suelo tiene una humedad relativa baja y disminuye aún más por la llegada de un viento con aire seco. Este último, causa la evaporación del agua que se encuentra sobre las plantas, lo que provoca su enfriamiento. Esta helada, aunque poco

Tipo	Subtipo	Descripción
		frecuente, afecta a las plantas con flores, particularmente las hortalizas.
Época de ocurrencia	Helada primaveral (extemporánea)	Este tipo de helada afecta principalmente a los cultivos de ciclo anual (como el maíz) cuando se encuentran en la etapa de brotación de ramas o con pocos días de nacimiento. Se presentan cuando en el ambiente se genera un descenso de temperatura.
	Helada otoñal (temprana)	También llamadas heladas tempranas, son perjudiciales para los cultivos porque pueden interrumpir bruscamente el proceso de formación de botones de las flores y la maduración de frutos. A estas heladas se le atribuye la reducción de la producción agrícola de una región. Se forman por la llegada de las primeras masas de aire frío sobre el país provenientes del Polo Norte durante los meses de septiembre y octubre.
	Helada invernal	Se forman durante el invierno si la temperatura ambiente disminuye notablemente. Estas heladas afectan principalmente a los árboles perennes con frutos y especies forestales, especialmente cuando se hace más intenso el frío. Ellas ocurren cuando las plantas se encuentran en periodo de reposo, lapso en el que las plantas disponen de mayores posibilidades para soportar bajas temperaturas.
Aspecto visual	Helada blanca	Para que se presente esta helada es indispensable que el aire cercano al follaje y las flores tengan temperaturas iguales o menores que 0 °C, de esta manera el aire alcanza la temperatura del punto de rocío, ya que con ello existe condensación y de inmediato el vapor de agua del aire pasa al estado sólido para formar hielo. Este último, forma capas de color blanco sobre la superficie de las plantas y en objetos expuestos; se observan principalmente en las mañanas despejadas y sin viento.
	Helada negra	Se desarrolla cuando el aire tiene poco vapor de agua (humedad baja) y la temperatura del punto de rocío es inferior a 0° C, de modo que existe escasa condensación y nula formación de hielo sobre la planta. Sin embargo, los cultivos son dañados y al día siguiente las plantas presentan una coloración negruzca, por la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos.

Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

Por otro lado, se realizó una búsqueda en el Sistema de Consulta de Declaratorias emitido por CENAPRED, donde se indica únicamente el registro de una declaratoria por heladas dentro del periodo 2000 al 2024, (CENAPRED, ANR, 2024), como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 6: Declaratorias por heladas en el municipio de Irapuato (2000-2024).

Identificador	26475
Estado	Guanajuato
Clave del estado	11
Municipio	Irapuato
Clave del municipio	11017
Tipo de declaratoria	Contingencia climatológica
Clasificación del fenómeno	Hidrometeorológico
Tipo de fenómeno	Heladas
Fecha de publicación	09/04/2013
Fecha de inicio	02/03/2013
Fecha de terminación	05/03/2013
Observaciones	Helada severa

Fuente: (CENAPRED, ANR, 2024).

VIII.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

El análisis realizado para el atlas en 2013, menciona la aplicación de Nivel 1 de las Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo, donde en la zona de El Tepamal (parte nororiente del municipio de Irapuato) se llegaban a presentar temperaturas mínimas del orden de los 4.2 °C, mientras que en la parte central del municipio (cerro de Arandas) se presentaban temperaturas mínimas del orden de los 2 °C. La temperatura mínima extrema que reportaba para casi todo el municipio cerca de los 3 °C. Asimismo, se elaboraron cuatro mapas con periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años,

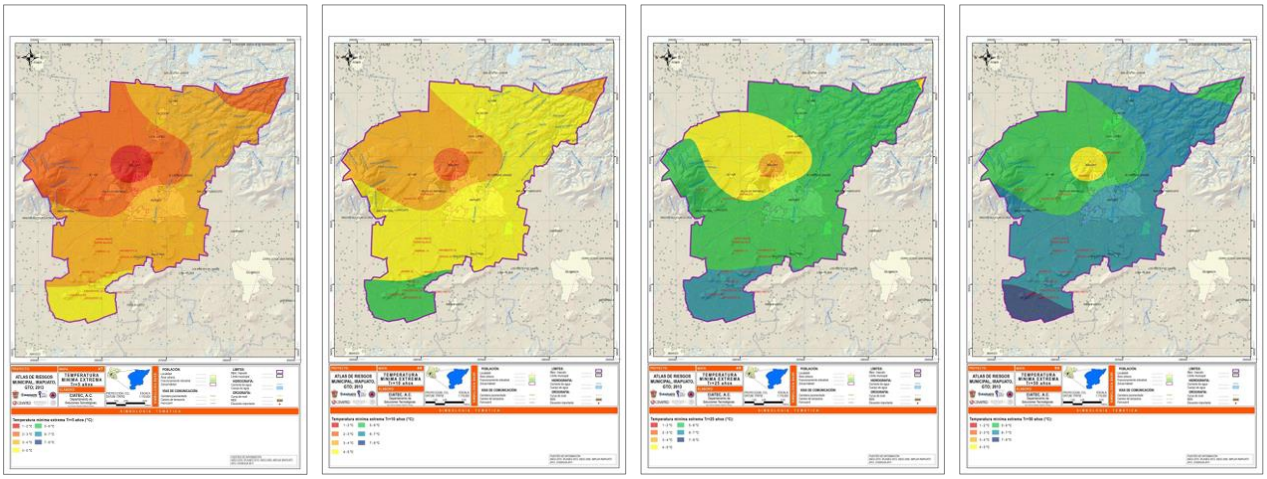


Figura 25: Mapas de T_r de 5, 10, 25 y 50 años para temperatura mínima del ARM Irapuato 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

VIII.2 Metodología

De acuerdo con la GCMEANR, la evaluación del riesgo por heladas se realizará cuando se disponga de la información acerca de temperaturas inferiores a 0 °C como factor detonante del fenómeno.Para el análisis de este componente, se empleó información histórica de las estaciones climatológicas, emitida por instituciones como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA).

VIII.3 Memoria de cálculo

El análisis de susceptibilidad a heladas se basa en la conjunción de factores condicionantes del fenómeno junto con la identificación de temperaturas mínimas por debajo de los 0 °C, (ver Figura 26).

Figura 26: Determinación de factores condicionantes del componente de heladas.
Fuente: elaboración propia.

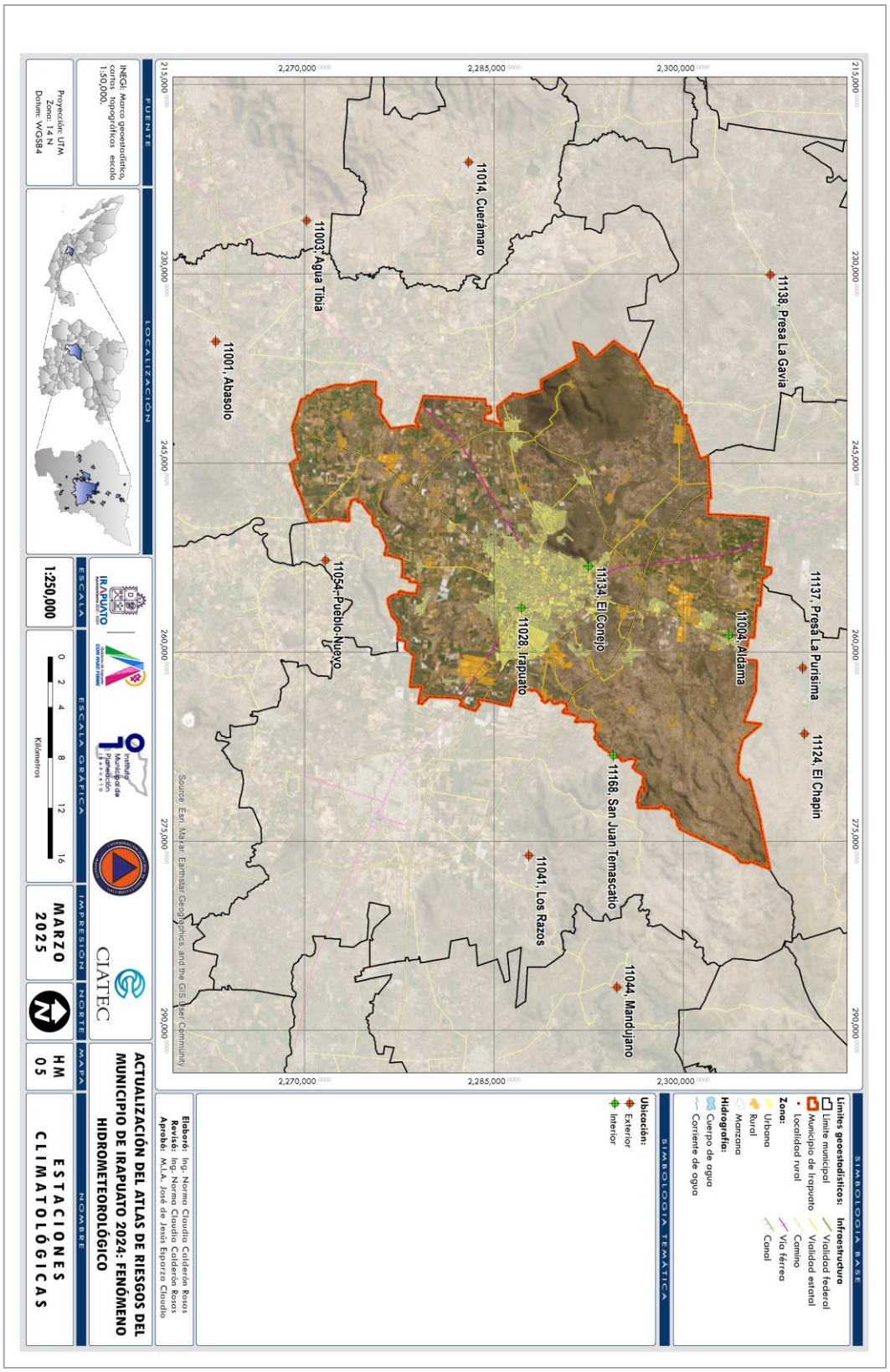
Para generar un mapa de peligro por heladas para el municipio de Irapuato, se consultó la información histórica de las estaciones climatológicas convencionales que conforman la Red Nacional de la CONAGUA (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024), ubicadas dentro y alrededor de los límites del municipio, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Tabla 7: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos.

Clave	Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	Ubicación	Fecha de registros	
						Inicio	Último
11001	Abasolo	20.44667	-101.53639	1761	Exterior	01/01/1949	30/11/2024
11003	Agua Tibia	20.51028	-101.62944	1720	Exterior	14/01/1949	15/11/2024
11004	Aldama	20.81694	-101.31889	1800	Interior	01/04/1949	31/08/2021
11014	Cuerámaro	20.62556	-101.67583	1732	Exterior	01/04/1962	15/11/2024

Clave	Nombre de la estación	Latitud	Longitud	Elevación (msnm)	Ubicación	Fecha de registros	
						Inicio	Último
11028	Irapuato	20.66833	-101.33722	1729	Interior	01/05/1903	15/11/2024
11041	Los Razos	20.67583	-101.14889	1768	Exterior	13/03/1965	31/10/2021
11044	Mandujano	20.74028	-101.04944	2059	Exterior	01/01/1964	30/11/2020
11054	Pueblo Nuevo	20.52750	-101.37139	1715	Exterior	01/02/1963	31/03/2021
11124	El Chapín	20.87194	-101.24444	1853	Exterior	19/07/1977	15/11/2024
11134	El Conejo	20.71583	-101.36972	1740	Interior	22/07/1977	15/11/2024
11137	Presa La Purísima	20.87000	-101.29472	1840	Exterior	01/10/1977	15/11/2024
11138	Presa La Gavia	20.84250	-101.59389	1772	Exterior	01/12/1977	15/11/2024
11168	San Juan Temascatío	20.73528	-101.22611	1780	Interior	01/01/1993	15/11/2024

Fuente: elaboración propia.



Mapa 5: Ubicación geográfica de estaciones climatológicas del SMN.

Posteriormente, se analizaron los datos históricos de temperatura mínima dentro del periodo 1993 – 2023, con el fin de contar con, al menos, el 85% de datos registrados para el análisis del componente; los resultados de la Tabla 8, muestran que las estaciones 11044, 11054 y 11138 se descartan al no cumplir con esta condición. Cabe mencionar que el archivo con los datos históricas de las estaciones puede ser consultado en el Anexo 2 del presente documento electrónico.

Tabla 8: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos.

Clave	Estación	% datos 1993-2023	Temperatura mínima (°C)				
			Ene	Feb	Nov	Dic	Promedio
11001	Abasolo	99.46%	1.5	3.0	1.5	-2.0	1.0
11003	Agua Tibia	99.73%	-2.5	-1.5	-2.5	-2.0	-2.1
11004	Aldama	84.65%	0.0	-1.0	0.0	-2.0	-0.8
11014	Cuerámaro	93.30%	0.0	1.0	-3.0	0.0	-0.5
11028	Irapuato	99.99%	0.0	0.0	0.0	-1.5	-0.4
11041	Los Razos	87.18%	1.0	-3.0	0.0	-1.0	-0.8
11044	*Mandujano*	*64.80%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*				
11054	*Pueblo Nuevo*	*59.87%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*				
11124	El Chapín	95.42%	-1.5	-2.5	-4.0	-1.5	-2.4
11134	El Conejo	98.98%	-4.0	-2.5	-3.0	-4.5	-3.5
11137	Presa La Purísima	96.78%	0.0	0.0	-5.0	-5.5	-2.6
11138	*Presa La Gavia*	*77.68%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*				
11168	San Juan Temascatío	96.60%	0.0	-0.6	1.0	-1.0	-0.2

Fuente: elaboración propia.

Con el objeto de eliminar de tendencias al reducir todas las mediciones a un nivel de referencia (Z_{Det}), se establece en 1,500 msnm como el límite inferior de la superficie municipal. Posteriormente, se aplica la metodología propuesta por (Fries, Rollenbeck, Nauß, Peters, & Bendix, 2012), relativa al gradiente altitudinal respectivo para reducir las mediciones al nivel de altitud de referencia. El nivel de referencia HR se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$T_{Det} = T_{mensual} + \left(\Gamma(Z_{Det} - Z_{estación})\right)$$

Donde:
- T_{Det} Temperatura determinada
- $T_{Mensual}$ Temperatura mensual
- Z_{Det} Altura determinada
- $Z_{estación}$ Altura de la estación climatológica

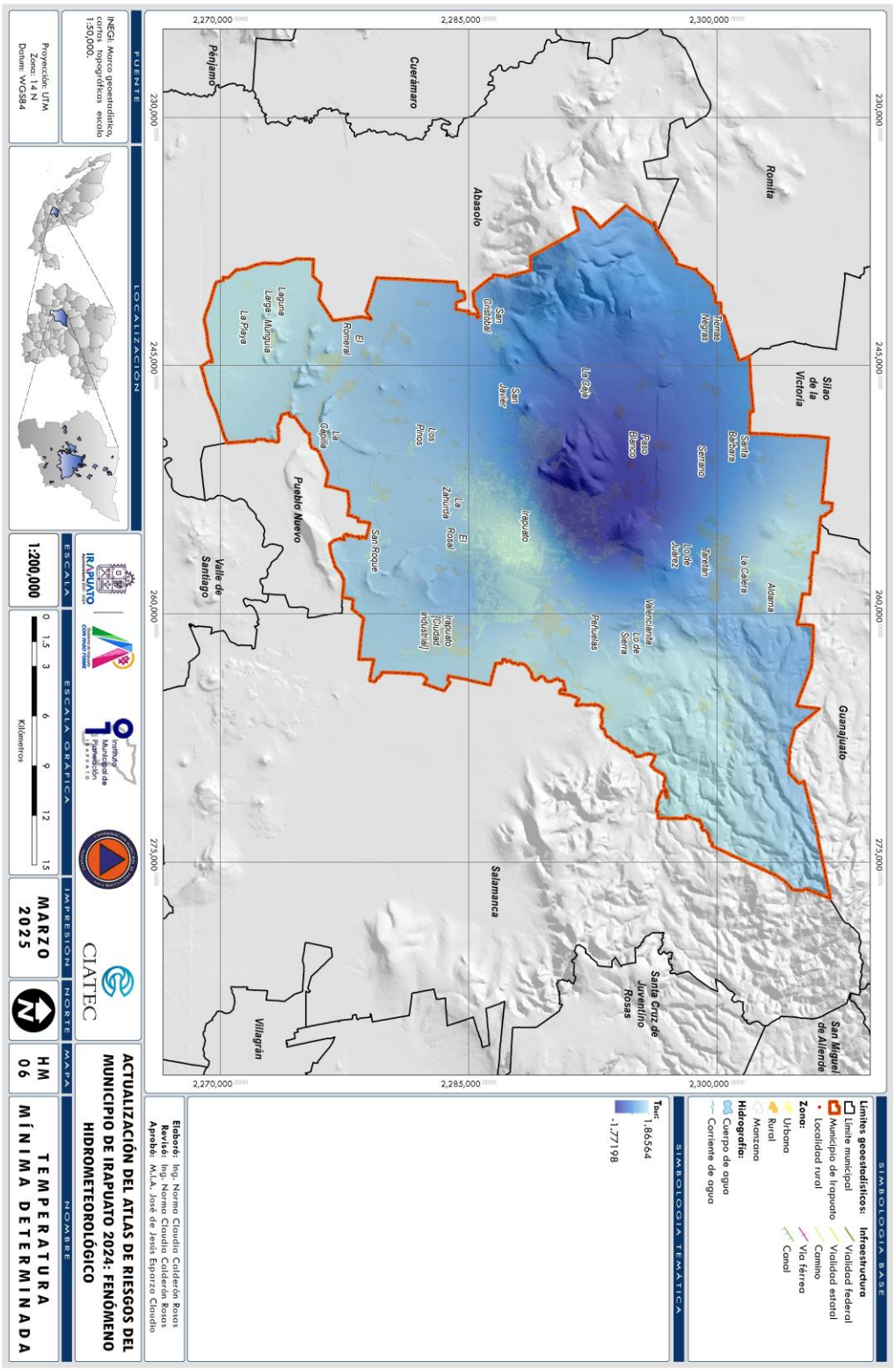
Sustituyendo valores en la fórmula, se obtienen los siguientes valores para cada estación:

Tabla 9: Resultados del cálculo de T_{Det} para cada estación analizada.

Id	Estación	T_{Det}
11001	Abasolo	2.88
11003	Agua Tibia	-0.54
11004	Aldama	1.41
11014	Cuerámaro	1.17
11028	Irapuato	1.27
11041	Los Razos	1.18
11124	El Chapín	0.17
11134	El Conejo	-1.77
11137	Presa La Purísima	-0.18
11168	San Juan Temascatío	1.87

Fuente: elaboración propia.

Los valores de la tabla anterior, representan la temperatura mínima determinada (T_{Det}) a una sola elevación con respecto al nivel del mar (1,500 msnm), con ellos es posible obtener el comportamiento de T_{Det} en todo el municipio mediante el proceso de interpolación ya que se cuenta con las coordenadas de cada estación, (ver siguiente mapa).



Mapa 6: Temperatura mínima determinada por heladas.

Posteriormente, es necesario realizar el cálculo para determinar la temperatura del gradiente altitudinal, es decir, contra un modelo digital de elevación (MDE) de la zona de estudio, con base en la siguiente ecuación:

$$T_{(x,y)} = T_{Det} + \left(\Gamma \left(Z^{MDE}_{(x,y)} - Z_{Det} \right) \right)$$

Donde:

$T_{(x,y)}$	Temperatura promedio mensual resultante en una celda (x,y)
T_{Det}	Temperatura determinada
$Z^{MDE}_{(x,y)}$	Altitud de la celda del MDE en la posición (x,y)
Z_{Det}	Altura determinada

Esta ecuación se resuelve mediante el álgebra de mapas (exclusiva para datos tipo raster, como los son la interpolación de la temperatura determinada, así como el modelo digital de elevación del municipio de Irapuato) en el programa ArcGIS. A partir de la información calculada se conoce que el rango de temperatura mínima se encuentra entre los 0.24 °C a -5.64 °C; ver Mapa 7.

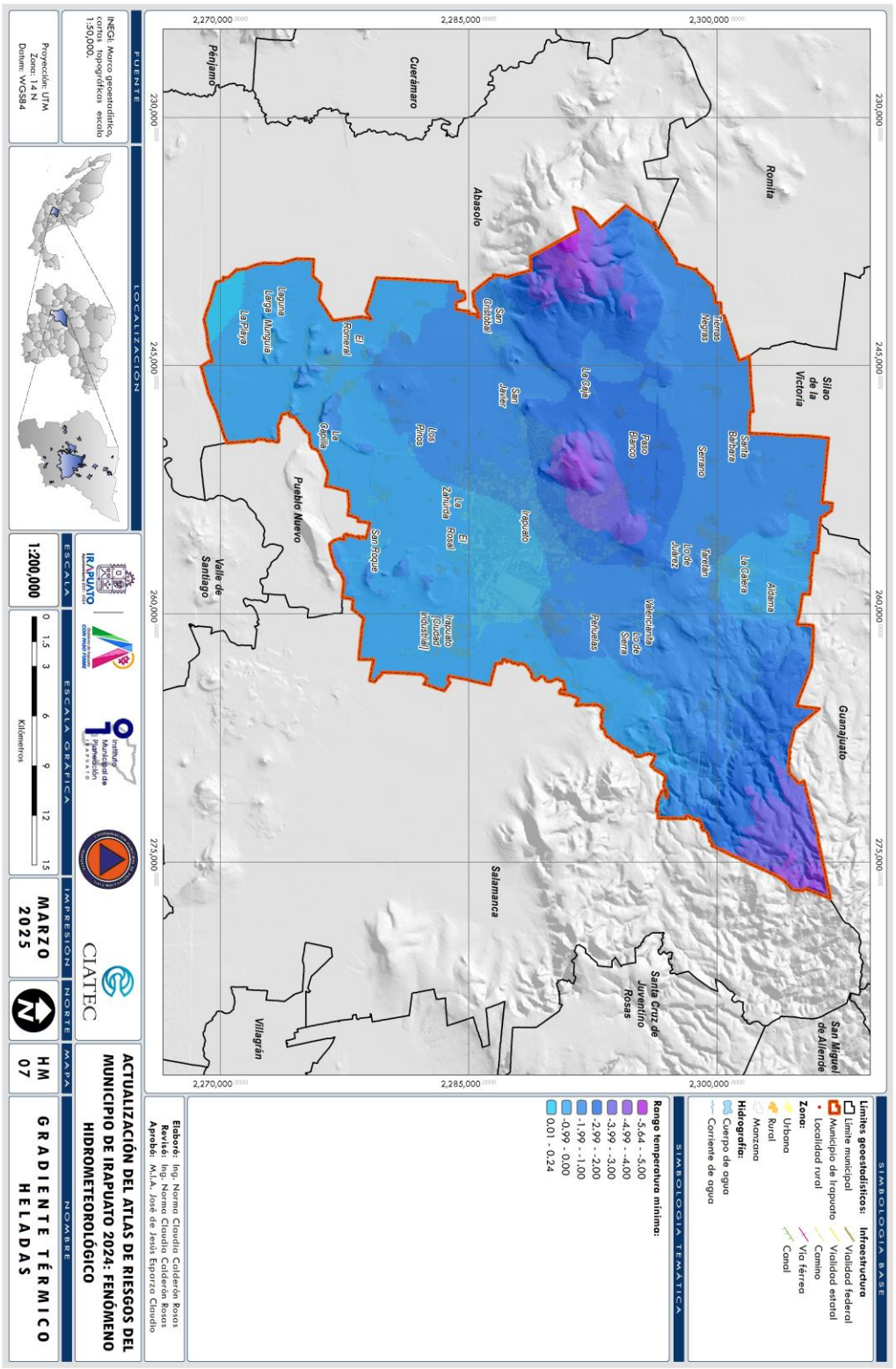
VIII.4 Peligro por heladas

En la siguiente tabla, se muestra la categorización que se le ha dado a los diferentes rangos de temperaturas mínimas y su correspondiente porcentaje de superficie municipal, con los cuales se elaboró el mapa de peligro por heladas, (ver Mapa 8), en el cual se observa que la mayor parte del territorio presenta peligro Bajo ante el componente de heladas, y en las partes altas del municipio (noreste, cerro de Arandas y Tamahula) existe clasificación de Media a Alta.

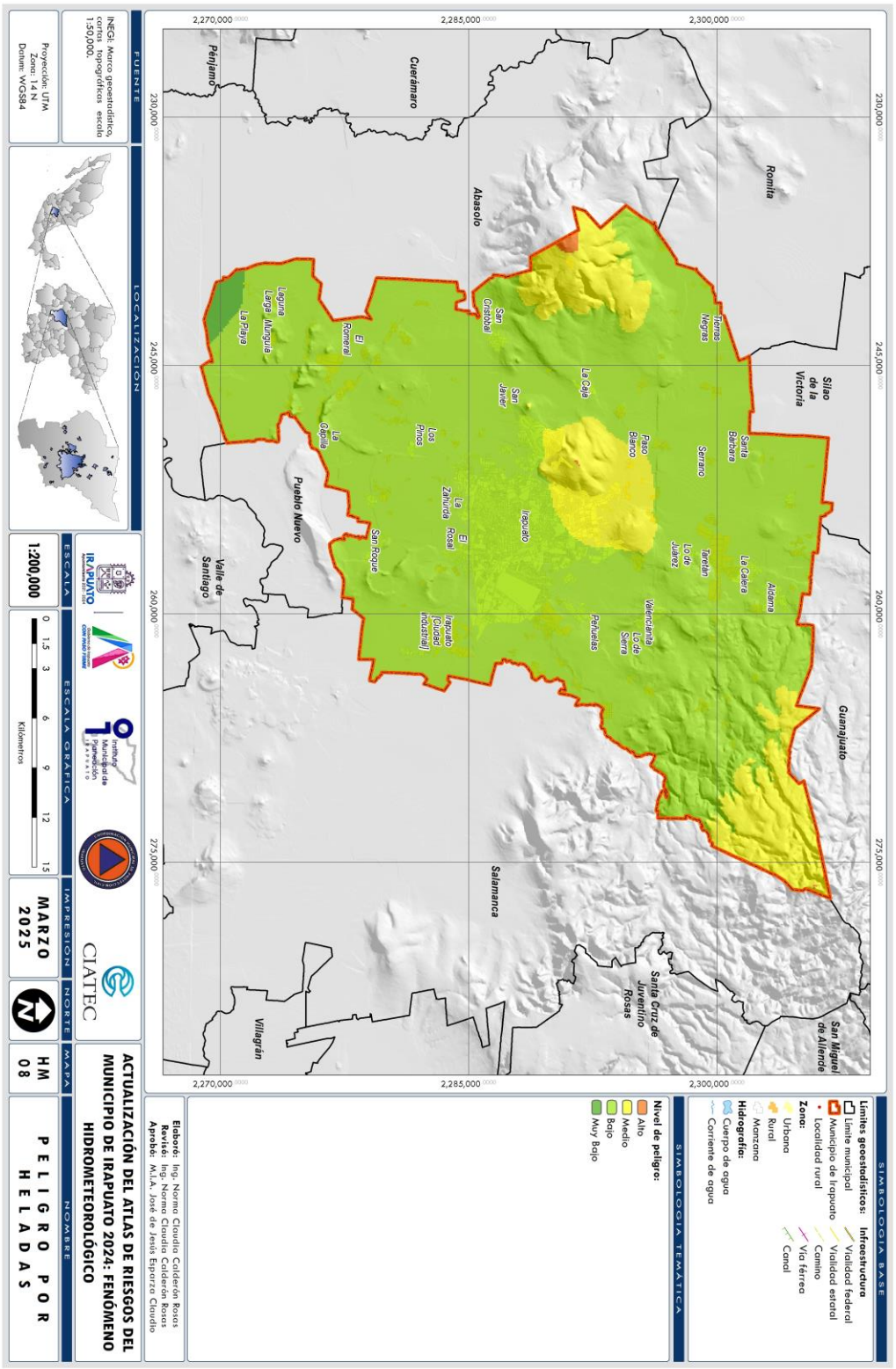
Tabla 10: Clasificación de rangos de temperatura para peligro por heladas.

Rango de temperatura mínima (°C)	Nivel de peligro	Superficie municipal (%)
Menor a -5.0	Alto	0.16%
-4.9 a -2.5	Medio	13.72%
-2.4 a 0.0	Bajo	85.41%
Mayor a 0.0	Muy Bajo	0.71%

Fuente: elaboración propia.



Mapa 7: Gradiente térmico por heladas.



Mapa 8: Peligro por heladas.

A continuación, se presenta un listado de las colonias (Tabla 11 y localidades (Tabla 12) con nivel de peligro Medio para el componente de heladas:

Tabla 11: Colonias con peligro Medio por heladas.

Ankara	El Laurel	Las Terrazas	San Antonio De Ayala
Arandas	Españita	Lomas De Españita	San Gabriel Tercera Sección
Aranzazu	Estancias Las Palmas	Lomas del Pedregal	San Juan Bosco
Bella Vista	Galaxia El Naranjal	Lomas del Pedregal (Privada Cumbres)	San Juan Bosco Dos
Bella Vista (Ampliación)	Galaxia Real de Arandas	Lomas del Pedregal (Sección Camberra)	San Marino
Bellas Artes	Hacienda Las Flores	Los Delfines	Santa Fe
Bernardo Cobos (INFONAVIT)	Hacienda San José de Jorge López	Los Encinos	Santa Fe Segunda Secc.
Birmingham	Jalisco	Los Encinos Tercera Sección	Santa María
Bosques de La Pradera	Jardines de Arandas	Los Militares	Torre Oben
Bugambilias	Jardines de San Antonio	Los Robles	Toscana
Camino Real de Lo De Juárez	Jardines del Dique	Mediterráneo	Valle Real
Campestre Las Flores	Jardines del Valle	Misión	Valle Real Segunda Sección
Casa Blanca	Juárez	Novaterra	Valle Real Tercera Sección
CBTIS	La Estancia (Sección A)	Puerta Diamante I	Vasco de Quiroga (FOVISSTE)
Ciudad Deportiva	La Estancia (Sección B)	Puerta Real	Villa Bonita
Diamante	La Gavia	Quinta del Magisterio Primera Sección	Villas de Irapuato Primera y Segunda Sección
Ejido Lo De Juárez	La Giralda	Quinta Libertad	Villas de Irapuato Tercera Sección
El Cobano	Las Américas	Quintas Libertad II	Villas Podova
El Copalillo	Las Américas (Ampliación)	Residencial Hacienda San Miguel	Vista Hermosa
El Cortijo	Las Plazas	San Antonio	Ziranda

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12: Localidades con peligro Medio por heladas.

Casa de Don Chilo (El Mogote del Diablo)	Granja Zaragoza

Casa del Panadero	Jardines Recinto de la Oración
Cerrito de la Laguna (Lucio Ochoa)	La Huerta del Naranjal
Colonia Lomas del Pavo Real	La Presita de Arandas
Comedero Grande	La Santísima Trinidad (Monasterio)
Ejido de Aranda (La Jordana)	Las Presitas
El garbanzo	Los Reyes
El Jacalón (Arriba del Capalillo)	Ninguno (La Forrajera)
El Sauz Bendito	Pozo de Parras
Granja El Matoche	Rancho El Félix (José Luis Félix Rangel)
Granja El Roble	Tamahula
Granja Las Jacarandas	

Fuente: elaboración propia.

VIII.5 Vulnerabilidad física por heladas

Para la zonificación de áreas vulnerables a heladas es imprescindible estimar las características socioeconómicas de la población expuesta. En este caso, se creó la siguiente ecuación tomando en cuenta varios descriptores a nivel AGEB y manzana urbana del CPV2020; la base de la ecuación la conforma la población más expuesta a enfermedades asociadas a bajas temperaturas (menores de edad y adultos en plenitud), personas que carezcan de los recursos económicos inmediatos para adquirir un electrodoméstico que genere calor al interior de la vivienda, población que no esté afiliada a algunos de los servicios de salud (IMSS, ISSSTE, INSABI, etc.), así como viviendas que carezcan de la dotación de energía eléctrica (suponiendo que puedan contar con un calentador eléctrico para mejorar la temperatura al interior de la vivienda).

$$V_{Hel} = \ 0.30\ (P_{0A2} + P_{3A5} + P_{60YMAS}) + 0.15\ PE_{INAC} + 0.30\ PSINDER + 0.25\ VPH_{S_ELEC}$$

Donde:

V_{Hel}	Vulnerabilidad por heladas
P_{0A2}	Población de 0 a 2 años
P_{3A5}	Población de 3 a 5 años
P_{60YMAS}	Población de 60 años y más
PE_{INAC}	Población de 12 años y más no económicamente activa
$PSINDER$	Población sin afiliación a servicios de salud
VPH_{S_ELEC}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica

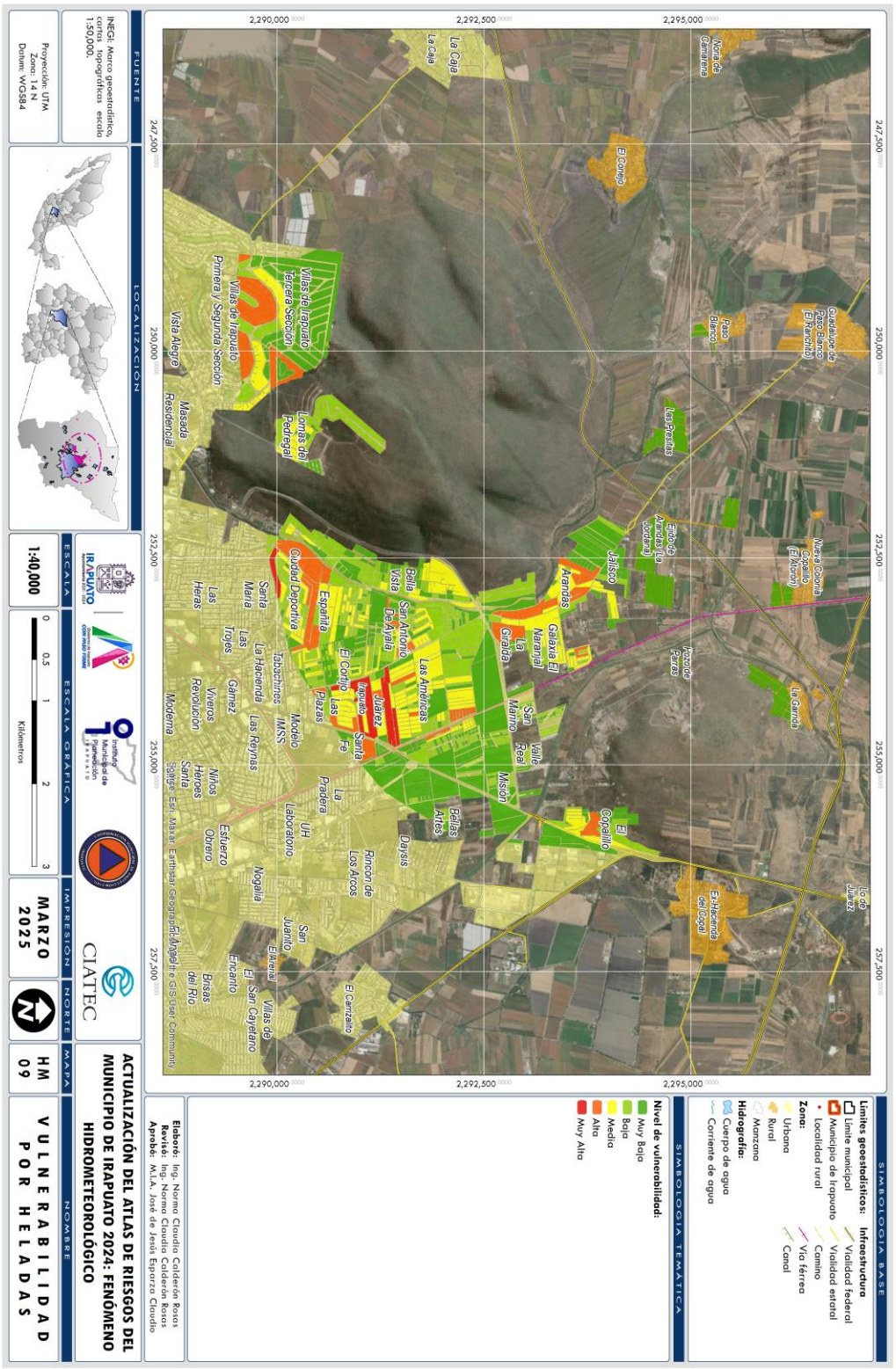
En la siguiente tabla, se muestra un resumen, a nivel AGEB, de los indicadores de la población analizados en la función de vulnerabilidad propuesta únicamente para los niveles de peligro Medio y Alto por el componente de heladas.

Tabla 13: Población por nivel componente de vulnerabilidad social a heladas.

Nivel de vulnerabilidad	AGEBs	P_{0A2}	P_{3A5}	P_{60YMAS}	PE_{INAC}	PSINDER	VPH_{S_ELEC}
Muy Baja	505	90	128	403	1,584	641	0
Baja	284	668	830	1,992	4,877	2,937	0
Media	152	812	975	2,275	5,674	3,669	0
Alta	26	257	327	953	2,364	1,565	0
Muy Alta	3	111	130	383	905	588	0
Total general	**970**	**1,938**	**2,390**	**6,006**	**15,404**	**9,400**	**0**

Fuente: elaboración propia.

De las 970 AGEBs analizadas que presentan peligro Medio a Alto, se contabilizó una población de 10,334 personas para los distintos niveles de vulnerabilidad. En los indicadores referentes a población de 12 años y más no económicamente activa, así como población sin afiliación a servicios de salud, se contabilizaron 15,404 y 9,400 habitantes respectivamente, sin embargo, no es posible trabajar con estos indicadores en rangos por edad. Finalmente, no se contabilizaron viviendas que carecieran de la dotación de energía eléctrica. En el siguiente mapa, se muestra el resultado del análisis de vulnerabilidad por heladas.



Mapa 9: Vulnerabilidad por heladas.

VIII.6 Vulnerabilidad agrícola por heladas

El fenómeno de la helada según su intensidad, afecta principalmente las zonas del norte y centro de México durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), con temperaturas menores de 0 °C debido al ingreso de aire polar continental, generalmente seco y que proviene del norte, (CENAPRED, 2014).

Las variaciones de los ciclos estacionales del clima, con respecto a la normal, se traducen en pérdidas parciales o totales de los cultivos por su vulnerabilidad a heladas, las cuales ocurren cuando la temperatura del aire desciende hasta formar cristales de hielo en el interior de las células vegetales durante un periodo de tiempo; dicho proceso de deterioro de las plantas obedece al estado vegetativo y la especie a la que pertenece, (FAO, 2010).

De acuerdo con los registros consultados en el portal del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) relativos a los cierres anuales agrícolas, en las siguientes tablas se presentan los 10 principales reportes de los cultivos del 2014 al 2023:

Tabla 14: Superficies del reporte de cierre agrícola 2014 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	27,432.00	27,432.00	0.00
2	Maíz grano	13,983.00	13,983.00	0.00
3	Trigo grano	6,100.00	6,100.00	0.00
4	Cebada grano	5,924.00	5,924.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,125.00	1,125.00	0.00
6	Frijol	592.00	592.00	0.00
7	Espárrago	489.00	489.00	0.00
8	Fresa	413.50	413.50	0.00
9	Brócoli	373.50	373.50	0.00
10	Tomate verde	349.00	349.00	0.00
11	Lechuga	214.00	214.00	0.00
12	Cebolla	176.00	176.00	0.00
13	Zanahoria	100.00	100.00	0.00
14	Col (repollo)	88.00	88.00	0.00
15	Calabacita	84.50	84.50	0.00
16	Agave	204.50	76.00	0.00
17	Garbanzo grano	60.00	60.00	0.00
18	Coliflor	38.00	38.00	0.00
19	Ajo	33.00	33.00	0.00
20	Chile verde	28.95	28.95	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
21	Pepino	28.90	28.90	0.00
22	Avena forrajera en verde	25.00	25.00	0.00
23	Sandía	14.00	14.00	0.00
24	Chícharo	11.00	11.00	0.00
25	Tomate rojo (jitomate)	10.50	10.50	0.00
26	Pastos y praderas	10.00	10.00	0.00
27	Acelga	6.00	6.00	0.00
28	Cilantro	2.00	2.00	0.00
	TOTAL	**57,915.35**	**57,786.85**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 15: Superficies del reporte de cierre agrícola 2015 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	27,500.00	25,449.00	2,051.00
2	Maíz grano	15,235.00	15,235.00	0.00
3	Trigo grano	7,121.00	7,121.00	0.00
4	Cebada grano	2,381.00	2,381.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,160.00	1,160.00	0.00
6	Semilla de cebada grano	732.00	732.00	0.00
7	Frijol	561.00	561.00	0.00
8	Espárrago	512.00	512.00	0.00
9	Fresa	435.00	435.00	0.00
10	Garbanzo grano	386.00	386.00	0.00
11	Brócoli	379.00	379.00	0.00
12	Semilla de maíz grano	250.00	250.00	0.00
13	Lechuga	249.00	249.00	0.00
14	Cebolla	157.00	157.00	0.00
15	Calabacita	97.80	97.80	0.00
16	Tomate verde	146.00	96.00	50.00
17	Cacahuate	90.00	90.00	0.00
18	Agave	204.50	54.00	0.00
19	Col (repollo)	53.00	53.00	0.00
20	Zanahoria	41.10	41.10	0.00
21	Ajo	40.00	40.00	0.00
22	Coliflor	30.00	30.00	0.00
23	Semilla de trigo grano	26.00	26.00	0.00
24	Avena forrajera en verde	20.00	20.00	0.00
25	Cilantro	14.00	14.00	0.00
26	Chícharo	13.00	13.00	0.00
27	Tomate rojo (jitomate)	12.00	12.00	0.00
28	Pastos y praderas	10.00	10.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
29	Acelga	6.00	6.00	0.00
30	Chile verde	5.70	5.70	0.00
31	Apio	5.00	5.00	0.00
32	Girasol	4.00	4.00	0.00
33	Pepino	1.55	1.55	0.00
	TOTAL	**57,877.65**	**55,626.15**	**2,101.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 16: Superficies del reporte de cierre agrícola 2016 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Maíz grano	22,939.61	22,939.61	0.00
2	Sorgo grano	10,162.00	10,162.00	0.00
3	Cebada grano	4,868.00	4,860.00	8.00
4	Trigo grano	4,544.60	4,528.60	16.00
5	Alfalfa verde	1,200.00	1,200.00	0.00
6	Semilla de cebada grano	916.00	916.00	0.00
7	Brócoli	828.00	828.00	0.00
8	Espárrago	512.00	512.00	0.00
9	Fresa	446.00	446.00	0.00
10	Tomate verde	292.00	282.00	10.00
11	Semilla de maíz grano	245.00	245.00	0.00
12	Garbanzo grano	275.00	238.00	37.00
13	Lechuga	175.00	175.00	0.00
14	Zanahoria	161.00	161.00	0.00
15	Cebolla	133.00	133.00	0.00
16	Apio	96.00	96.00	0.00
17	Calabacita	90.80	89.30	1.50
18	Col (repollo)	85.00	85.00	0.00
19	Frijol	85.00	85.00	0.00
20	Ajo	70.00	70.00	0.00
21	Cacahuate	60.00	60.00	0.00
22	Agave	160.50	50.00	0.00
23	Coliflor	34.00	34.00	0.00
24	Pepino	29.80	29.80	0.00
25	Chile verde	29.00	29.00	0.00
26	Semilla de trigo grano	28.00	28.00	0.00
27	Tomate rojo (jitomate)	19.00	19.00	0.00
28	Avena forrajera en verde	18.00	18.00	0.00
29	Acelga	12.00	12.00	0.00
30	Pastos y praderas	10.00	10.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
31	Cilantro	10.00	10.00	0.00
32	Chícharo	9.00	9.00	0.00
33	Girasol	4.00	4.00	0.00
	TOTAL	**48,547.31**	**48,364.31**	**72.50**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 17: Superficies del reporte de cierre agrícola 2017 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Maíz grano	16,091.00	16,091.00	0.00
2	Sorgo grano	15,602.00	15,602.00	0.00
3	Trigo grano	5,886.00	5,886.00	0.00
4	Cebada grano	3,610.00	3,610.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,202.00	1,202.00	0.00
6	Brócoli	987.00	987.00	0.00
7	Semilla de cebada grano	918.00	918.00	0.00
8	Espárrago	827.00	801.00	0.00
9	Fresa	460.00	460.00	0.00
10	Tomate verde	272.00	272.00	0.00
11	Lechuga	193.00	193.00	0.00
12	Agave	160.50	150.50	0.00
13	Zanahoria	145.00	145.00	0.00
14	Cebolla	136.00	136.00	0.00
15	Garbanzo grano	132.00	132.00	0.00
16	Apio	103.00	103.00	0.00
17	Frijol	103.00	103.00	0.00
18	Col (repollo)	98.70	98.70	0.00
19	Calabacita	83.80	83.80	0.00
20	Ajo	73.50	73.50	0.00
21	Cacahuate	60.80	60.80	0.00
22	Semilla de maíz grano	60.00	60.00	0.00
23	Coliflor	30.80	30.80	0.00
24	Tomate rojo (jitomate)	26.50	26.50	0.00
25	Semilla de trigo grano	25.00	25.00	0.00
26	Pepino	20.30	20.30	0.00
27	Avena forrajera en verde	20.00	20.00	0.00
28	Chile verde	14.50	14.50	0.00
29	Acelga	12.57	12.57	0.00
30	Pastos y praderas	10.00	10.00	0.00
31	Chícharo	10.00	10.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
32	Cilantro	7.00	7.00	0.00
33	Girasol	5.00	5.00	0.00
34	Zarzamora	3.00	3.00	0.00
	TOTAL	**47,388.97**	**47,352.97**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 18: Superficies del reporte de cierre agrícola 2018 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	24,046.80	24,026.80	20.00
2	Maíz grano	16,932.00	16,822.00	110.00
3	Trigo grano	5,895.00	5,895.00	0.00
4	Cebada grano	3,615.00	3,615.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,198.00	1,198.00	0.00
6	Brócoli	1,010.00	1,010.00	0.00
7	Semilla de cebada grano	873.00	873.00	0.00
8	Espárrago	833.00	801.00	0.00
9	Fresa	526.00	494.00	0.00
10	Tomate verde	252.00	252.00	0.00
11	Lechuga	178.00	178.00	0.00
12	Frijol	177.10	177.10	0.00
13	Cebolla	153.00	153.00	0.00
14	Garbanzo grano	151.50	151.50	0.00
15	Col (repollo)	82.00	82.00	0.00
16	Ajo	78.00	78.00	0.00
17	Zanahoria	72.00	72.00	0.00
18	Cacahuate	65.60	65.60	0.00
19	Calabacita	64.00	64.00	0.00
20	Semilla de maíz grano	57.00	57.00	0.00
21	Agave	59.30	41.30	0.00
22	Semilla de trigo grano	32.00	32.00	0.00
23	Coliflor	26.00	26.00	0.00
24	Avena forrajera en verde	18.00	18.00	0.00
25	Pepino	15.30	15.30	0.00
26	Girasol	14.00	14.00	0.00
27	Chile verde	11.50	11.50	0.00
28	Chícharo	11.00	11.00	0.00
29	Apio	10.00	10.00	0.00
30	Acelga	10.00	10.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
31	Cilantro	7.20	7.20	0.00
32	Tomate rojo (jitomate)	4.50	4.50	0.00
	TOTAL	**56,477.80**	**56,265.80**	**130.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 19: Superficies del reporte de cierre agrícola 2019 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Maíz grano	18,105.53	18,105.53	0.00
2	Sorgo grano	17,754.67	17,754.67	0.00
3	Trigo grano	5,951.00	5,951.00	0.00
4	Cebada grano	3,972.00	3,972.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,195.00	1,195.00	0.00
6	Brócoli	1,051.00	1,051.00	0.00
7	Espárrago	862.00	851.00	0.00
8	Semilla de cebada grano	533.00	533.00	0.00
9	Fresa	540.00	530.00	0.00
10	Tomate verde	288.00	288.00	0.00
11	Frijol	265.67	265.67	0.00
12	Lechuga	206.33	206.33	0.00
13	Semilla de maíz grano	185.00	185.00	0.00
14	Garbanzo grano	134.67	134.67	0.00
15	Zanahoria	132.67	132.67	0.00
16	Cebolla	123.67	123.67	0.00
17	Apio	98.67	98.67	0.00
18	Calabacita	81.67	81.67	0.00
19	Col (repollo)	70.35	70.35	0.00
20	Cacahuate	70.26	70.26	0.00
21	Agave	87.50	59.50	0.00
22	Avena forrajera en verde	49.00	49.00	0.00
23	Ajo	41.67	41.67	0.00
24	Semilla de trigo grano	39.00	39.00	0.00
25	Chile verde	29.50	29.50	0.00
26	Acelga	25.19	25.19	0.00
27	Tomate rojo (jitomate)	23.00	23.00	0.00
28	Frambuesa	32.00	22.00	0.00
29	Pepino	20.00	20.00	0.00
30	Coliflor	18.60	18.60	0.00
31	Chícharo	16.00	16.00	0.00
32	Cilantro	6.67	6.67	0.00
33	Girasol	4.33	4.33	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
	TOTAL	**52,013.62**	**51,954.62**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 20: Superficies del reporte de cierre agrícola 2020 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	22,993.00	22,993.00	0.00
2	Maíz grano	16,512.00	16,512.00	0.00
3	Trigo grano	5,460.00	5,460.00	0.00
4	Cebada grano	3,222.00	3,222.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,204.00	1,204.00	0.00
6	Brócoli	944.00	944.00	0.00
7	Espárrago	870.00	862.00	0.00
8	Fresa	551.00	542.00	0.00
9	Tomate verde	268.00	268.00	0.00
10	Frijol	226.00	226.00	0.00
11	Lechuga	190.00	190.00	0.00
12	Garbanzo grano	158.80	158.80	0.00
13	Cebolla	132.00	132.00	0.00
14	Zanahoria	122.00	122.00	0.00
15	Calabacita	77.00	77.00	0.00
16	Agave	52.00	52.00	0.00
17	Ajo	50.16	50.16	0.00
18	Avena forrajera en verde	45.00	45.00	0.00
19	Coliflor	40.00	40.00	0.00
20	Frambuesa	34.00	32.00	0.00
21	Chile verde	28.00	28.00	0.00
22	Tomate rojo (jitomate)	24.00	24.00	0.00
23	Pepino	11.00	11.00	0.00
	TOTAL	**53,213.96**	**53,194.96**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 21: Superficies del reporte de cierre agrícola 2021 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	21,854.00	21,854.00	0.00
2	Maíz grano	16,314.00	16,314.00	0.00
3	Trigo grano	5,728.00	5,728.00	0.00
4	Cebada grano	4,600.00	4,600.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,207.00	1,207.00	0.00
6	Brócoli	976.00	976.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
7	Espárrago	874.00	870.00	0.00
8	Fresa	556.00	551.00	0.00
9	Tomate verde	287.00	287.00	0.00
10	Frijol	215.00	215.00	0.00
11	Lechuga	166.00	166.00	0.00
12	Cebolla	141.00	141.00	0.00
13	Zanahoria	120.00	120.00	0.00
14	Calabacita	74.50	74.50	0.00
15	Ajo	60.00	60.00	0.00
16	Avena forrajera en verde	51.00	51.00	0.00
17	Agave	49.00	49.00	0.00
18	Garbanzo grano	40.00	40.00	0.00
19	Frambuesa	35.00	32.00	0.00
20	Chile verde	31.50	31.50	0.00
21	Coliflor	29.00	29.00	0.00
22	Tomate rojo (jitomate)	26.00	26.00	0.00
23	Pepino	12.00	12.00	0.00
	TOTAL	**53,446.00**	**53,434.00**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

Tabla 22: Superficies del reporte de cierre agrícola 2022 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	21,970.00	21,970.00	0.00
2	Maíz grano	16,392.00	16,392.00	0.00
3	Trigo grano	6,880.00	6,880.00	0.00
4	Cebada grano	4,700.00	4,700.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,210.00	1,210.00	0.00
6	Brócoli	1,015.00	1,015.00	0.00
7	Espárrago	874.00	874.00	0.00
8	Fresa	556.00	556.00	0.00
9	Tomate verde	320.00	320.00	0.00
10	Semilla de cebada grano	245.00	245.00	0.00
11	Frijol	197.00	197.00	0.00
12	Lechuga	177.00	177.00	0.00
13	Cebolla	148.00	148.00	0.00
14	Zanahoria	110.00	110.00	0.00
15	Garbanzo grano	95.00	95.00	0.00
16	Calabacita	78.00	78.00	0.00
17	Avena forrajera en verde	60.00	60.00	0.00
18	Ajo	58.00	58.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
19	Col (repollo)	56.00	56.00	0.00
20	Apio	49.00	49.00	0.00
21	Agave	130.00	40.00	0.00
22	Coliflor	40.00	40.00	0.00
23	Frambuesa	35.00	35.00	0.00
24	Semilla de maíz grano	35.00	35.00	0.00
25	Cacahuate	34.00	34.00	0.00
26	Chile verde	33.50	33.50	0.00
27	Tomate rojo (jitomate)	33.00	33.00	0.00
28	Acelga	21.00	21.00	0.00
29	Pepino	13.00	13.00	0.00
30	Semilla de trigo grano	12.00	12.00	0.00
31	Chícharo	9.00	9.00	0.00
32	Cilantro	6.00	6.00	0.00
33	Girasol	2.00	2.00	0.00
	TOTAL	**55,593.50**	**55,503.50**	**0.00**

Fuente: (SIAP, 2025).

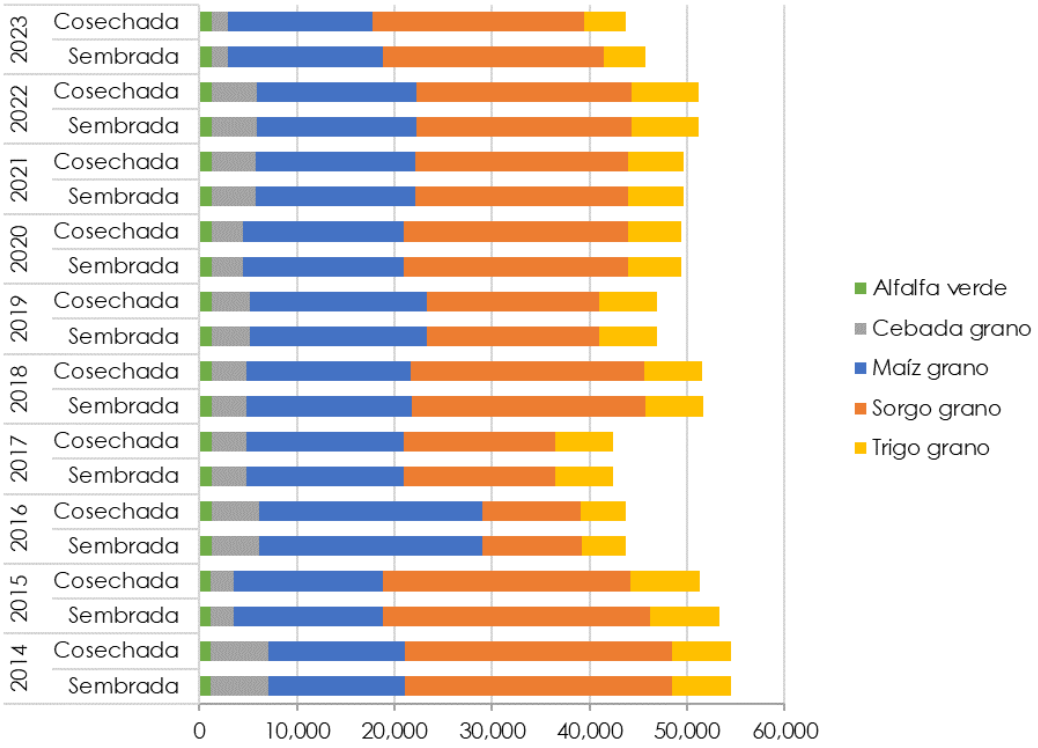
Tabla 23: Superficies del reporte de cierre agrícola 2023 de Irapuato; unidad de medida: hectárea.

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
1	Sorgo grano	22,600.00	21,720.00	880.00
2	Maíz grano	15,910.00	14,762.50	1,147.50
3	Trigo grano	4,350.00	4,350.00	0.00
4	Cebada grano	1,730.00	1,730.00	0.00
5	Alfalfa verde	1,212.00	1,212.00	0.00
6	Brócoli	1,185.00	1,185.00	0.00
7	Espárrago	874.00	874.00	0.00
8	Fresa	583.00	583.00	0.00
9	Tomate verde	306.00	306.00	0.00
10	Semilla de cebada grano	245.00	245.00	0.00
11	Lechuga	189.00	189.00	0.00
12	Frijol	152.00	152.00	0.00
13	Cebolla	149.00	149.00	0.00
14	Garbanzo grano	104.00	104.00	0.00
15	Calabacita	83.00	83.00	0.00
16	Zanahoria	77.00	77.00	0.00
17	Ajo	61.00	61.00	0.00
18	Avena forrajera en verde	55.00	55.00	0.00
19	Col (repollo)	53.00	53.00	0.00
20	Apio	50.00	50.00	0.00

#	Cultivo	Sembrada	Cosechada	Siniestrada
21	Coliflor	44.00	44.00	0.00
22	Agave	142.00	42.00	0.00
23	Chile verde	41.00	41.00	0.00
24	Frambuesa	37.00	37.00	0.00
25	Tomate rojo (jitomate)	37.00	37.00	0.00
26	Cacahuate	34.00	34.00	0.00
27	Semilla de maíz grano	30.00	30.00	0.00
28	Acelga	21.50	21.50	0.00
29	Pepino	14.00	14.00	0.00
30	Chícharo	12.00	12.00	0.00
31	Semilla de trigo grano	12.00	12.00	0.00
32	Cilantro	5.00	5.00	0.00
33	Girasol	2.00	2.00	0.00
	TOTAL	**50,399.50**	**48,272.00**	**2,027.50**

Fuente: (SIAP, 2025).

De acuerdo a las estadísticas anteriores, los cultivos predominantes fueron sorgo, maíz, trigo y cebada (todos en grano), así como alfalfa verde. Si bien, se tiene la producción de otros cultivos como brócoli, espárrago, fresa, tomate verde, semilla de cebada grano, lechuga, frijol, cebolla, garbanzo grano, calabacita, zanahoria, ajo, avena forrajera en verde, col (repollo), entre otros, el municipio de Irapuato sigue destacando por la superficie destinada a la producción de granos como lo viene haciendo desde hace ya varios años.



Gráfica 2: Comparativa de superficie sembrada y cosechada para los 5 principales cultivos en Irapuato.

Fuente: elaboración propia con datos de (SIAP, 2025).

Por otro lado, de acuerdo con los datos descritos de la Tabla 14 a la Tabla 23, únicamente se tienen reportes de superficie siniestrada durante los años 2015, 2016, 2018 y 2023, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 24: Superficies siniestrada (hectáreas) para los principales cultivos en Irapuato.

Cultivo	2023	2018	2016	2015
Sorgo grano	880.0	20.0	0.0	2,051.0
Maíz grano	1,147.5	110.0	0.0	0.0
Trigo grano	0.0	0.0	16.0	0.0
Cebada grano	0.0	0.0	8.0	0.0
Alfalfa verde	0.0	0.0	0.0	0.0

Fuente: elaboración propia con datos de (SIAP, 2025).

VIII.7 Riesgo por heladas

La actividad agrícola es fundamental para la subsistencia del ser humano, ya que provee los recursos esenciales para la alimentación, la economía y el bienestar de las comunidades. Desde tiempos remotos, la agricultura ha sido la base para el desarrollo de las sociedades, permitiendo a los seres humanos dejar de depender de la caza y recolección y establecerse en un lugar fijo; entre los aspectos más relevantes se pueden mencionar los siguientes:

- Fuente de alimentos: la agricultura proporciona los alimentos necesarios para la nutrición humana, desde cereales, frutas, verduras hasta carnes y productos derivados de animales. Esto hace posible la existencia de poblaciones grandes y diversas.
- Desarrollo económico: en muchas regiones, especialmente en áreas rurales, la agricultura es el pilar de la economía local. Genera empleo directo e indirecto, impulsando industrias relacionadas como la manufactura de alimentos, transporte y comercio. También constituye la base de muchos intercambios comerciales nacionales e internacionales.
- Sostenibilidad: la agricultura sostenible es esencial para garantizar el acceso a los recursos naturales sin comprometer las futuras generaciones. El manejo adecuado de la tierra y el agua, así como las prácticas agrícolas responsables, son cruciales para la conservación del medio ambiente.
- Cultura y tradición: además de ser una actividad económica, la agricultura tiene un gran valor cultural y tradicional. Muchas comunidades desarrollan costumbres y prácticas que se transmiten de generación en generación, reflejando la relación entre el ser humano y la tierra.

Irapuato es reconocido por su producción agrícola, especialmente de los cultivos de sorgo, maíz, trigo y cebada (todos en grano), así como alfalfa verde, como bien se mencionó en el capítulo anterior. Tomando como base los datos de superficie siniestrada de la Tabla 24, así como el precio promedio para el año agrícola, a continuación, se presentan los montos relativos a las pérdidas económicas para los principales cultivos producidos en el municipio de Irapuato.

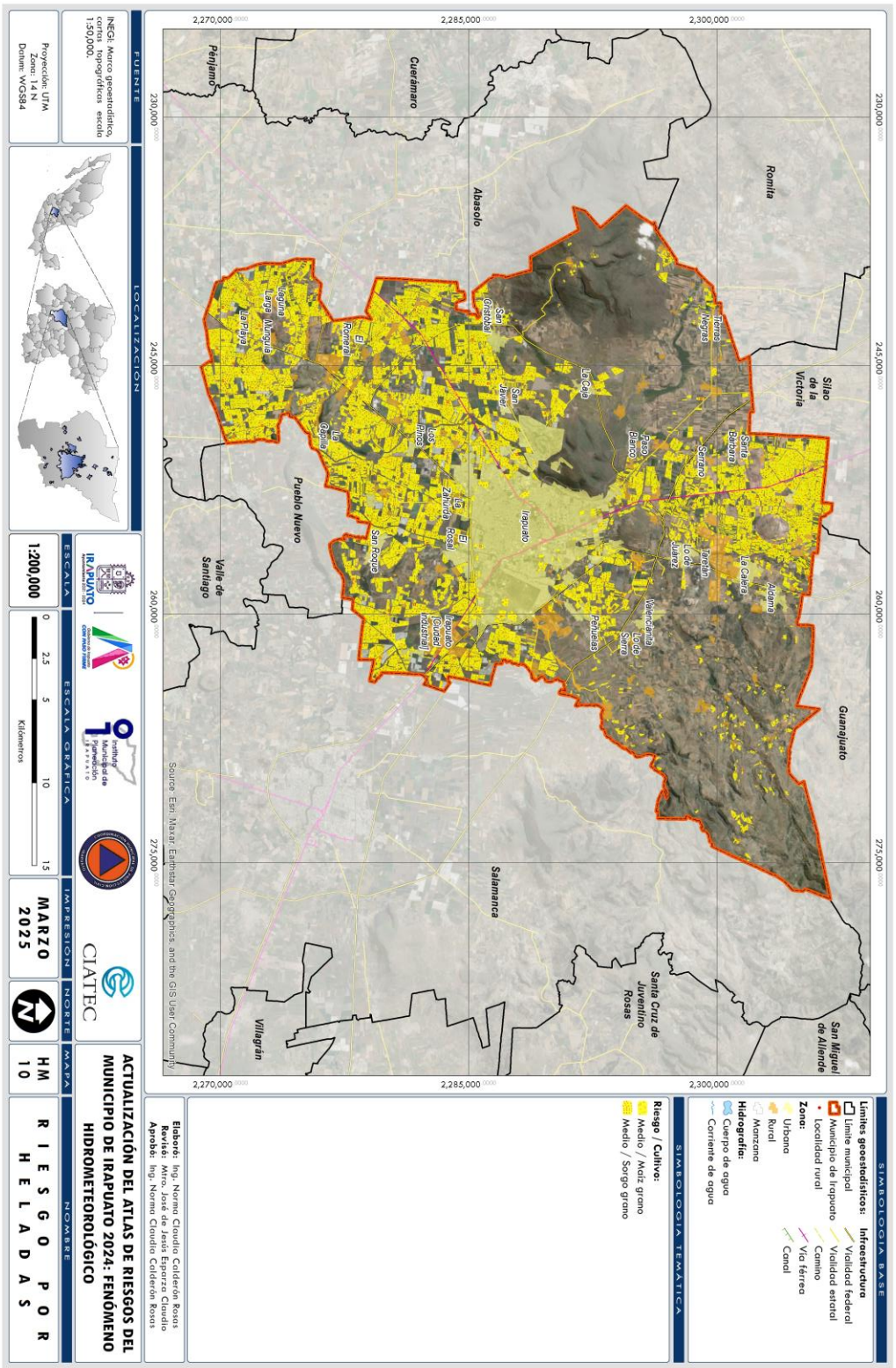
Tabla 25: Monto anual de pérdida para los cultivos reportados con superficie siniestrada.

Cultivo	2023	2018	2016	2015
Sorgo grano	$ 6,633,501.60	$ 155,883.20		$ 13,942,944.12

Cultivo	2023	2018	2016	2015
Maíz grano	$ 8,870,020.09	$ 872,213.10		
Trigo grano			$ 61,322.08	
Cebada grano			$ 33,846.88	
Subtotal	$ 15,503,521.69	$ 1,028,096.30	$ 95,168.96	$ 13,942,944.12
TOTAL	**$ 30,569,731.07**			

Fuente: elaboración propia con datos de (SIAP, 2025).

En el siguiente mapa, se identifica únicamente la superficie dedicada al cultivo de sorgo y maíz, reportada para el año 2022, (SIAP, 2025), ya que no es posible cuantificar a detalle la parcelas siniestradas porque la información proporcionada no llega a ese nivel de detalle geográfico.



Mapa 10: Riesgo por heladas.

Es importante resaltar la información emitida tanto por el Servicio Meteorológico Nacional como por CENAPRED durante la temporada invernal, relativa a cambios bruscos de temperatura, así como la llegada de frentes fríos con el objetivo de salvaguardar a la población del municipio.

Figura 27: Infografía relativa a la temporada invernal.
Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2021).

IX. ONDAS CÁLIDAS

IX.1 Introducción

Las ondas cálidas o de calor son periodos de varios días en los que la temperatura es mayor a la habitual, las cuales generan severos impactos en la población como es el golpe de calor, el agotamiento y calambres, que suelen presentarse principalmente en la población infantil y senil, y provocan riesgo de muerte y enfermedades severas, de manera particular en las zonas urbanas pobres, debido a que se carece de los medios para obtener un mejor confort y donde se concentra un gran número de habitantes. (Sistema Nacional de Protección Civil-Centro Nacional de Prevención de Desastres 2014).

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (1993), una ola de calor es un calentamiento importante del aire, o invasión de aire muy cálido, sobre una zona extensa que suele durar unos días e, incluso, semanas. En México, Jáuregui (2009) delimita a la onda de calor como la ocurrencia de tres o más días con temperaturas que exceden ciertos umbrales, los cuales varían geográficamente, por ejemplo, para el caso de la Ciudad de México se adopta el umbral de 30 °C, sin embargo, en Mexicali y Hermosillo, la temperatura debe exceder los 40 °C. En ambos casos, los mayores eventos ocurren entre marzo a julio. De manera similar, Vidal y Ortiz (2010) indican que una onda cálida está determinada por un período de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26 °C, debido a que es el límite de la temperatura entre los climas templados 2 y cálidos (Sistema Nacional de Protección Civil-Centro Nacional de Prevención de Desastres 2014).

Por su parte, Herrera-Alanís (2012) señala dos criterios:

1. Cuando las temperaturas máximas y mínimas sobrepasan el percentil 90 en al menos dos días consecutivos. Se pueden unir dos eventos si el lapso entre ellos no supera las 24 horas (un día) y la temperatura máxima y mínima superan el valor de la temperatura mediana de su serie correspondiente, y

2. Cuando la temperatura máxima sobrepasa el percentil 90 de la serie de temperaturas máximas y la temperatura mínima es mayor a la temperatura esperada de ese mismo día. Se debe de sobrepasar en al menos dos días consecutivos

IX.1.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

El componente de sequías, en su versión 2013, fue desarrollado bajo la metodología de las "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo", en específico en el Nivel 1, el cual mencionaba:

- Obtener los registros climatológicos de tres décadas de temperaturas máximas y mínimas extremas mensuales, de cada una de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio.
- Crear una base de datos climatológicos con los valores de temperaturas máximas estacionales, trazar isolíneas con los valores obtenidos a través de una interpolación, utilizando sistemas de información geográfica.

Se conformó una base de datos de estaciones climatológicas con registros de 30 años o más, y para calcular la probabilidad para cada serie de datos se realizó el análisis de las temperaturas máximas para cada estación utilizando el percentil 90 (P90), obteniendo el siguiente mapa.

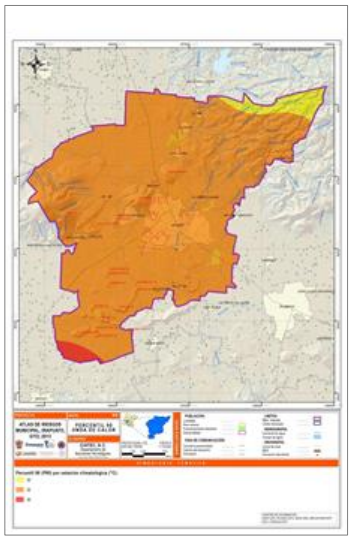


Figura 28: Mapa de percentil 90 elaborado para el atlas de Irapuato 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

IX.2 Metodología

Para generar un mapa de peligro por ondas cálidas para el municipio de Irapuato, se consultó la información histórica de las estaciones climatológicas convencionales que conforman la Red Nacional de la CONAGUA (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024), ubicadas dentro y alrededor de los límites del municipio. El rango de datos a analizar se establece dentro de las semanas 10 a 14 que corresponden a la aparición de las ondas cálidas, (SINAPROC, CENAPRED, 2016).

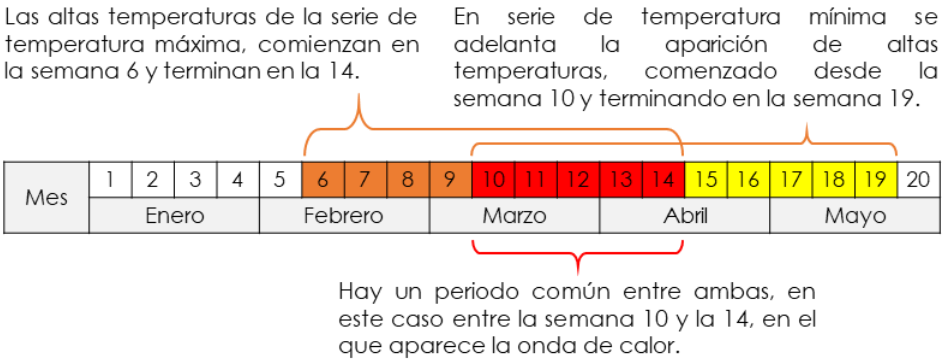


Figura 29: Aparición de temperaturas altas máximas, mínimas y ondas de calor.

Fuente: tomado de (SINAPROC, CENAPRED, 2016).

Posteriormente, se analizaron los datos históricos de temperatura máxima mensual dentro del periodo 1993 – 2023, con el fin de contar con, al menos, el 85% de datos registrados para el análisis del componente; los resultados de la Tabla 26, muestran que las estaciones 11044, 11054 y 11138 se descartan al no cumplir con esta condición. Nuevamente se hace mención sobre la consulta de la base de datos históricas de las estaciones dentro del Anexo 2 del presente documento electrónico.

Tabla 26: Estaciones climatológicas seleccionadas para análisis de datos.

Clave	Estación	% datos 1993-2023	Temperatura máxima (°C)		
			Marzo	Abril	Promedio
11001	Abasolo	99.46%	35.5	37.5	36.5
11003	Agua Tibia	99.73%	37.0	39.1	38.1
11004	Aldama	84.65%	36.0	38.0	37.0
11014	Cuerámaro	93.30%	38.0	38.0	38.0
11028	Irapuato	99.99%	36.5	38.0	37.3
11041	Los Razos	87.18%	37.0	39.0	38.0
11044	*Mandujano*	*64.80%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*		

Clave	Estación	% datos 1993-2023	Temperatura máxima (°C)		
			Marzo	Abril	Promedio
11054	*Pueblo Nuevo*	*59.87%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*		
11124	El Chapín	95.42%	36.0	36.0	36.0
11134	El Conejo	98.98%	36.0	36.5	36.3
11137	Presa La Purísima	96.78%	35.0	37.5	36.3
11138	*Presa La Gavia*	*77.68%*	*Bajo porcentaje de registros históricos*		
11168	San Juan Temascatío	96.60%	36.5	36.5	36.5

Fuente: elaboración propia.

Con el objeto de eliminar de tendencias al reducir todas las mediciones a un nivel de referencia (Z_{Det}), se establece en 1,500 msnm como el límite inferior de la superficie municipal. Posteriormente, se aplica la metodología propuesta por (Fries, Rollenbeck, Nauß, Peters, & Bendix, 2012), relativa al gradiente altitudinal respectivo para reducir las mediciones al nivel de altitud de referencia. El nivel de referencia HR se calcula utilizando la siguiente ecuación:

$$T_{Det} = T_{mensual} + \left(\Gamma(Z_{Det} - Z_{estación})\right)$$

Donde:
- T_{Det} Temperatura determinada
- $T_{Mensual}$ Temperatura mensual
- Z_{Det} Altura determinada
- $Z_{estación}$ Altura de la estación climatológica

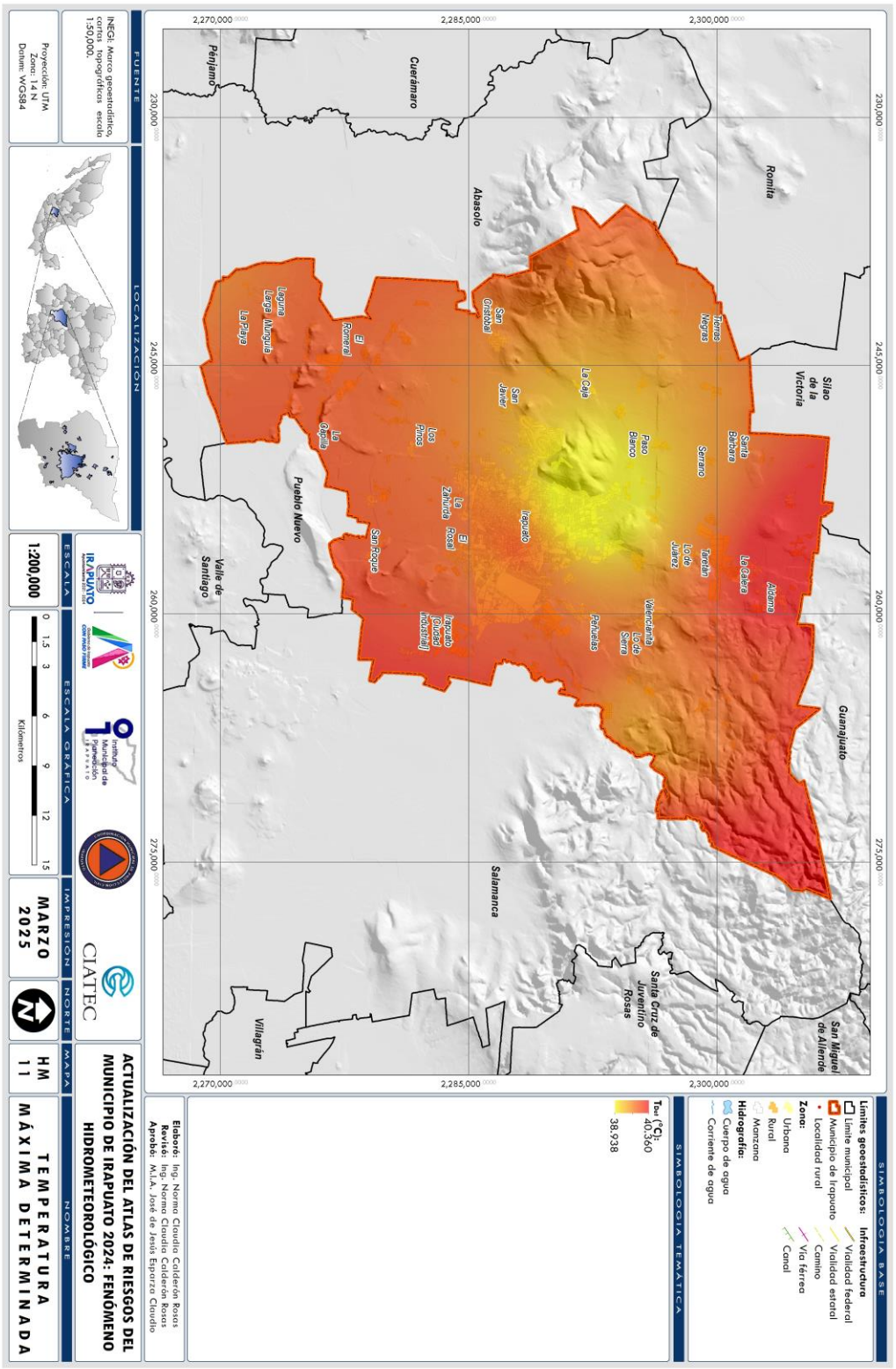
Sustituyendo valores en la fórmula, se obtienen los siguientes datos para cada estación:

Tabla 27: Resultados del cálculo de T_{Det} para cada estación analizada.

Id	Estación	T_{Det}
11001	Abasolo	39.42
11003	Agua Tibia	40.51
11004	Aldama	40.36
11014	Cuerámaro	40.60
11028	Irapuato	39.81
11041	Los Razos	41.00
11124	El Chapín	39.95
11134	El Conejo	38.94
11137	Presa La Purísima	40.06
11168	San Juan Temascatío	39.64

Fuente: elaboración propia.

Los valores de la tabla anterior, representan la temperatura máxima determinada (T_{Det}) a una sola elevación con respecto al nivel del mar (1,500 msnm), con los cuales se puede obtener el comportamiento de T_{Det} en todo el municipio mediante el proceso de interpolación, ya que se cuenta con las coordenadas de cada estación, (ver siguiente mapa).



Mapa 11: Temperatura máxima determinada por ondas cálidas.

Posteriormente, es necesario realizar el cálculo para determinar la temperatura del gradiente altitudinal, es decir, contra un modelo digital de elevación (MDE) de la zona de estudio, con base en la siguiente ecuación:

$$T_{(x,y)} = T_{Det} + \left(\Gamma\left(Z^{MDE}_{(x,y)} - Z_{Det}\right)\right)$$

Donde:

$T_{(x,y)}$	Temperatura promedio mensual resultante en una celda (x,y)
T_{Det}	Temperatura determinada
$Z^{MDE}_{(x,y)}$	Altitud de la celda del MDE en la posición (x,y)
Z_{Det}	Altura determinada

Esta ecuación se resuelve mediante el álgebra de mapas (exclusiva para datos tipo raster, como los son la interpolación de la temperatura determinada, así como el modelo digital de elevación del municipio de Irapuato) en el programa ArcGIS. A partir de la información calculada se conoce que el rango de temperatura máxima se encuentra entre los 30 °C a 38 °C, (ver Mapa 12).

IX.2.1 Comportamiento de la temperatura máxima

Adicionalmente, se analizaron las temperaturas máximas de las estaciones climatológicas de CONAGUA dentro del periodo 1993 al 2022 utilizando el percentil 90 (P90). La siguiente tabla, muestra un ejemplo para la estación 11041 Los Razos, que resultó ser la estación climatológica más cálida de la zona, ya que presentó 37 °C como P90 para temperaturas por encima de los a 35°C durante varios días.

Tabla 28: Ejemplo cálculo P90 para datos de la estación 11041 – Los Razos.

Día	Temperatura máxima (°C)					P90
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
1	33.0	38.5	40.0	38.0	37.0	39.4
2	35.0	37.5	39.0	38.5	35.0	38.8
3	35.5	37.0	40.0	39.0	32.0	39.6
4	34.0	38.5	40.0	40.0	34.0	40.0
5	35.5	38.0	40.0	39.0	34.0	39.6
6	35.5	38.5	38.0	38.0	34.0	38.3
7	37.0	39.0	39.0	39.0	35.0	39.0
8	37.0	38.0	39.0	39.0	34.0	39.0
9	36.0	38.5	39.0	38.5	33.5	38.8

Día	Temperatura máxima (°C)					P90
	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	
10	36.5	35.5	39.0	37.5	34.0	38.4
11	36.0	37.5	39.0	37.0	34.0	38.4
12	36.0	38.0	37.5	38.0	35.0	38.0
13	36.0	36.5	38.0	39.0	34.0	38.6
14	35.5	37.0	39.0	38.0	34.0	38.6
15	35.0	37.5	42.0	41.0	32.5	41.6
16	36.5	37.0	39.5	37.0	35.0	38.5
17	35.5	37.5	39.0	37.0	37.0	38.4
18	36.0	38.0	40.0	37.0	35.5	39.2
19	36.0	38.0	40.0	39.0	36.0	39.6
20	37.0	39.0	39.0	35.0	35.0	39.0
21	36.5	38.5	38.5	37.0	35.0	38.5
22	35.0	38.0	39.0	35.0	36.5	38.6
23	35.0	39.5	39.5	38.0	38.0	39.5
24	35.5	38.5	39.5	38.0	35.0	39.1
25	35.5	39.5	39.0	38.0	35.0	39.3
26	37.0	37.5	39.0	38.0	35.5	38.6
27	37.5	40.0	39.5	36.0	37.0	39.8
28	36.0	41.0	39.5	37.0	34.5	40.4
29	35.0	40.0	38.0	37.0	37.5	39.2
30	36.0	39.0	38.0	35.5	34.0	38.6
31	38.5		38.0		36.0	38.4

Fuente: elaboración propia con base en datos CONAGUA.

El análisis estadístico de la variabilidad climática requiere la utilización de indicadores que permitan identificar los valores extremos dentro de una serie temporal. Entre estos, el percentil 90 (P90) constituye un umbral ampliamente empleado para la caracterización de condiciones de calor extremo. En el caso de las temperaturas máximas mensuales registradas a lo largo de un periodo de 30 años, el percentil 90 representa el valor que únicamente es superado por el 10 % de las observaciones, por lo que se asocia directamente con los episodios más cálidos del registro histórico.

En regiones donde la temperatura máxima suele concentrarse en meses específicos, por ejemplo, entre marzo y julio en zonas de clima cálido-semiárido del centro-norte de México, el cálculo del P90 proporciona una estimación robusta de los eventos más intensos de calor dentro del periodo analizado. Al considerar únicamente estos cinco meses críticos a lo largo de tres décadas, se obtiene un conjunto de datos que permite identificar el comportamiento de los meses excepcionalmente cálidos y establecer un umbral representativo de condiciones extremas. De esta manera, el valor resultante del percentil

90 corresponde a la temperatura máxima mensual que solo se iguala o supera en aproximadamente 10 % del total de meses evaluados, lo que equivale a los episodios de mayor severidad térmica registrados históricamente.

La aplicación del P90 tiene implicaciones directas en estudios de cambio climático, gestión integral del riesgo de desastres y salud pública, ya que posibilita la delimitación de umbrales de alerta para condiciones de calor extremo, así como la identificación de tendencias de incremento en la intensidad o frecuencia de estos eventos. Un aumento progresivo del P90 a lo largo del tiempo puede interpretarse como evidencia del calentamiento regional y del deterioro de las condiciones de confort térmico, lo que demanda estrategias de adaptación orientadas a la protección de la población más expuesta. En suma, el uso del P90 constituye una herramienta fundamental para comprender la magnitud y recurrencia de los extremos térmicos y para integrar dicha información en la planificación territorial y la gestión del riesgo.

Tabla 29: Resultados de P90 para estaciones en zona de estudio.

Id	Estación	Elevación (m.s.n.m.)	P90	Temperatura máxima registrada (°C)
11001	Abasolo	1,761	36.5	40.5
11003	Agua Tibia	1,720	36.0	39.1
11004	Aldama	1,800	36.0	40.0
11014	Cuerámaro	1,732	36.0	39.5
11028	Irapuato	1,729	36.0	39.0
11041	Los Razos	1,768	37.0	**42.0**
11124	El Chapín	1,853	35.5	39.0
11134	El Conejo	1,740	35.5	38.5
11137	Presa La Purísima	1,840	35.0	39.5
11168	San Juan Temascatío	1,780	37.0	40.0

Fuente: elaboración propia con base en datos CONAGUA.

El análisis del P90 de la temperatura máxima mensual de las estaciones climatológicas de la tabla anterior, permite identificar el comportamiento térmico extremo de la región durante un periodo climatológico de referencia. Los valores obtenidos muestran que el P90 oscila entre 35.0 °C y 37.0 °C, lo que indica que, en términos históricos, las temperaturas máximas mensuales solo superan este umbral en el 10 % de los meses más cálidos, generalmente concentrados entre marzo y julio.

Las estaciones con los P90 más elevados son Los Razos y San Juan Temascatío, ambas con 37.0 °C, lo que sugiere una mayor propensión a eventos de calor extremo, posiblemente

asociada a condiciones locales de altitud intermedia (1,768 a 1,780 m.s.n.m.) y características fisiográficas que favorecen la acumulación de calor. En contraste, estaciones situadas a mayor altitud, como Presa La Purísima (1,840 m.s.n.m.) y El Chapín (1,853 m.s.n.m.), presentan los P90 más bajos, entre 35.0 °C y 35.5 °C, evidenciando una moderación térmica asociada a las diferencias altitudinales.

En todos los casos, la temperatura máxima absoluta registrada supera el valor del P90 en un rango de 3.0 °C a 5.0 °C, alcanzando valores extremos notables, como 42.0 °C en la estación Los Razos y 40.5 °C en Abasolo. Estas diferencias entre el P90 y las máximas históricas indican que, aunque los umbrales de calor extremo se encuentran bien definidos, existen eventos aislados de mayor severidad que pueden tener implicaciones significativas para la salud pública, la gestión del recurso hídrico, la vulnerabilidad agrícola y la planificación territorial.

En conjunto, los resultados permiten concluir que la región presenta un comportamiento térmico extremo consistente, con variaciones explicadas mayormente por la altitud y la configuración fisiográfica local. La identificación del P90 como umbral de calor extremo constituye una herramienta fundamental para la vigilancia climática y para el diseño de estrategias de adaptación ante el incremento potencial de eventos de calor asociado al cambio climático.

IX.3 Peligro por ondas cálidas

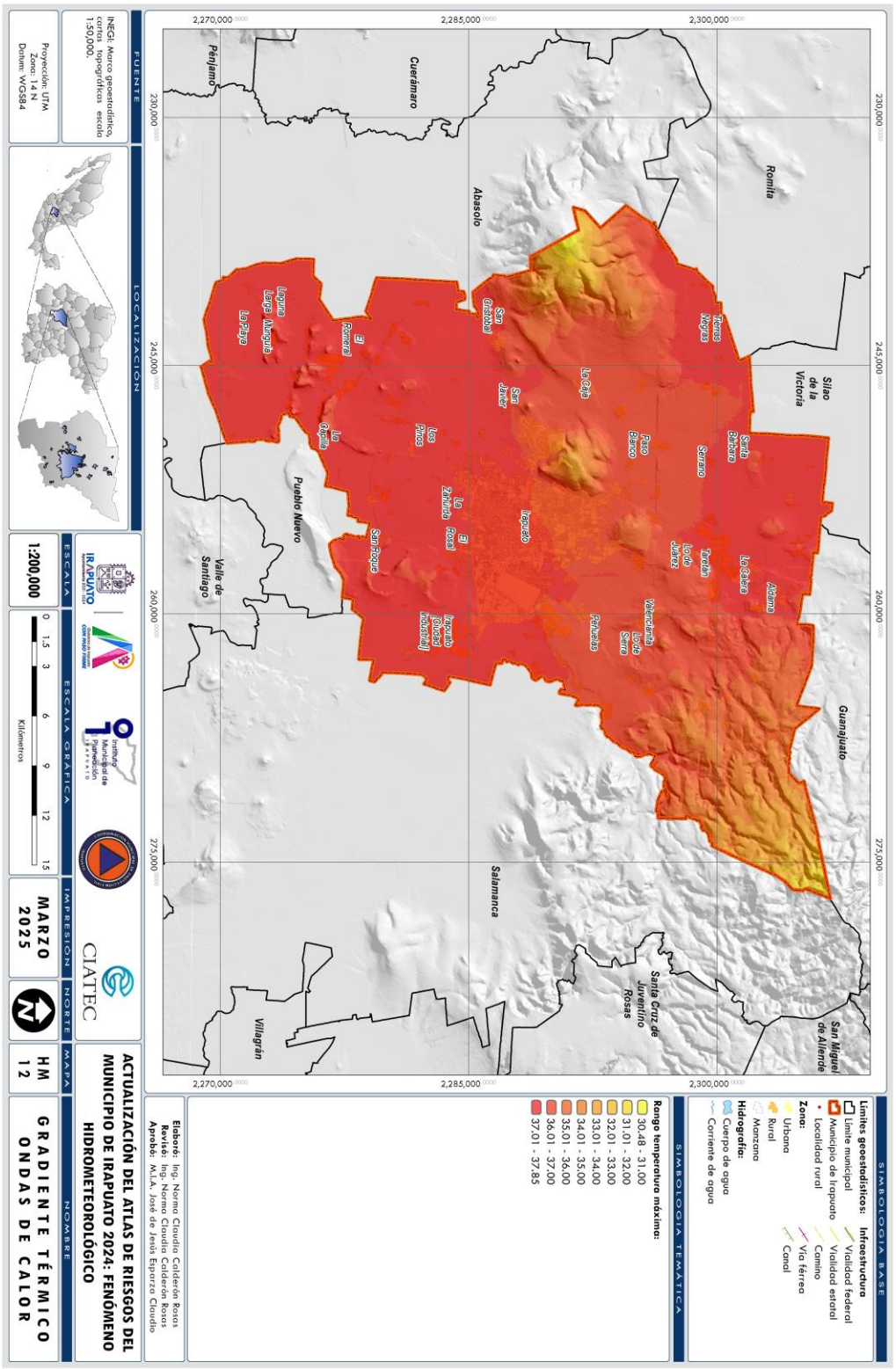
En la siguiente tabla, se muestra la categorización que se le ha dado a los diferentes rangos de temperaturas máximas y su correspondiente porcentaje de superficie municipal, con los cuales se elaboró el mapa de peligro por ondas cálidas, (ver Mapa 13), en el cual se observa que la mayor parte del territorio presenta peligro. Las ondas cálidas en México se han citado por estudios como el de Pérez Vidal, et.al. (2010) donde identifican a los 26 °C como la temperatura umbral para ser considerada onda cálida.

Tabla 30: Clasificación de rangos de temperatura para peligro por ondas cálidas.

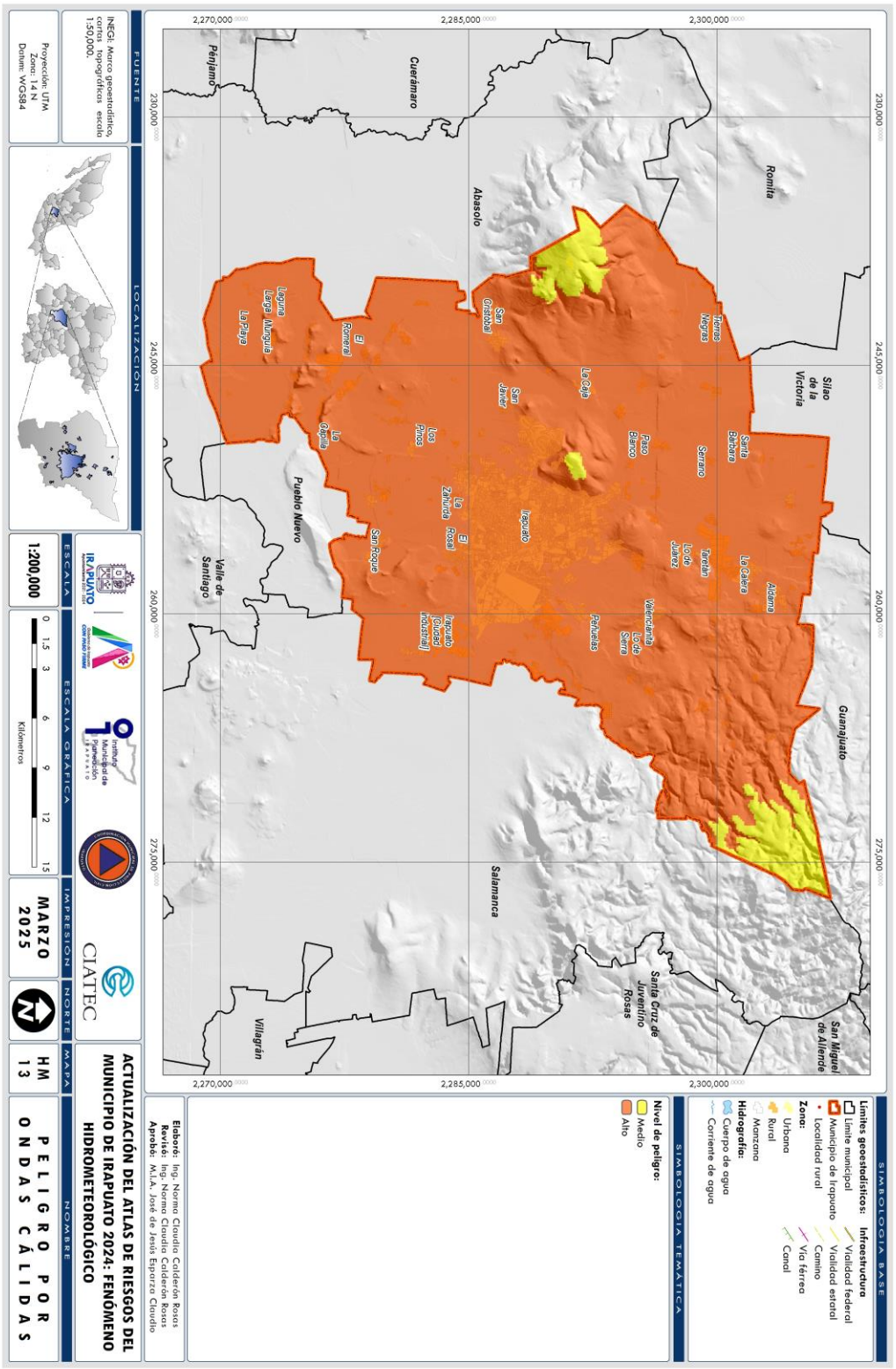
Rango de temperatura máxima (°C)	Nivel de peligro	Superficie municipal (%)
Menor a 25.9 °C	Muy Bajo	0.00
26.0 a 29.9 °C	Bajo	0.00
30.0 a 33.9 °C	Medio	4.71

Rango de temperatura máxima (°C)	Nivel de peligro	Superficie municipal (%)
34.0 a 39.9 °C	Alto	95.29
Mayor a 40.0 °C	Muy Alto	0.00

Fuente: (CENAPRED, Infografía ondas de calor, 2023).



Mapa 12: Gradiente térmico por ondas de calor.



Mapa 13: Peligro por ondas de calor.

Como se aprecia en el mapa anterior, casi la totalidad de la superficie municipal presenta peligro Alto al componente de ondas de calor, salvo una pequeña porción en el Cerro de Arandas, así como en el Cerro del Veinte (punto más alto orográficamente de Irapuato). A continuación, se presentan las colonias por grado de peligro:

Tabla 31: Identificación de colonias por nivel de peligro por ondas de calor.

Peligro		Nombre de la colonia
Medio		Lomas del Pedregal.
Alto	#	12 de Diciembre, 18 de Agosto, 24 de Abril, 24 de Diciembre, 5 de Septiembre, 8 de Junio.
	A	Agropecuario San Miguelito, Alameda, Aldama, Alfredo V. Bonfil, Álvaro Obregón, Amigos del Camino Real, Ampl. Cuchilla, Ampliación Morelos, Ankara, Arandas, Aranzazu, Azteca.
	B	Bajada de San Martín, Balcones de Floresta, Bella Vista, Bella Vista (Ampliación), Bellas Artes, Bellavista, Benito Juárez Dos, Benito Juárez Uno, Bernardo Cobos (INFONAVIT), Birmingham, Bosques, Bosques de La Pradera, Brisas del Río, Bugambilias.
	C	Camino Real, Camino Real de Irapuato, Camino Real de Lo De Juárez, Campestre Hurtado (San Gabriel Segunda Sección), Campestre Las Flores, Campo Real, Capi, Capilla de Mendoza, Carrizal Grande, Casa Blanca, Caudillo del Sur, CBTIS, Centenario, Central de Abastos, CERESO Irapuato, Cerrada Altamira, Cibeles, Ciudad de Los Olivos Sección D, Ciudad de Los Olivos Sección E, Ciudad de Los Olivos Secciones A, B Y C, Ciudad Deportiva, Clínica Médica Celaya, Colón, Colón Segunda Sección, Colón Tercera Sección, Colinas Del Rio II, Constitución de Apatzingán, Constitución De Apatzingán (Ampliación), Constitución De Apatzingán II Sección, Constitución De Apatzingán Segunda Sección, Constitución De Apatzingán Tercera Sección, Cuarta Brigada, Cuarta Brigada (Segunda Sección Ampliación), Cuarta Brigada Segunda Sección, Cuarto Día, Cuchicuato.
	D	Daysis, De la Calzada De Guadalupe, De la Piedra Lisa, De la Salud, De San Cayetano, De San José, De San Miguel, De San Vicente, De Santa Anita, De Santiaguito, Del Bosque, Del Castillo, Del Parque, Diamante, Distrito Federal.
	E	Ejido Lo De Juárez, El Ángel, El Campanario, El Cantador, El Cobano, El Colonial, El Copalillo, El Cortijo, El Dorado, El Durazno, El Ejidal, El Encanto, El Encino, El Lago (La Virgen), El Laurel, El Milagro, El Pípila, El Puente, El Ranchito (Independencia), El Refugio, El Rosario, El Trébol, El Vergel, El Zapote del Milagro (Primera Sección), El Zapote del Milagro (Segunda Sección), El Zapote del Milagro (Tercera Sección), Emiliano Zapata I, Emiliano Zapata II, Eratzicuitzio, Ernesto Che Guevara, Esfuerzo Obrero, Esfuerzo y Lucha, Esmeralda, Españita, Estancias Las Palmas, Estrella (Norte), Estrella (Sur), Excélsior, Expo Fresas.
	F	Ferrocarrilera, Flores Magón Norte, Flores Magón Sur, Fracción San Cayetano, Francisco Villa.
	G	Gómez, Galaxia El Naranjal, Galaxia Real de Arandas, Ganadera, General Emiliano Zapata III, Godai Living, Granja Saldaña, Guadalupe, Guanajuato, Guerrero.
	H	Hacienda Colón, Hacienda La Virgen (Segunda Sección), Hacienda La Virgen Primera Sección, Hacienda Las Bugambilias, Hacienda Las Flores, Hacienda San

Peligro		Nombre de la colonia
		José de Jorge López, Hacienda San Miguelito, Haciendas de Santiago, Haciendas del Carrizal, Horizontes.
	I	Ibarra, Ignacio Allende, Independencia, Independiente Benito Juárez, Inmobiliaria Futurama, Insurgentes, Irapuato
	J	Jacarandas, Jalisco, Jardines de Arandas, Jardines de Irapuato, Jardines De Jerez, Jardines de La Hacienda, Jardines de San Antonio, Jardines del Country, Jardines del Dique, Jardines del Valle, Josefa Ortiz De Domínguez, Juárez, Juan Pablo Segundo.
	L	Lázaro Cárdenas, Lázaro Cárdenas Segunda Sección, Lázaro Cárdenas Tercera Sección, La Caja, La Calera, La Candelaria, La Candelaria del Zapote, La Candelaria II Sección, La Estancia (Sección A), La Estancia (Sección B), La Florida, La Gavia, La Giralda, La Hacienda, La Loma (La Virgen), La Paz, La Pradera, La Rioja, La Valenciana, La Venta, La Virgen, Ladrilleras, Las Águilas, Las Alamedas, Las Américas, Las Américas (Ampliación), Las Animas, Las Arboledas, Las Aves, Las Brisas Primera Etapa, Las Brisas Segunda Etapa, Las Carmelitas, Las Delicias, Las Diligencias, Las Fuentes, Las Fuentes Segunda Sección, Las Heras, Las Heras (Revolución), Las Heras Segunda Sección, Las Heras Tercera Sección, Las Huertas, Las Liebres, Las Luminarias, Las Misiones, Las Pérgolas, Las Palmas, Las Palomas, Las Plazas, Las Reynas, Las Reynas Sección Las Rosas, Las Terrazas, Las Trojes, Lindavista, Lo De Juárez, Loma Bonita, Lomas De Españita, Lomas del Pedregal, Lomas del Pedregal (Privada Cumbres), Lomas del Pedregal (Sección Camberra), Lombardía, Los Álamos, Los Ángeles, Los Agaves, Los Agaves II, Los Arcos, Los Castillos, Los Cipreses, Los Delfines, Los Duraznos, Los Duraznos II, Los Duraznos III, Los Encinos, Los Encinos Tercera Sección, Los Eucaliptos, Los Fresnos, Los Girasoles, Los Hoyos, Los Huertos, Los Militares, Los Monjes, Los Olivos, Los Paraísos, Los Pinos, Los Príncipes, Los Prados, Los Presidentes, Los Reyes, Los Robles, Lucio Cabañas, Lupita.
	M	Magisterial de Irapuato, Magisterial de Irapuato Dos (Tercera Etapa, Segunda Sección), Masada Residencial, Mediterráneo, Miguel Hidalgo, Milagro de Santo Domingo, Milagro de Santo Domingo Dos, Militar, Mirador, Miraflores, Misión, Misioneros, Modelo IMSS, Moderna, Morelos, Morelos Ampliación, Municipio Libre.
	N	Nassar, Niños Héroes, Nogalia, Novaterra, Nueva Fe del 2000, Nueva Hacienda San Miguel, Nueva Reforma Agraria, Nuevo, Nuevo México.
	O	Obrero, O'lindo
	P	Palma de Mallorca, Parador Camionero de Guanajuato, Paseos Florentina, Piamonte, Plan Guanajuato, Plan Vivirá, Plan Vivirá Ampliación, Playa Azul, Plaza Cibeles, Plaza Las Palmas, Pontevedra, Portones, Predio Rancho de Luna, Primavera, Primaveral, Primero de Mayo, Privada San Diego, Privadas El Campirano, Progresiva El Jaral, Prolongación Moderna, PRONASOL, Provincia Cibeles, Pueblito Lindo, Puerta De Hierro, Puerta Diamante I, Puerta Real, Punto Verde, Purísima de Las Flores Primera Sección, Purísima del Jardín, Purísima del Jardín (Parcela 15), Purísima del Jardín Segunda Sección, Purísima del Progreso.
	Q	Quinta del Magisterio Primera Sección, Quinta Jacarandas, Quinta Las Villas, Quinta Libertad, Quinta Márquez, Quinta Real, Quinta San Joaquín, Quinta San Sebastián, Quinta Verde, Quintas Libertad II
	R	Rafael Galván, Rancho Grande, Real del Lago (Nuevos Colonos Unidos), Reforma, Renovación, Residencial Campestre, Residencial Floresta, Residencial Hacienda San Miguel, Residencial Irapuato, Residencial Los Sauces, Residencial

Peligro		Nombre de la colonia
		San Francisco, Revolución (Las Malvas), Rincón de Los Arcos, Rincón de Los Arcos II, Rinconada de Balcones, Rinconada de La Hacienda, Rodríguez, Roma.
	S	Salinas de Gortari, San Ángel, San Antonio, San Antonio De Ayala, San Carlos, San Cayetano de Luna, San Cayetano De Luna 1, San Cristóbal, San Francisco de La Charca, San Gabriel Primera Sección, San Gabriel Tercera Sección, San Isidro, San Isidro Labrador, San Javier, San Joaquín Segunda Sección, San José, San José de Jorge López, San José de Jorge López (Villas de San José), San Juan Bosco, San Juan Bosco Dos, San Juan de Retana, San Juanito, San Marcos, San Marino, San Martín de Porres, San Miguelito, San Miguelito El Zapote, San Pedro, San Pedro Primera Sección, San Pedro Segunda Sección, San Roque, Santa Amalia, Santa Bárbara, Santa Cecilia, Santa Cruz, Santa Fe, Santa Fe Segunda Secc., Santa Julia, Santa María, Santa María Tercera Sección, Santa Sofía, Seguridad 2000, Solidaridad.
	T	Tabachines, Tenerías de Irapuato, Terracota, Tierra Nueva, Tomelopitos, Torre Oben, Toscana, Trento Residencial.
	U	UCOPI, UH Laboratorio.
	V	Valencianita, Valle de Las Flores, Valle de Las Flores Segunda Sección, Valle del Sol, Valle Real, Valle Real Segunda Sección, Valle Real Tercera Sección, Valle Verde, Vasco de Quiroga Vasco de Quiroga (FOVISSTE), Villa Bonita, Villa de Lourdes, Villa Esmeralda, Villa Madrid (Virgen Bonita), Villa San Miguel, Villareal, Villas de Bernalejo, Villas de Irapuato Primera y Segunda Sección, Villas de Irapuato Tercera Sección, Villas de La Aurora, Villas de San Cayetano, Villas de San Clemente, Villas del Rey, Villas del Sol, Villas del Sur, Villas Las Huertas, Villas Las Torres, Villas Podova, Vista Alegre, Vista Hermosa, Viveros Revolución, Vivienda Popular, Vivienda Popular Irapuato (FONHAPO).
	X	XII Región Militar.
	Z	Zapote del Milagro (Tercera Sección), Ziranda, Zona Centro.

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a las localidades, únicamente 4 de las 549 localidades del municipio de Irapuato, presentan nivel Medio, las cuales son: El Garbanzo, Granja El Roble y Los Reyes al noreste del municipio, así como la comunidad de Tamahula al oeste.

IX.4 Vulnerabilidad física por ondas cálidas

Las ondas de calor son un fenómeno que afecta a la población en general; sin embargo, los grupos más vulnerables son los niños y las personas adultas mayores. Los principales efectos que provocan son: insolación, quemaduras, golpe de calor y, en algunos casos, la muerte. Para la zonificación de áreas vulnerables a ondas cálidas se retoma el ejemplo desarrollado para el componente de heladas en cuanto a vulnerabilidad de la población adicionando los descriptores correspondientes a viviendas que no disponen de energía eléctrica, de agua potable, ni drenaje sanitario, bajo la siguiente fórmula:

$$V_{OC} = 0.2\,(P_{0A14} + P_{60YMAS}) + 0.1\,P_{CDISCMOT} + 0.1\,PE_{INAC} + 0.2\,PSINDER + 0.1\,VPH_{SELEC} + 0.2\,VPH_{AGUAFV} + 0.1\,VPH_{NODREN}$$

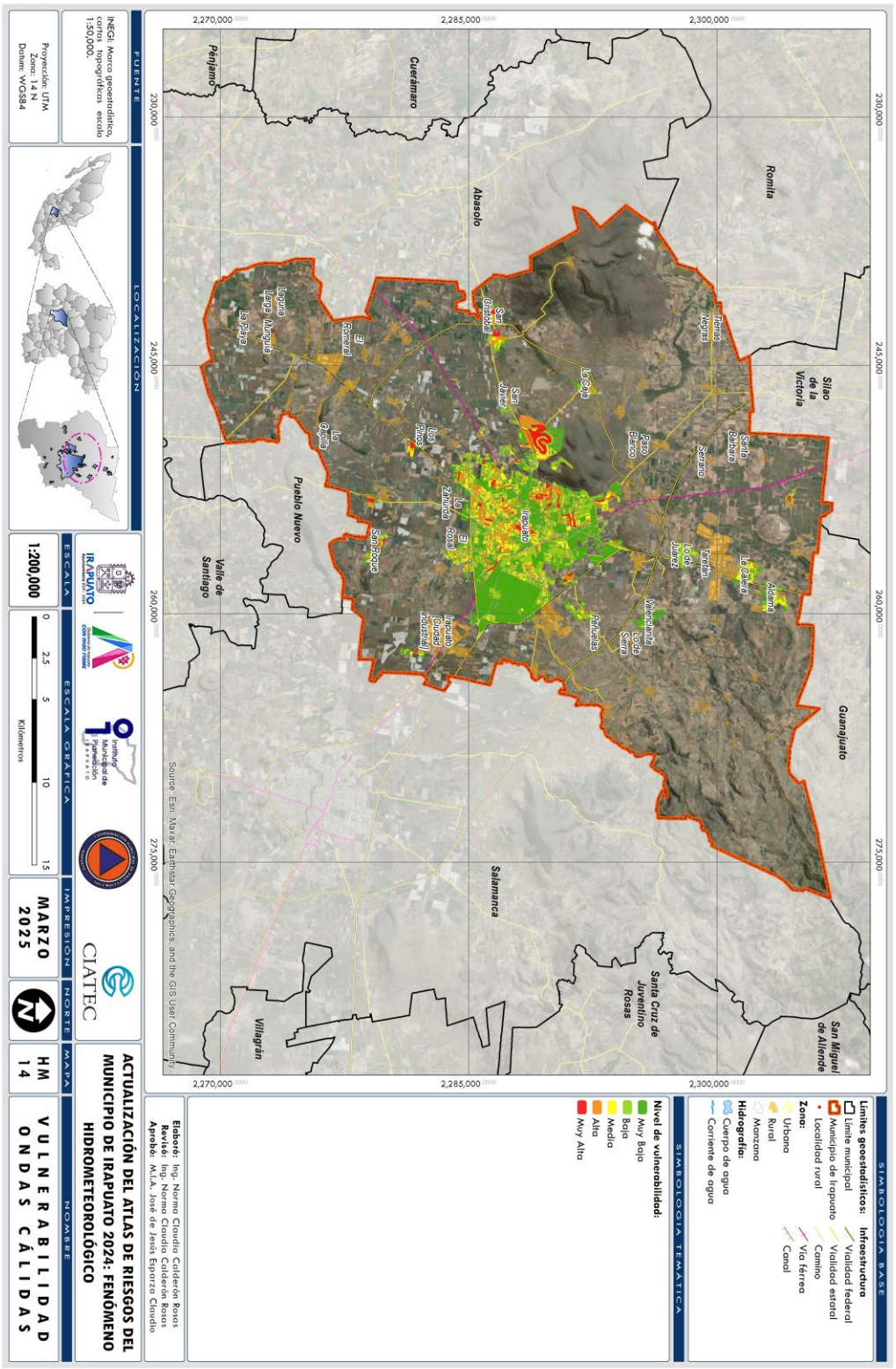
Donde:	V_{OC}	Vulnerabilidad por ondas de calor
	P_{0A14}	Población de 0 a 14 años
	P_{60YMAS}	Población de 60 años y más
	$P_{CDISCMOT}$	Población con discapacidad para caminar, subir o bajar
	PE_{INAC}	Población de 12 años y más no económicamente activa
	$PSINDER$	Población sin afiliación a servicios de salud
	VPH_{SELEC}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica
	VPH_{AGUAFV}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada
	VPH_{NODREN}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje

En la siguiente tabla, se muestra la clasificación de 6,253 AGEBs analizadas, donde prevalecen los niveles de vulnerabilidad Muy Baja a Media en la mayoría de los polígonos de las zonas urbanas del territorio.

Tabla 32: Análisis a nivel AGEB de la vulnerabilidad social a ondas cálidas.

Nivel de vulnerabilidad	Número de AGEBs
Muy Baja	2,432
Baja	2,279
Media	1,155
Alta	330
Muy Alta	57
Total general	**6,253**

Fuente: elaboración propia.



Mapa 14: Vulnerabilidad por ondas cálidas en el municipio de Irapuato.

IX.5 Riesgo por ondas cálidas

En el municipio de Irapuato, durante la temporada de calor de 2024, se registraron cinco casos de golpe de calor, afectando a personas de entre 8 y 69 años. Estos incidentes ocurrieron en Irapuato y Huanímaro. Afortunadamente, no se reportan defunciones relacionadas con las altas temperaturas en todo el municipio, sin embargo, sí se reporta una defunción por golpe de calor en el municipio de León como zona más cercana.

En términos de tasas de mortalidad, no se dispone de datos específicos para Irapuato. A nivel estatal, durante la temporada de calor de 2023, se notificaron 81 defunciones en Guanajuato atribuibles a temperaturas extremas, con un 87.7% de estos casos por golpe de calor y un 12.3% por deshidratación. Sin embargo, no se detalló si estos casos ocurrieron en Irapuato o en otras partes del estado.

Figura 30: Infografía emitida por CENAPRED para el tema de ondas de calor a nivel nacional.
Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024).

Es importante destacar que, aunque Irapuato experimenta olas de calor con temperaturas superiores a los 40 °C, las autoridades locales no han emitido declaratorias de emergencia por este fenómeno. Se recomienda a la población mantenerse informada sobre las condiciones climáticas y seguir las recomendaciones de protección civil estatal y municipal para minimizar los riesgos asociados a las altas temperaturas.

X. SEQUÍAS

X.1 Introducción

El componente de sequías es un fenómeno climático recurrente caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal para una zona determinada; ***como tal no presenta epicentro ni trayectorias definidas, sino que tiende a extenderse de manera irregular temporal y espacialmente***, (Ortega-Gaucin, Sequía: causas y efectos de un fenómeno global, 2013) manifestándose con una baja a nula disponibilidad de agua para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas. La sequía es considerada como uno de los fenómenos naturales más complejos que afecta a más personas en el mundo.

Además de sus efectos directos en la producción agropecuaria, puede perturbar el abastecimiento de agua para consumo humano, generando migraciones masivas, y en casos extremos, puede causar desde hambrunas hasta la muerte de las personas. A diferencia de otros desastres asociados a fenómenos naturales cuyos impactos son locales y de corto plazo, las sequías abarcan grandes extensiones geográficas y sus consecuencias pueden prevalecer por varios años, con un efecto negativo en la calidad de vida y en el desarrollo de las poblaciones afectadas, (Ortega-Gaucin, Frontera norte, 2014).

Los ciclos de sequías han afectado el hemisferio norte por los últimos 10,000 años, con duración y magnitud variable. Las sequías pueden afectar áreas o comunidades en forma diferente dependiendo de la estructura y la capacidad de los sistemas de agua existentes, las leyes locales sobre el uso del agua, el desarrollo económico, las poblaciones en riesgo que viven dentro del área afectada y otros factores sociales. Los periodos de sequía pueden causar reducción en el suministro de agua y problemas de salud pública asociados a esta, ya que, de acuerdo al último Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo, entre dos y tres mil millones de personas sufren escasez de agua durante al menos un mes al año, y se prevé que esta se duplique al año 2050, (UNESCO, 2024) .

Nuestro país no está exento de padecer los embates de las sequías con cierta periodicidad, como lo muestra la última sequía ocurrida entre 2011 al 2012, así como 2021 al 2024, (ver Figura 31), las cuales, por sus efectos negativos en los diversos sectores socioeconómicos, han sido evaluadas como las más graves en los últimos años por los problemas de desabasto de agua en las comunidades rurales de las regiones más áridas y vulnerables del país, (Ortega-Gaucin, Frontera norte, 2014).

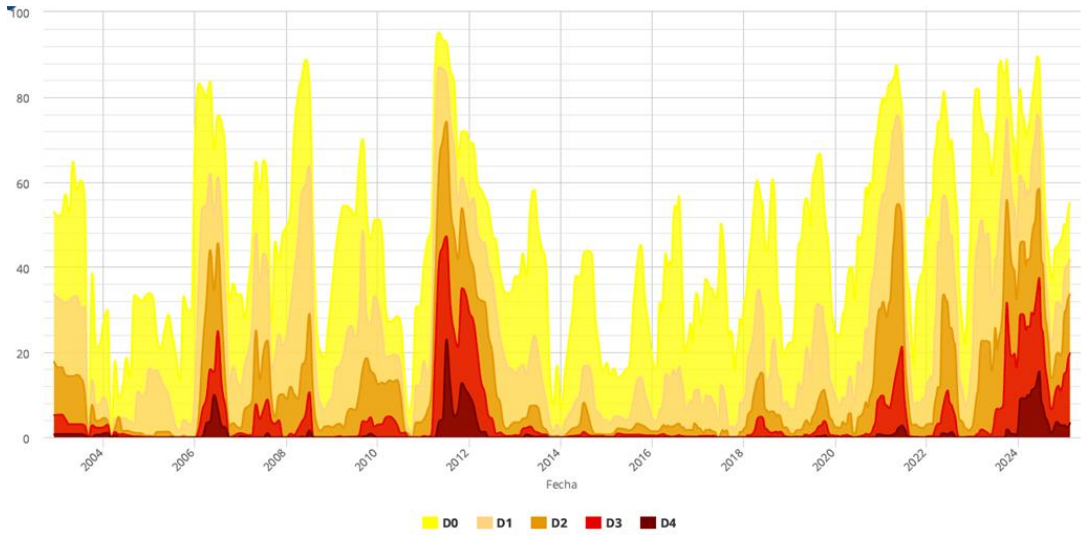


Figura 31: Evolución y porcentaje de la superficie de México afectado con una o varias categorías de sequía.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), es la dependencia oficial del gobierno mexicano encargada de detectar el estado actual y la evolución de las sequías. Para ello, se apoya en el Monitor de Sequía en México (MSM), que a su vez forma parte del Monitor de Sequía de América del Norte, (NADM).

El MSM se basa en la obtención e interpretación de diversos índices o indicadores, como el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), Anomalía de Lluvia en Porciento de lo Normal, Índice Satelital de Salud de la Vegetación (VHI), Modelo de Humedad del Suelo Leaky Bucket CPC-NOAA, Índice Normalizado de Diferencia de la Vegetación (NDVI), la Anomalía de la Temperatura Media, el Porcentaje de Disponibilidad de Agua en las presas del país y la aportación de expertos locales. Estos índices se despliegan mediante capas y determinan las regiones afectadas por sequía, de acuerdo a la escala de intensidades que es común en los tres países, las cuales se clasifican de la siguiente manera, (SMN, CONAGUA, 2024):

Tabla 33: Clasificación de la sequía por su intensidad.

Intensidad		Descripción
D0	Anormalmente Seco	Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un período de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del período de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.
D1	Sequía Moderada	Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.
D2	Sequía Severa	Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.
D3	Sequía Extrema	Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
D4	Sequía Excepcional	Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

Aunque en la actualidad se cuenta con mayor conocimiento científico y desarrollo tecnológico para hacer frente a la sequía, lo cierto es que estas herramientas son complementarias de otras acciones y estrategias de corte político, económico y social que de manera conjunta contribuyan a aminorar los efectos perjudiciales del fenómeno.

Pese a la lucha histórica de México frente a la sequía, esta no ha dejado, ni dejará, de ser un problema, por lo que es sustancial que tanto los tomadores de decisiones como la población en general, sea conscientes de la fragilidad ante el peligro y la importancia de adoptar medidas preventivas y de adaptación que conduzcan a una gestión apropiada del riesgo, ante los embates de esta anomalía climatológica, (Ortega-Gaucin, Frontera norte, 2014). El sistema de monitoreo proporciona imágenes como las mostradas en la Figura 60 Figura 60 y la Figura 61 para periodos de sequía de manera quincenal.

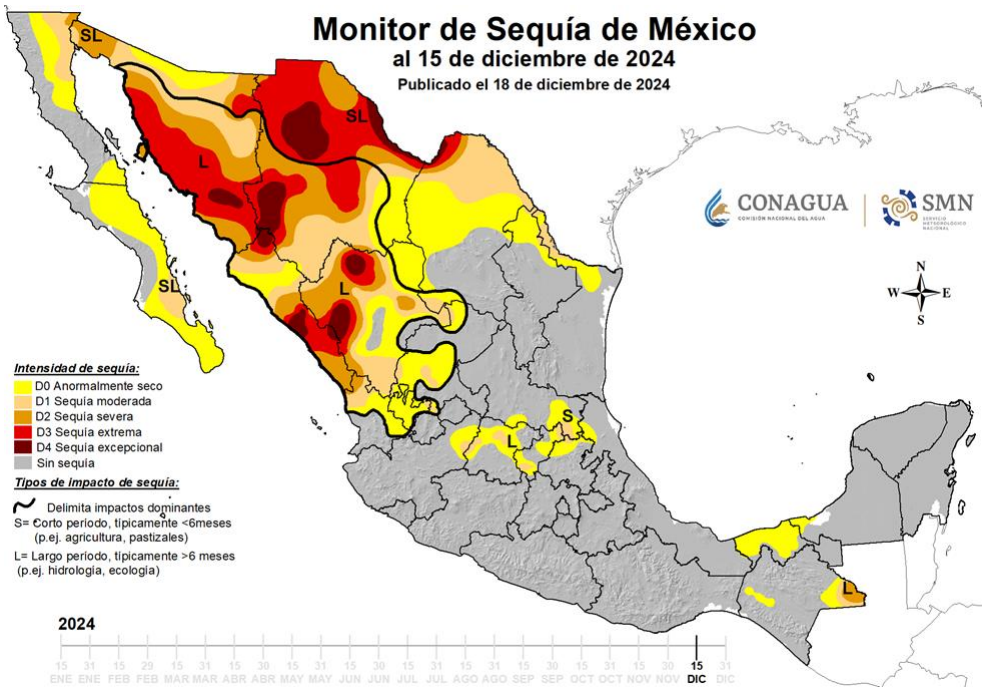


Figura 32: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de diciembre del 2024.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

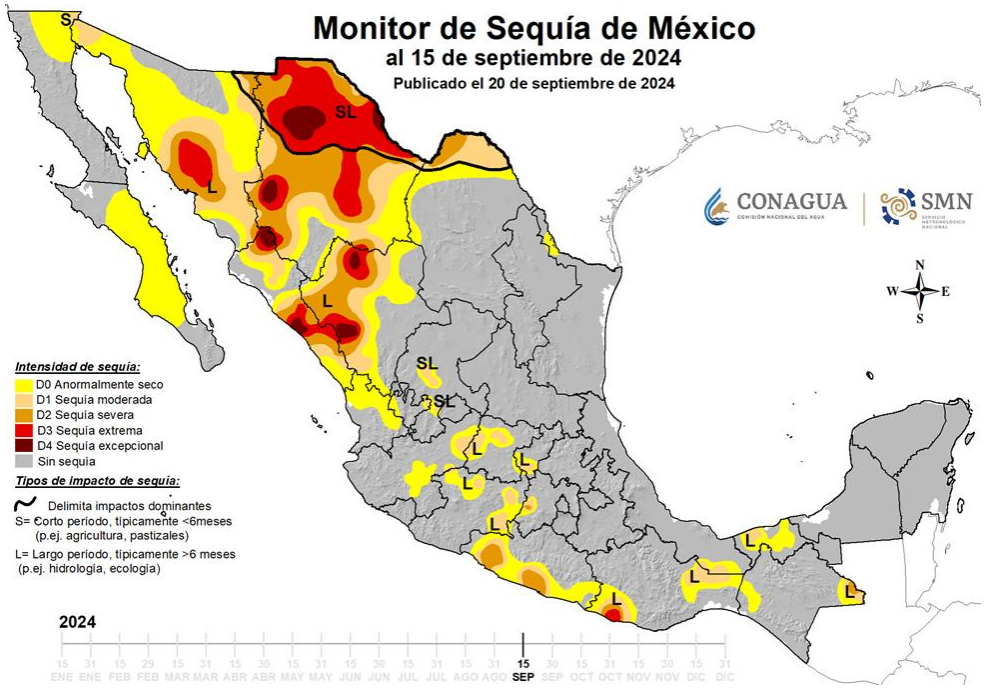


Figura 33: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de septiembre del 2024.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

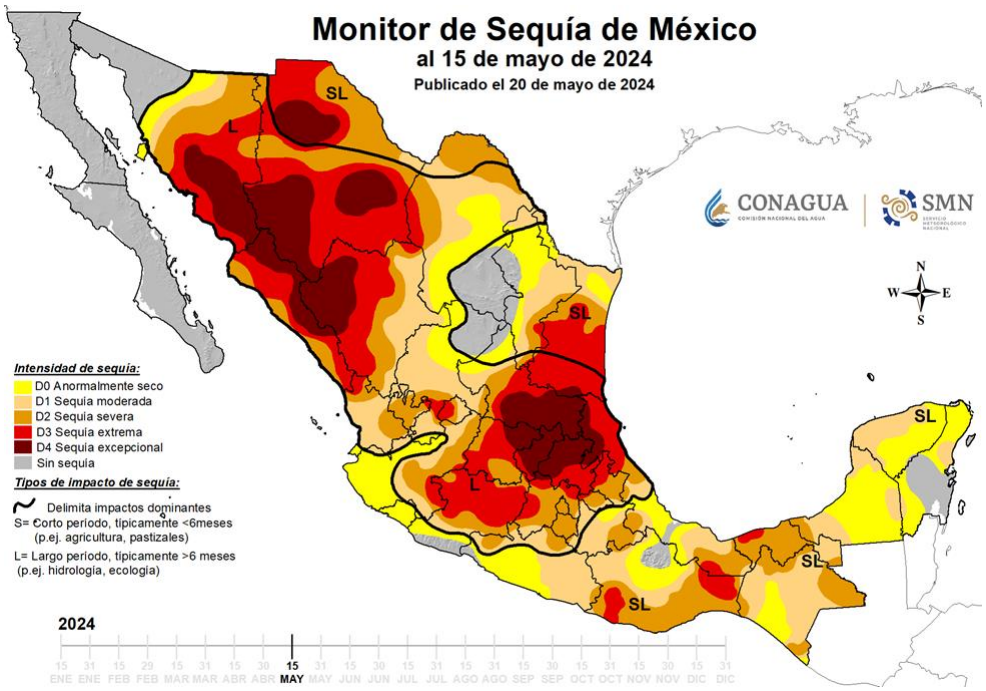


Figura 34: Monitor de sequía para la República Mexicana al 15 de mayo del 2024.

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

X.2 Origen y características de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios de las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera, generados por modificaciones en el albedo superficial, la existencia de una espesa capa de polvo en la atmósfera, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos y mares e incrementos en las concentraciones de dióxido de carbono, ocasionan variaciones espaciotemporales de las precipitaciones.

Existen áreas específicas sensibles al fenómeno, definidas básicamente por su localización geográfica, como lo es la latitud, ya que a partir de la línea del Ecuador hacia los polos, en forma alterna, se presentan las franjas de baja y alta presión atmosférica, donde las primeras corresponden a las áreas lluviosas y húmedas en el planeta, desde el Ecuador hacia los 60° de latitud Norte y Sur y las segundas, corresponden a zonas donde los vientos son secos y descendentes, que no proporcionan lluvia y están alrededor de los 30° Norte y Sur, y en los polos.

X.3 Las sequías en el municipio de Irapuato

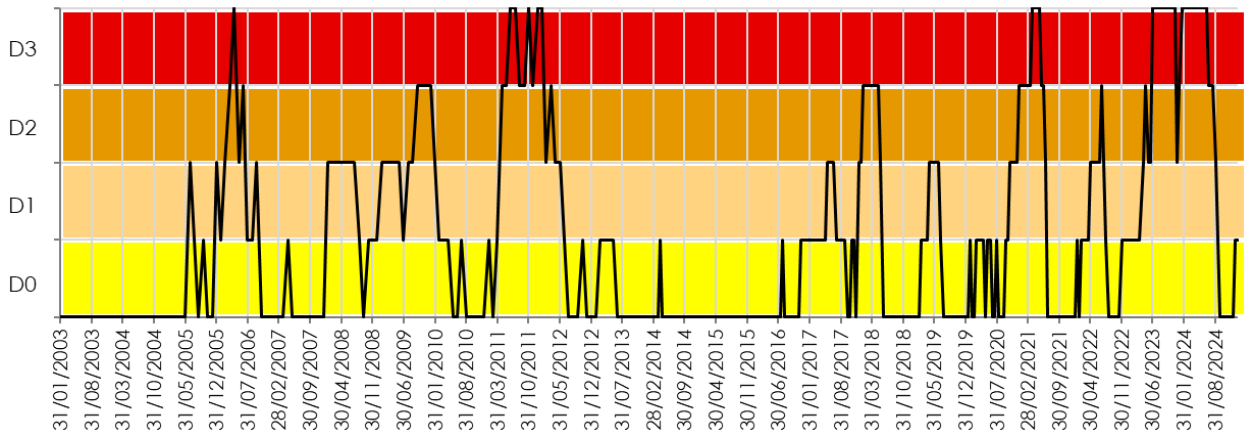
De acuerdo a los registros del sistema de monitoreo del SMN, en el municipio de Irapuato se han tenido varios episodios de sequía importantes (ver Tabla 34), desde enero del año 2005. La mayoría de ellas corresponden a sequías tipo D0 (39.5%), seguidas del tipo D1 (26.2%), y casi a la par la presencia de los tipos D2 y D3 (17.4% y 16.9% respectivamente). Resalta la presencia del tipo D3 durante los años 2023 y 2024, como se puede aprecias en la Tabla 34 y la Gráfica 3.

Tabla 34: Intensidades quincenales de sequía registradas para el municipio de Irapuato (2005-2025).

Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo
30/06/2005	D1	31/03/2010	D0	31/05/2017	D1	31/07/2020	D0	28/02/2023	D0
31/07/2005	D0	30/04/2010	D0	15/06/2017	D1	30/09/2020	D0	15/03/2023	D0
30/09/2005	D0	31/07/2010	D0	30/06/2017	D1	15/10/2020	D0	31/03/2023	D0
31/12/2005	D1	31/01/2011	D0	15/07/2017	D1	31/10/2020	D1	30/04/2023	D1
31/01/2006	D0	31/03/2011	D0	31/07/2017	D0	15/11/2020	D1	15/05/2023	D2
28/02/2006	D1	30/04/2011	D2	15/08/2017	D0	30/11/2020	D1	31/05/2023	D1
31/03/2006	D2	31/05/2011	D2	31/08/2017	D0	15/12/2020	D1	15/06/2023	D1
30/04/2006	D3	30/06/2011	D3	15/09/2017	D0	31/12/2020	D2	30/06/2023	D3
31/05/2006	D1	31/07/2011	D3	30/09/2017	D0	15/01/2021	D2	15/07/2023	D3
30/06/2006	D2	31/08/2011	D2	15/11/2017	D0	31/01/2021	D2	31/07/2023	D3
31/07/2006	D0	30/09/2011	D2	30/11/2017	D0	15/02/2021	D2	15/08/2023	D3
31/08/2006	D0	31/10/2011	D3	31/12/2017	D1	28/02/2021	D2	31/08/2023	D3
30/09/2006	D1	30/11/2011	D2	15/01/2018	D1	15/03/2021	D2	15/09/2023	D3
30/04/2007	D0	31/12/2011	D3	31/01/2018	D2	31/03/2021	D3	30/09/2023	D3
31/01/2008	D1	31/01/2012	D3	15/02/2018	D2	15/04/2021	D3	15/10/2023	D3
29/02/2008	D1	29/02/2012	D1	28/02/2018	D2	30/04/2021	D3	31/10/2023	D3
31/03/2008	D1	31/03/2012	D2	15/03/2018	D2	15/05/2021	D3	15/11/2023	D3
30/04/2008	D1	30/04/2012	D1	31/03/2018	D2	31/05/2021	D2	30/11/2023	D3
31/05/2008	D1	31/05/2012	D1	15/04/2018	D2	15/06/2021	D2	15/12/2023	D1
30/06/2008	D1	30/06/2012	D0	30/04/2018	D2	30/06/2021	D1	31/12/2023	D2
31/07/2008	D1	31/10/2012	D0	15/05/2018	D2	31/01/2022	D0	15/01/2024	D3
31/08/2008	D0	28/02/2013	D0	31/05/2018	D1	28/02/2022	D0	31/01/2024	D3
31/10/2008	D0	31/03/2013	D0	28/02/2019	D0	15/03/2022	D0	15/02/2024	D3
30/11/2008	D0	30/04/2013	D0	15/03/2019	D0	31/03/2022	D0	29/02/2024	D3
31/12/2008	D0	31/05/2013	D0	31/03/2019	D0	15/04/2022	D0	15/03/2024	D3
31/01/2009	D1	15/04/2014	D0	15/04/2019	D0	30/04/2022	D1	31/03/2024	D3
28/02/2009	D1	31/07/2016	D0	30/04/2019	D1	15/05/2022	D1	15/04/2024	D3
31/03/2009	D1	30/11/2016	D0	15/05/2019	D1	31/05/2022	D1	30/04/2024	D3
30/04/2009	D1	15/12/2016	D0	31/05/2019	D1	15/06/2022	D1	15/05/2024	D3

Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo	Fecha	Tipo
31/05/2009	D1	31/12/2016	D0	15/06/2019	D1	30/06/2022	D1	31/05/2024	D3
30/06/2009	D0	15/01/2017	D0	30/06/2019	D1	15/07/2022	D2	15/06/2024	D3
31/07/2009	D1	31/01/2017	D0	15/07/2019	D0	31/07/2022	D1	30/06/2024	D3
31/08/2009	D1	15/02/2017	D0	31/01/2020	D0	15/08/2022	D0	15/07/2024	D2
30/09/2009	D2	28/02/2017	D0	15/03/2020	D0	30/11/2022	D0	31/07/2024	D2
31/10/2009	D2	15/03/2017	D0	31/03/2020	D0	15/12/2022	D0	15/08/2024	D2
30/11/2009	D2	31/03/2017	D0	15/04/2020	D0	31/12/2022	D0	31/08/2024	D1
31/12/2009	D2	15/04/2017	D0	30/04/2020	D0	15/01/2023	D0	15/09/2024	D0
31/01/2010	D1	30/04/2017	D0	31/05/2020	D0	31/01/2023	D0	15/01/2025	D0
28/02/2010	D0	15/05/2017	D0	15/06/2020	D0	15/02/2023	D0	31/01/2025	D0

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).



Gráfica 3: Comportamiento de sequías por intensidad en el municipio de Irapuato, (2003-2025).

Fuente: elaboración propia con datos de (SMN, CONAGUA, 2024).

X.3.1 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

Para el análisis de peligro por sequías en 2013, se utilizó la metodología de Porcentaje de la Precipitación Normal (PPN), el cual recurre a los valores porcentuales estimados para cada año indican el déficit (valores negativos) y el excedente (valores positivos) en la precipitación anual ocurrida. La determinación de los años con sequía en este trabajo se lleva a cabo en principio, estimando valores del PPN en cada estación climatológica para lo cual se utilizan las series históricas de precipitación mensual acumulada del periodo de registro de cada estación.

El análisis realizado en 2013 sobre la precipitación pluvial permitió constatar que la sequía meteorológica era un fenómeno persistente y recurrente en el municipio de Irapuato, ya que evidenció que, en las estaciones analizadas, el número de años con sequía es mayor

al 20% del periodo analizado; aunado a las gráficas de precipitación anual respecto a la media histórica, el comportamiento de la lluvia ha sido altamente variable en el espacio y tiempo, no seguía un patrón definido ni mostraba una tendencia clara destacando la aleatoriedad y persistencia de periodos con déficit pluvial.

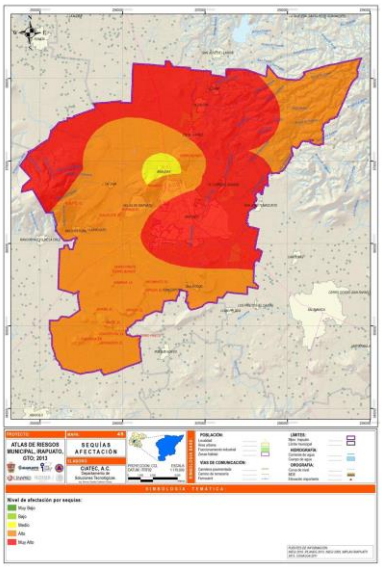


Figura 35: Mapa de peligro por sequías en el documento del atlas 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

X.3.2 Determinación de eventos de sequía en el municipio de Irapuato

De acuerdo con los datos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) de México, el análisis de la duración e intensidad de las sequías constituye un componente esencial dentro de los estudios de riesgo a nivel municipal, debido a que permite identificar la recurrencia, severidad y distribución espacial de un fenómeno de evolución lenta, pero de alto impacto. Este tipo de análisis posibilita reconocer las zonas más vulnerables al estrés hídrico, estimar los efectos acumulativos sobre los ecosistemas, la producción agrícola, la disponibilidad de agua y la salud de la población, además de ofrecer insumos técnicos para la planeación territorial y la formulación de medidas preventivas y adaptativas.

La incorporación de estos datos en los atlas de riesgos municipales favorece el diseño de estrategias locales de gestión del agua, diversificación de cultivos, conservación de suelos y fortalecimiento de la resiliencia comunitaria ante la variabilidad climática. Asimismo, al emplear información oficial del SMN y del Programa Nacional contra la Sequía (PRONACOSE), los municipios pueden sustentar con mayor solidez sus diagnósticos de

riesgo y acceder a mecanismos de financiamiento y apoyo técnico federal orientados a la reducción del impacto de las sequías en el desarrollo local. En la siguiente tabla, se presenta al análisis de la base de datos disponible en el sitio web del SMN, relativo a los diferentes tipos de sequía en el municipio, así como la intensidad presentada:

Tabla 35: Análisis de duración e intensidad de las sequías presentadas en el municipio.

Inicio	Fin	Duración (meses)	Intensidad máxima
30/06/2005	31/07/2005	2	D1
30/09/2005	30/09/2005	1	D0
31/12/2005	30/09/2006	10	D3
30/04/2007	30/04/2007	1	D0
31/01/2008	31/08/2008	8	D1
31/10/2008	30/04/2010	19	D2
31/07/2010	31/07/2010	1	D0
31/01/2011	31/01/2011	1	D0
31/03/2011	30/06/2012	16	D3
31/10/2012	31/10/2012	1	D0
28/02/2013	31/05/2013	4	D0
15/04/2014	15/04/2014	1	D0
31/07/2016	31/07/2016	1	D0
30/11/2016	30/09/2017	11	D1
15/11/2017	30/11/2017	1	D0
31/12/2017	31/05/2018	6	D2
28/02/2019	15/07/2019	6	D1
31/01/2020	31/01/2020	1	D0
15/03/2020	30/04/2020	2	D0
31/05/2020	15/06/2020	2	D0
31/07/2020	31/07/2020	1	D0
30/09/2020	30/06/2021	10	D3
31/01/2022	31/01/2022	1	D0
28/02/2022	15/08/2022	7	D2
30/11/2022	15/09/2024	23	D3
15/01/2025	31/01/2025	1	D0

Fuente: (SMN, CONAGUA, 2024).

El análisis de la evolución temporal de las sequías registradas entre 2003 y 2025 revela un comportamiento altamente variable, caracterizado por fluctuaciones en la duración, la recurrencia y la severidad de los eventos. A partir de los registros mensuales clasificados

bajo la escala D0–D3, se identificaron 26 eventos independientes, cuya intensidad máxima y duración permiten comprender las dinámicas hidrometeorológicas de la región analizada.

Entre los hallazgos más relevantes destaca la presencia de tres periodos prolongados y severos de sequía, correspondientes a los años 2005–2006, 2011–2012, y 2022–2024, todos ellos alcanzando intensidades D2–D3. Estos episodios se extienden entre 10 y 23 meses, lo que sugiere un patrón cíclico asociado a condiciones de déficit pluviométrico persistente y posiblemente vinculado a oscilaciones climáticas de gran escala, como ENSO. El evento más extenso del registro, ocurrido entre noviembre de 2022 y septiembre de 2024, alcanzó una duración de 23 meses y una intensidad máxima D3, lo que confirma un periodo de estrés hídrico excepcionalmente severo.

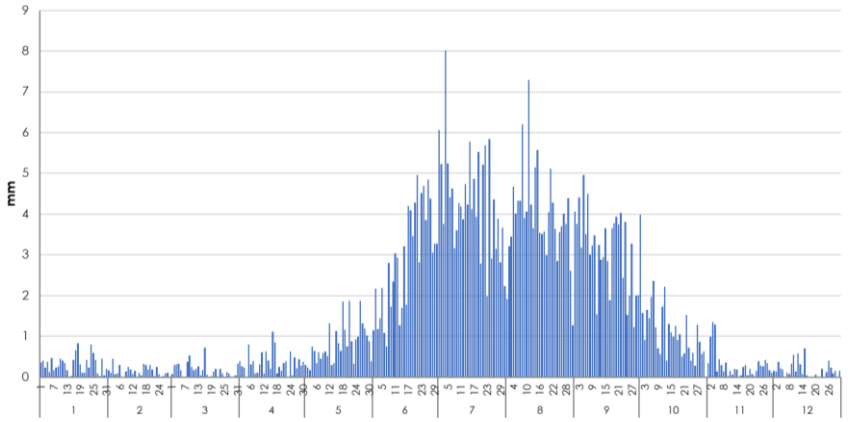
Asimismo, el análisis evidencia la recurrencia de sequías cortas de 1 a 2 meses, predominantemente clasificadas como D0, distribuidas a lo largo de todo el periodo. Estas sequías breves sugieren fluctuaciones intraanuales propias de estaciones secas intensas, pero sin generar acumulación suficiente para convertirse en sequías meteorológicas prolongadas. No obstante, su repetición frecuente indica un sistema climático sensible a variaciones inmediatas de humedad en el suelo y disponibilidad hídrica.

En términos de tendencia, se observa un incremento gradual en la duración de los eventos severos a partir de 2010, acompañado de una mayor frecuencia de episodios D2 y D3. Este comportamiento coincide con el contexto nacional de intensificación de sequías observado en México durante la última década, asociado al aumento sostenido de temperaturas máximas y a la irregularidad creciente de las lluvias estacionales.

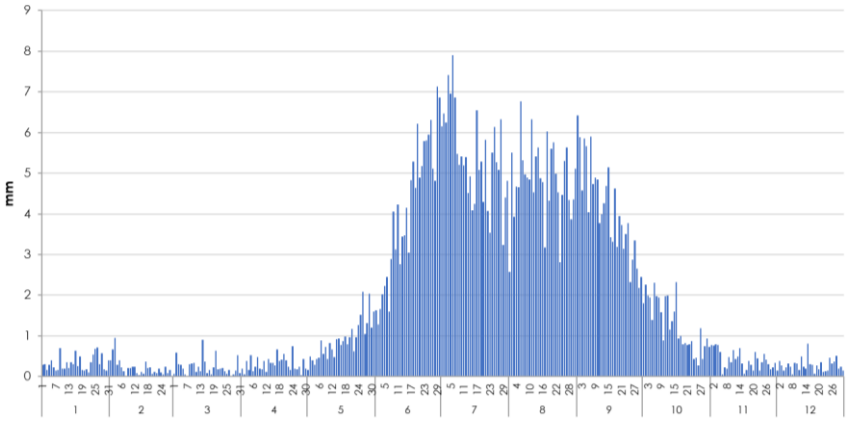
Desde la perspectiva de la gestión de riesgos, estos resultados subrayan la necesidad de fortalecer los sistemas de monitoreo hidroclimático, especialmente ante la evidencia de sequías multianuales con impactos potenciales en agricultura, disponibilidad de agua superficial y subterránea, y ecosistemas dependientes del régimen hídrico anual. La identificación de periodos críticos también permite delimitar ventanas temporales relevantes para la toma de decisiones en materia de uso del suelo, gestión agrícola, distribución de agua y preparación comunitaria. En conjunto, la evolución histórica muestra un escenario donde las sequías no solo se presentan con mayor frecuencia, sino que además tienden a prolongarse y a alcanzar intensidades de mayor severidad. Esto demanda una atención especial en la planificación territorial y en la formulación de estrategias de adaptación que integren criterios climáticos con enfoque preventivo.

X.4 Peligro por sequías

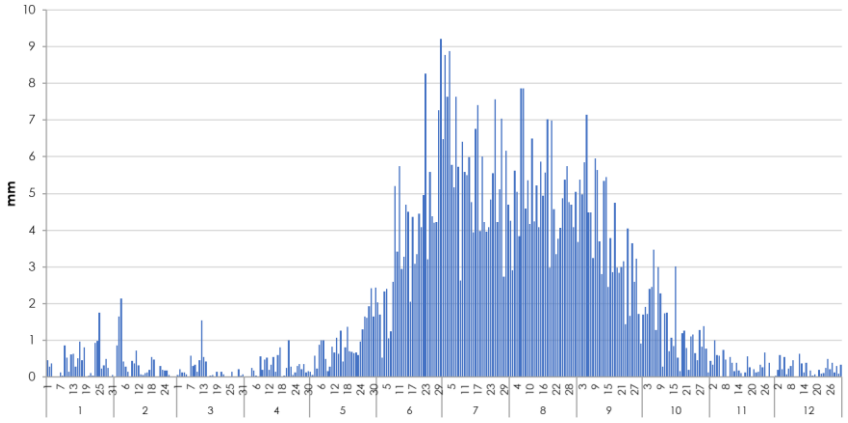
La precipitación en el municipio de Irapuato ocurre entre los meses de mayo a octubre, que podrían considerarse como la temporada de lluvias. Por otro lado, las temperaturas máximas ocurren en promedio entre mayo y septiembre, mientras que las temperaturas mínimas (más bajas) entre diciembre y febrero. En cada caso, la orografía juega un papel importante en la distribución de los campos de temperatura mínima y máxima, pero no es el único detonante, ya que las circulaciones locales, el uso de suelo y la humedad en el aire pueden generar efectos locales. Durante el periodo mayor de lluvias (mayo a octubre) se llega a precipitar aproximadamente el 85% del total del año, como se observa en las siguientes gráficas:



Gráfica 4: Promedio diario anual de lluvia (1950-2020) en la estación 11004-Aldama.
Fuente: elaboración propia con datos de (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024)

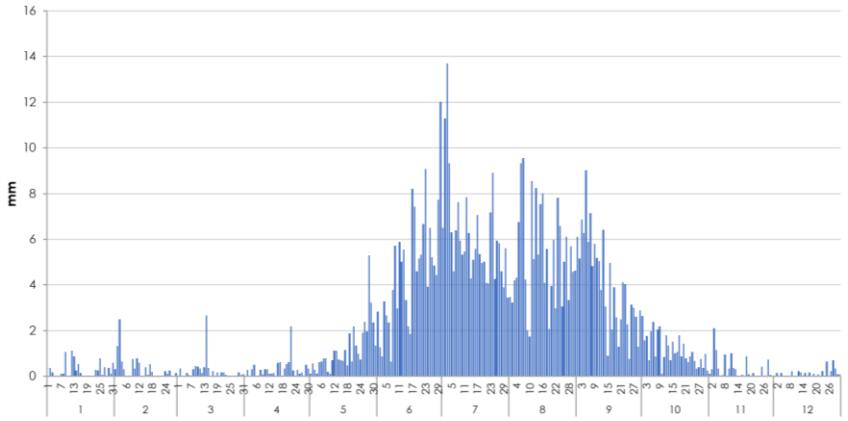


Gráfica 5: Promedio diario anual de lluvia (1904-2024) en la estación 11028-Irapuato.
Fuente: elaboración propia con datos de (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024)



Gráfica 6: Promedio diario anual de lluvia (1978-2024) en la estación 11134-El Conejo.

Fuente: elaboración propia con datos de (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024)



Gráfica 7: Promedio diario anual de lluvia (1994-2024) en la estación 11168-San Juan Temascatío.

Fuente: elaboración propia con datos de (SMN, Servicio Meteorológico Nacional, 2024)

Aunque se han desarrollado una gran cantidad de métodos para el análisis del componente de sequías, como el Thornthwaite, Fitzpatrick, Baier, Robertson y Foley, entre otros, actualmente los más reconocidos son: el Porcentaje de Precipitación Normal (PPN), los Deciles de Precipitación, el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI), el Índice de Suministro de agua Superficial (SWSI); más recientemente se han desarrollado los métodos del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), el de Lluvias Seguras (DR) y el Índice de Precipitación Nacional (RI). En el caso del presente proyecto, la metodología a utilizar para la evaluación del componente de sequías corresponde al del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI), mencionado en el Anexo 14 de la Guía de Contenido Mínimo, (CENAPRED, Secretaría de Gobernación, 2016).

Los índices, o indicadores, son la forma más utilizada para evaluar las sequías; éstos son valores numéricos de referencia y determinan la severidad de un periodo seco. Su utilización permite llevar a cabo las siguientes actividades:

- Detectar sequías y monitorearlas al momento de ocurrencia;
- Activar medidas de respuesta ante estos eventos; y
- Comunicar de manera eficaz las condiciones de sequía a la sociedad.

Las características más importantes para definir la severidad de una sequía son:

- Intensidad: define el grado en que las condiciones de humedad en un momento dado se separan de las condiciones "normales".
- Magnitud: determina la inercia temporal del fenómeno de sequía por medio de su persistencia temporal, la cual se hace equivalente a un tiempo dado en condiciones de sequía severa.
- Distribución espacial: es la localización y extensión geográfica de la sequía.

El SPI fue diseñado para cuantificar el déficit de precipitación para múltiples escalas de tiempo. Estas escalas reflejan el impacto de la sequía sobre la disponibilidad de los diferentes aprovechamientos hidráulicos. Las condiciones de humedad del suelo responden a las anomalías de la lluvia a corto plazo. El agua subterránea, el escurrimiento y el almacenamiento en presas reflejan las anomalías de la precipitación a largo plazo. Por estas razones, (McKee, Nolan, & Kleist, 1993) calcularon originalmente el SPI para periodos de 3, 6, 12, 24 y 48 meses.

El cálculo del SPI se basa en el registro a largo plazo de la precipitación para un periodo de tiempo específico. Este registro de largo plazo se ajusta a una distribución de probabilidad, la cual es inmediatamente transformada a una distribución Normal, tal que el valor medio del SPI para un sitio y periodo deseado es cero. Los valores positivos del SPI indican precipitaciones más grandes que la mediana. Debido a que el SPI está normalizado, los climas más secos y más húmedos se pueden representar de la misma forma, y los periodos húmedos se pueden monitorear a través del SPI.

(McKee, Nolan, & Kleist, 1993) utilizaron el sistema de clasificación que se muestra en la Tabla 36 para definir la intensidad de la sequía. También definieron el criterio para la ocurrencia de una sequía para cualquier escala de tiempo. Así, una sequía tiene lugar si

en cualquier tiempo el SPI tiene un valor igual o menor a - 1.0. El evento concluye cuando el valor de SPI es positivo. Por lo tanto, cada periodo de sequía se puede caracterizar mediante su inicio, término y la intensidad para cada mes que el evento continúa. La suma de los valores negativos del SPI para todos los meses se considera como la magnitud de la sequía.

Tabla 36: Clasificación del SPI en periodos húmedos y secos.

SPI		Clase
Mayor a 2.00		Extremadamente húmedo
1.99 a 1.50		Muy húmedo
1.49 a 1.00		Moderadamente húmedo
0.99 a -0.99		Humedad cercana a lo normal
-1.00 a -1.49		Moderadamente seco
-1.50 a -1.99		Severamente seco
Menor a -2.00		Extremadamente seco

Fuente: elaboración propia con datos de (McKee, Nolan, & Kleist, 1993).

La fórmula para calcular el SPI se basa en la transformación de la precipitación acumulada en un valor estandarizado (como una distribución normal), ésta se define como:

$$SPI = \frac{P - \mu}{\sigma}$$

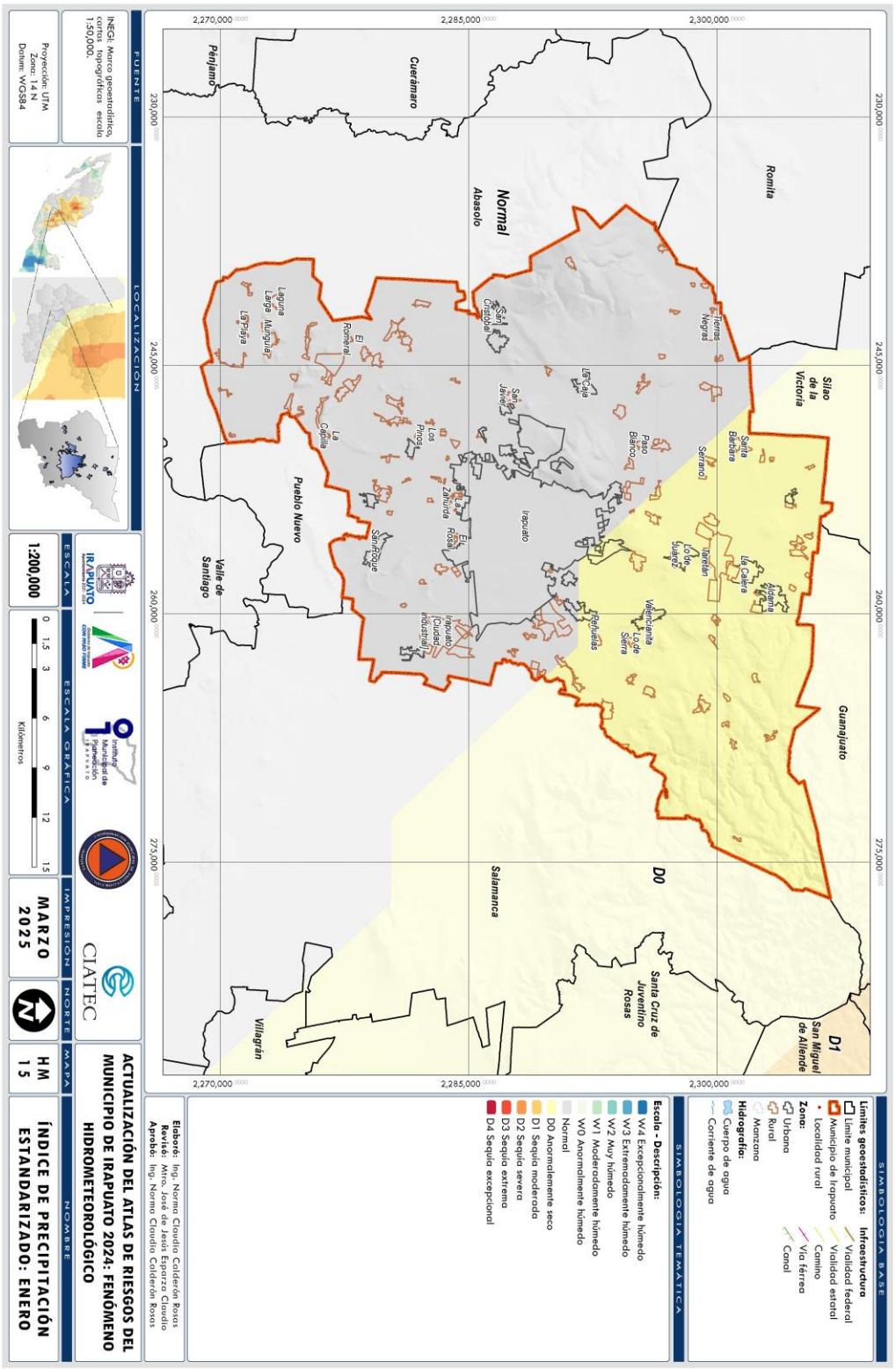
Donde: P Precipitación acumulada durante un período específico
μ Media de la precipitación acumulada durante el mismo período de tiempo
σ Desviación estándar de las precipitaciones acumuladas para el mismo período

El proceso para el cálculo del SPI es el siguiente:

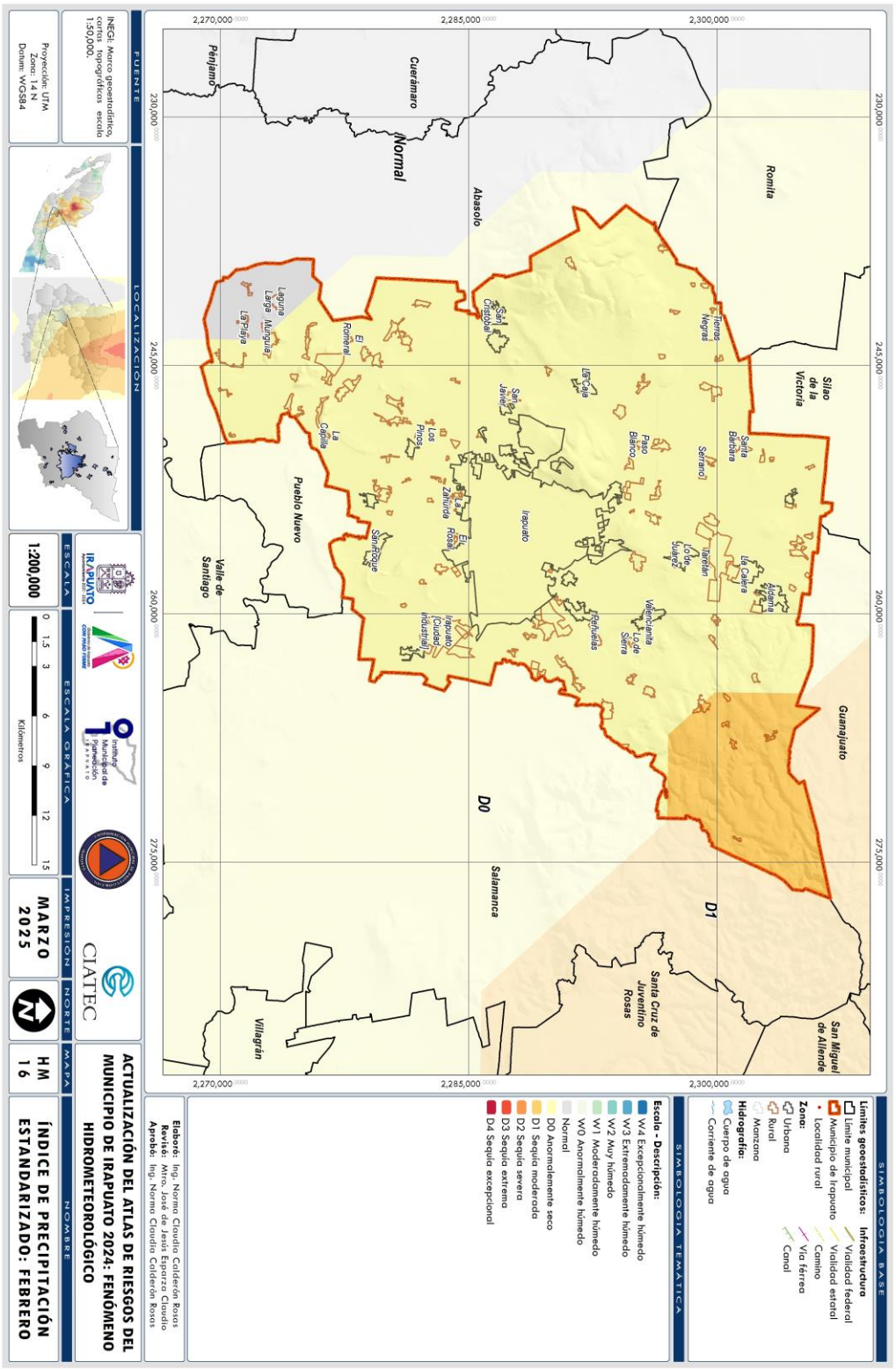
1. Recolección de datos históricos: se recolectan los datos de precipitaciones para un periodo largo (mínimo 30 años, aunque más es preferible).
2. Cálculo de la media y la desviación estándar: se calcula la media (μ) y la desviación estándar (σ) de las precipitaciones para cada periodo de tiempo que estamos analizando.
3. Estandarización: se estandarizan las precipitaciones del periodo en cuestión utilizando la fórmula anterior. Esto convierte la precipitación de ese período en un valor que se puede comparar con la distribución histórica.

4. Interpretación: El resultado, el valor del SPI, se interpreta según las siguientes pautas generales:
    - SPI = 0: Precipitación normal.
    - SPI < 0: Sequía (cuanto más bajo sea el valor, más severa es la sequía).
    - SPI > 0: Condiciones húmedas (cuanto más alto sea el valor, más intensas son las precipitaciones).

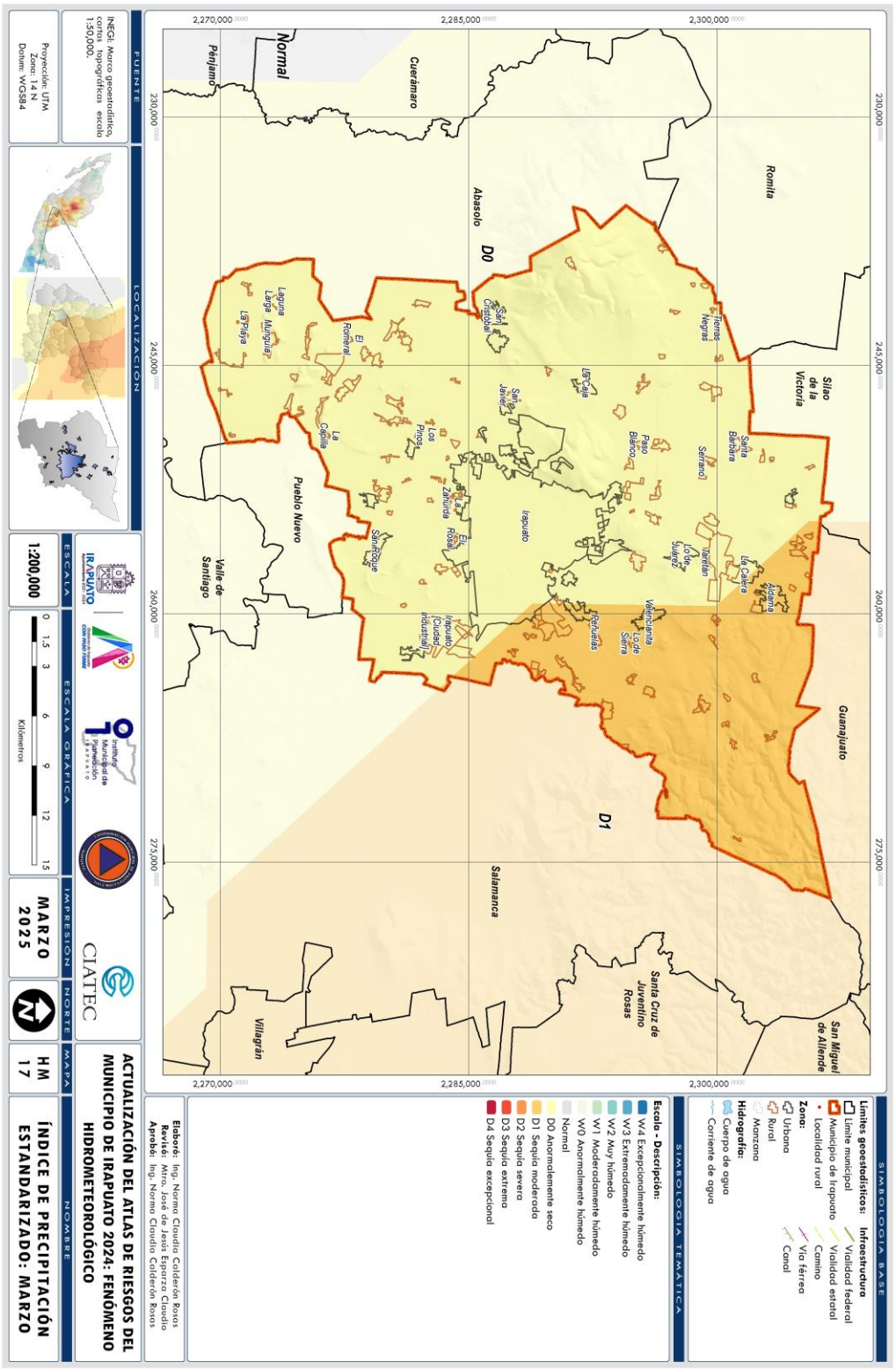
A continuación, se presentan los mapas con los valores del SPI a 12 meses (ver del Mapa 16 al Mapa 26).



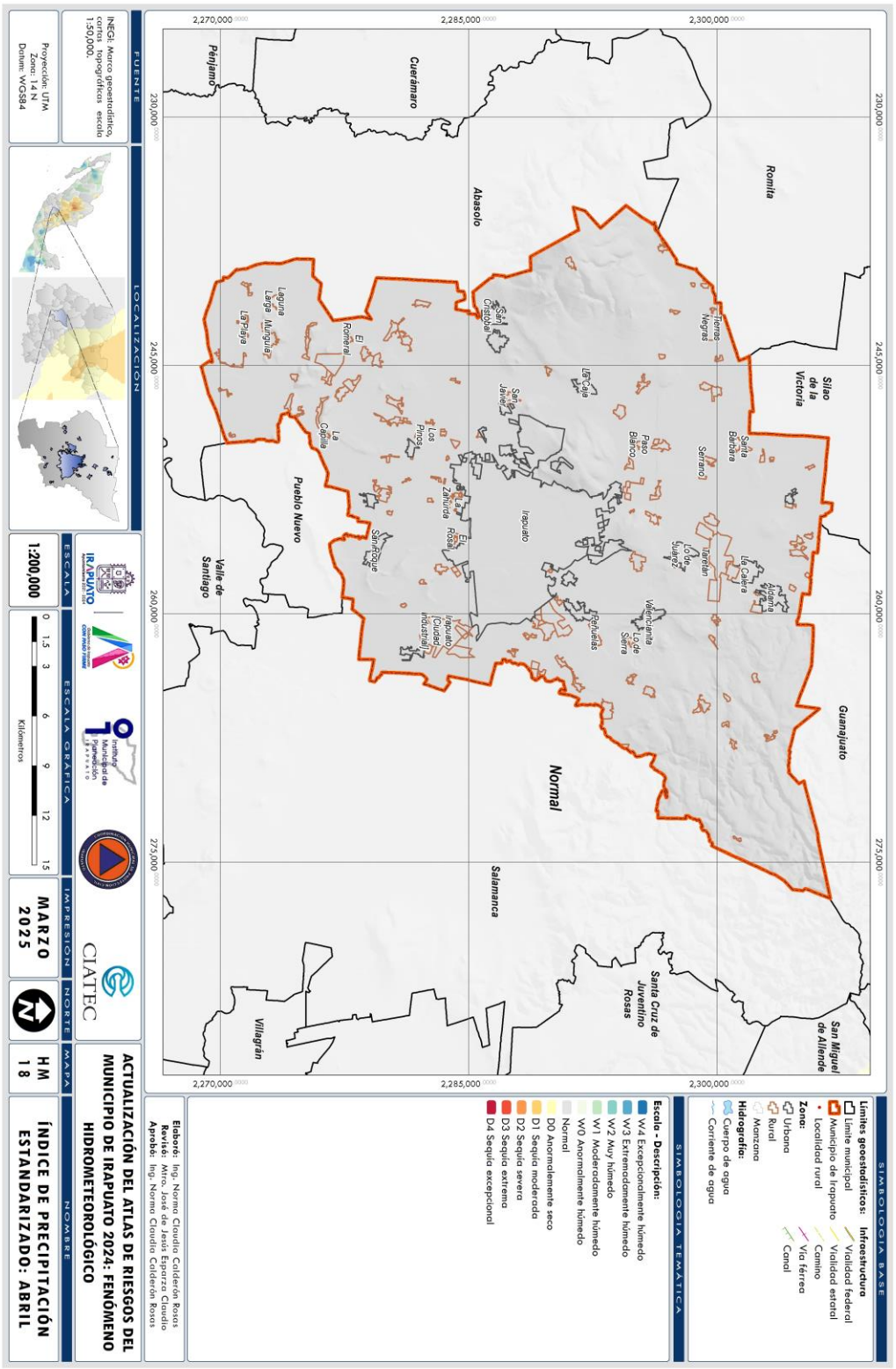
Mapa 15: Índice de Precipitación Estandarizado mes de enero.



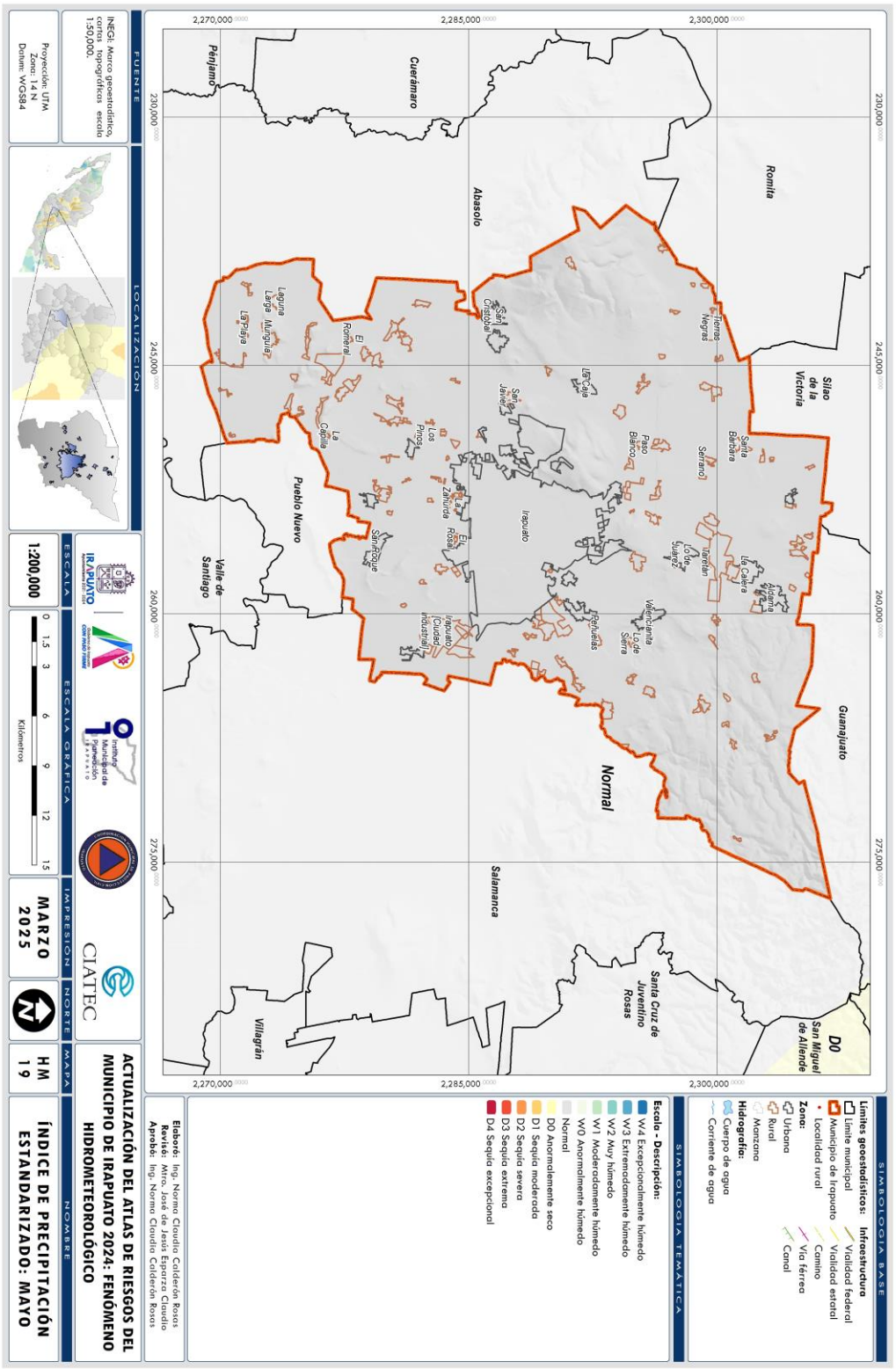
Mapa 16: Índice de Precipitación Estandarizado mes de febrero.



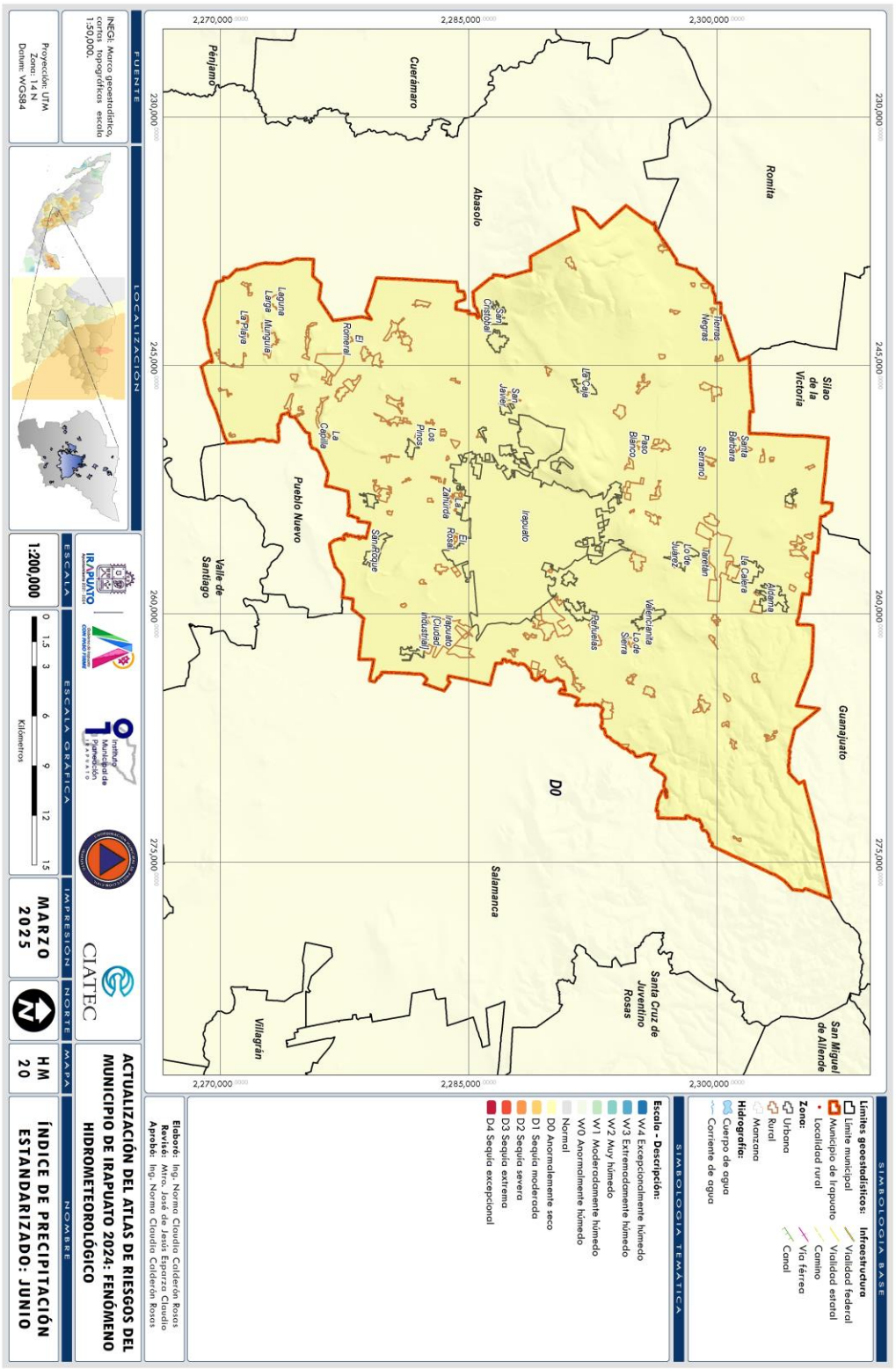
Mapa 17: Índice de Precipitación Estandarizado mes de marzo.



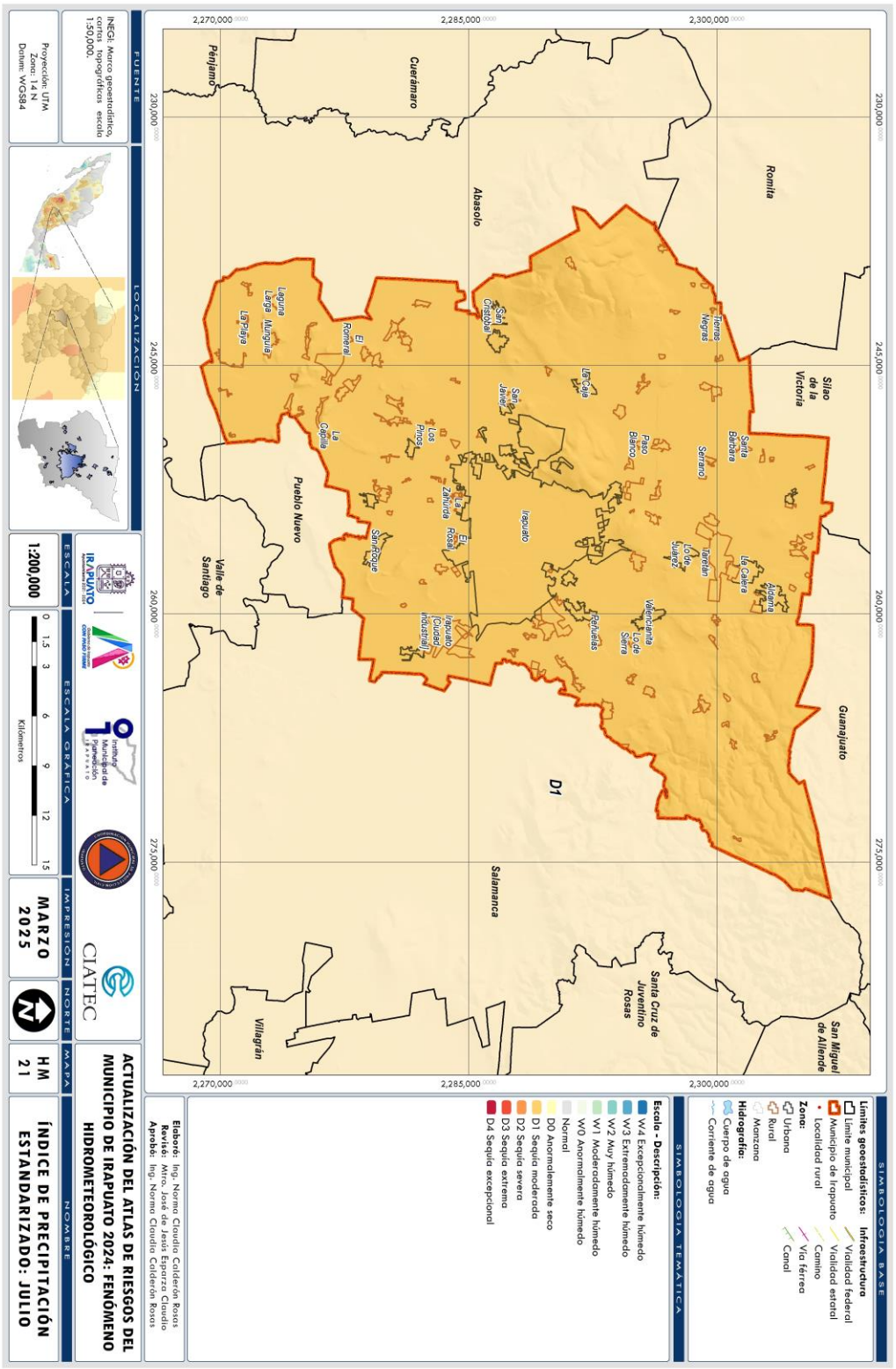
Mapa 18: Índice de Precipitación Estandarizado mes de abril.



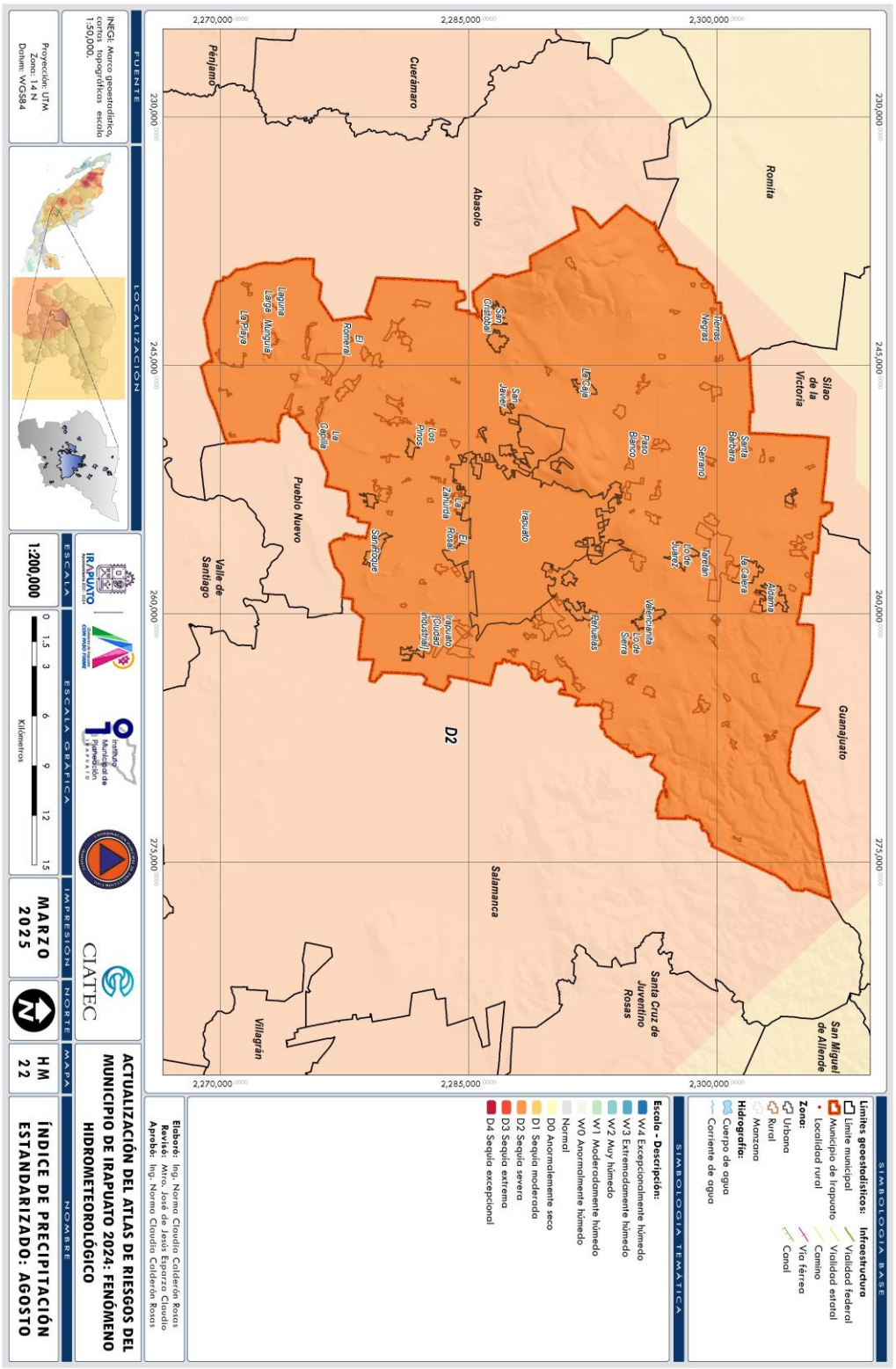
Mapa 19: Índice de Precipitación Estandarizado mes de mayo.



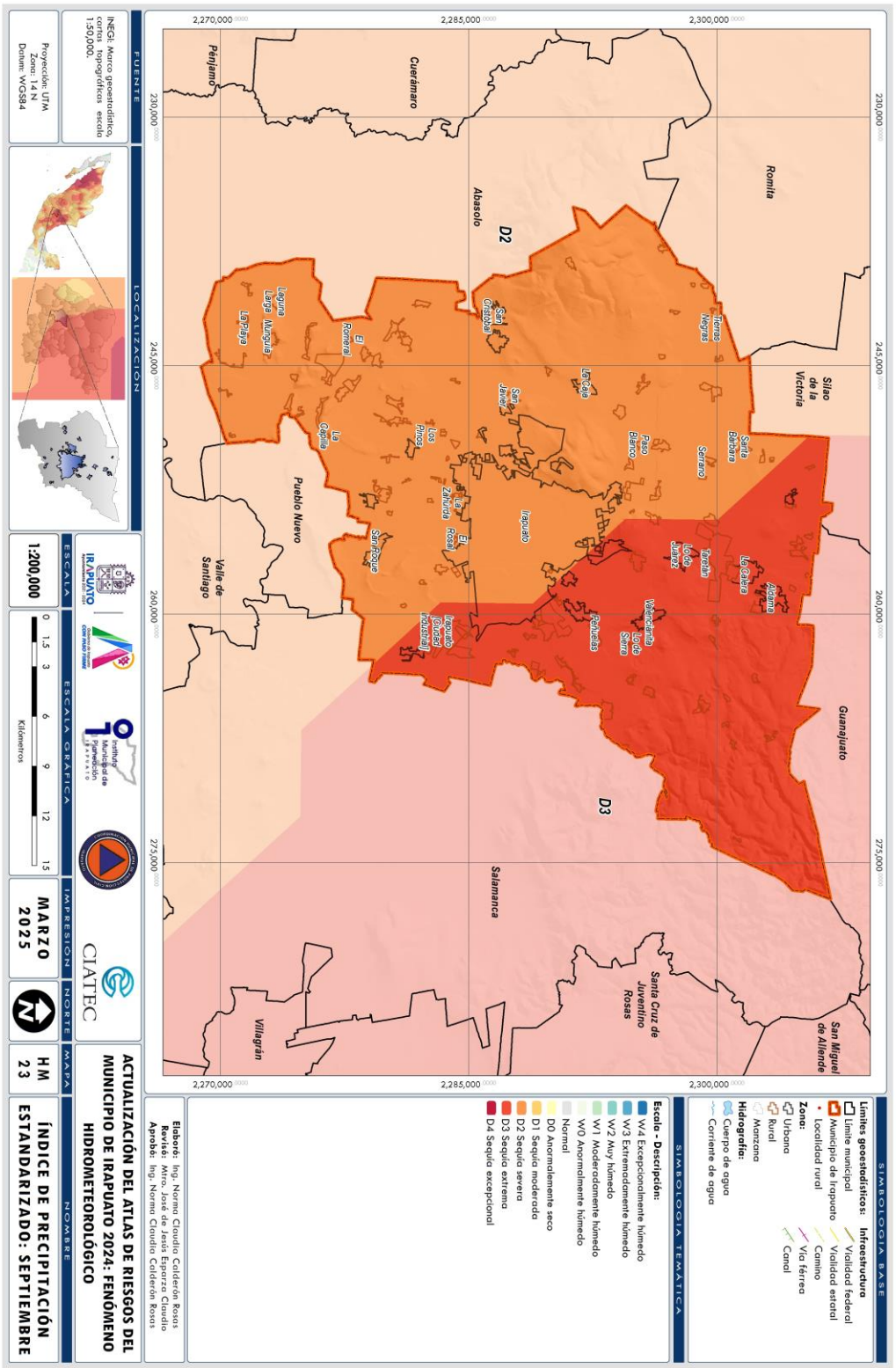
Mapa 20: Índice de Precipitación Estandarizado mes de junio.



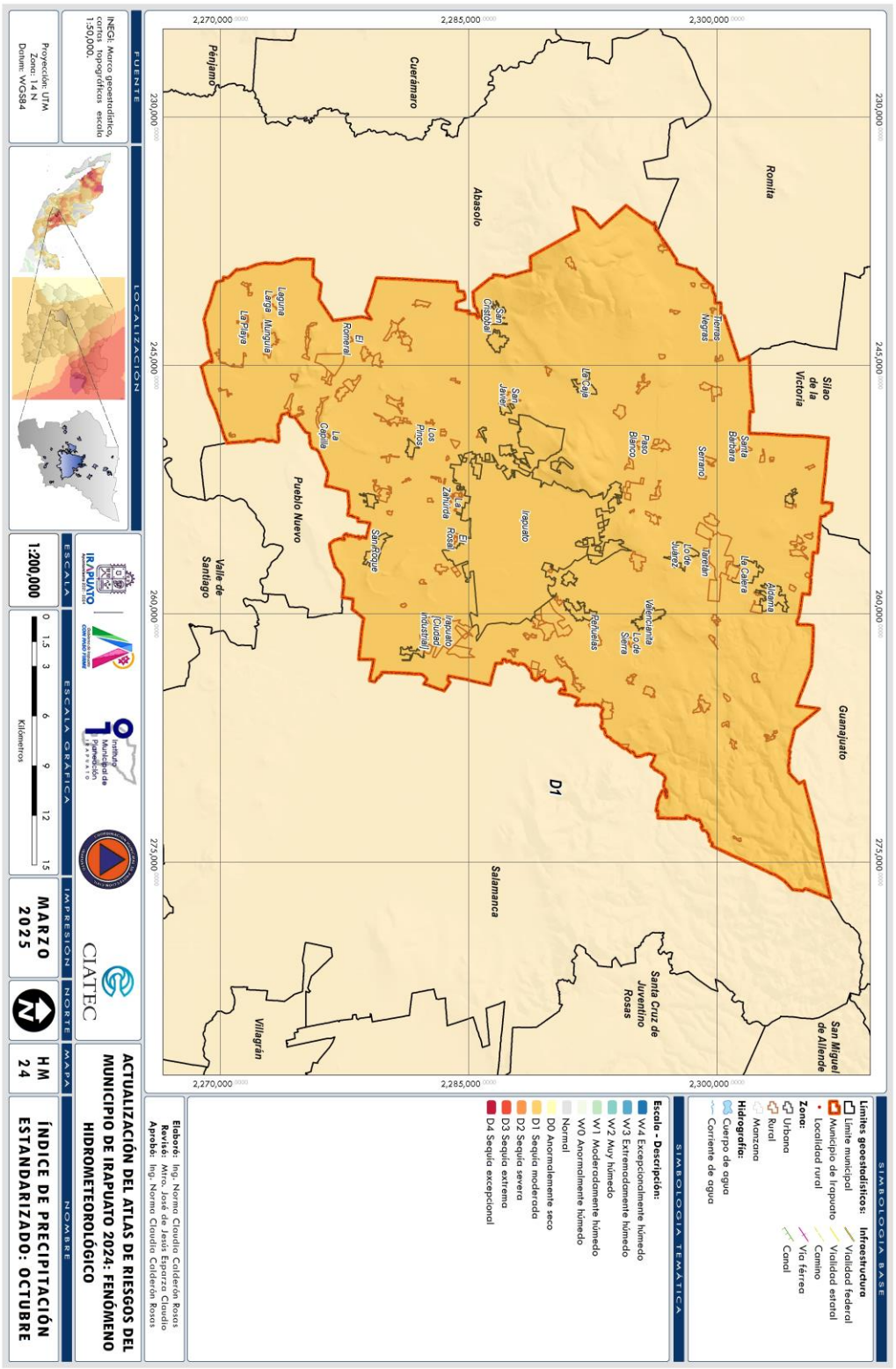
Mapa 21: Índice de Precipitación Estandarizado mes de julio.



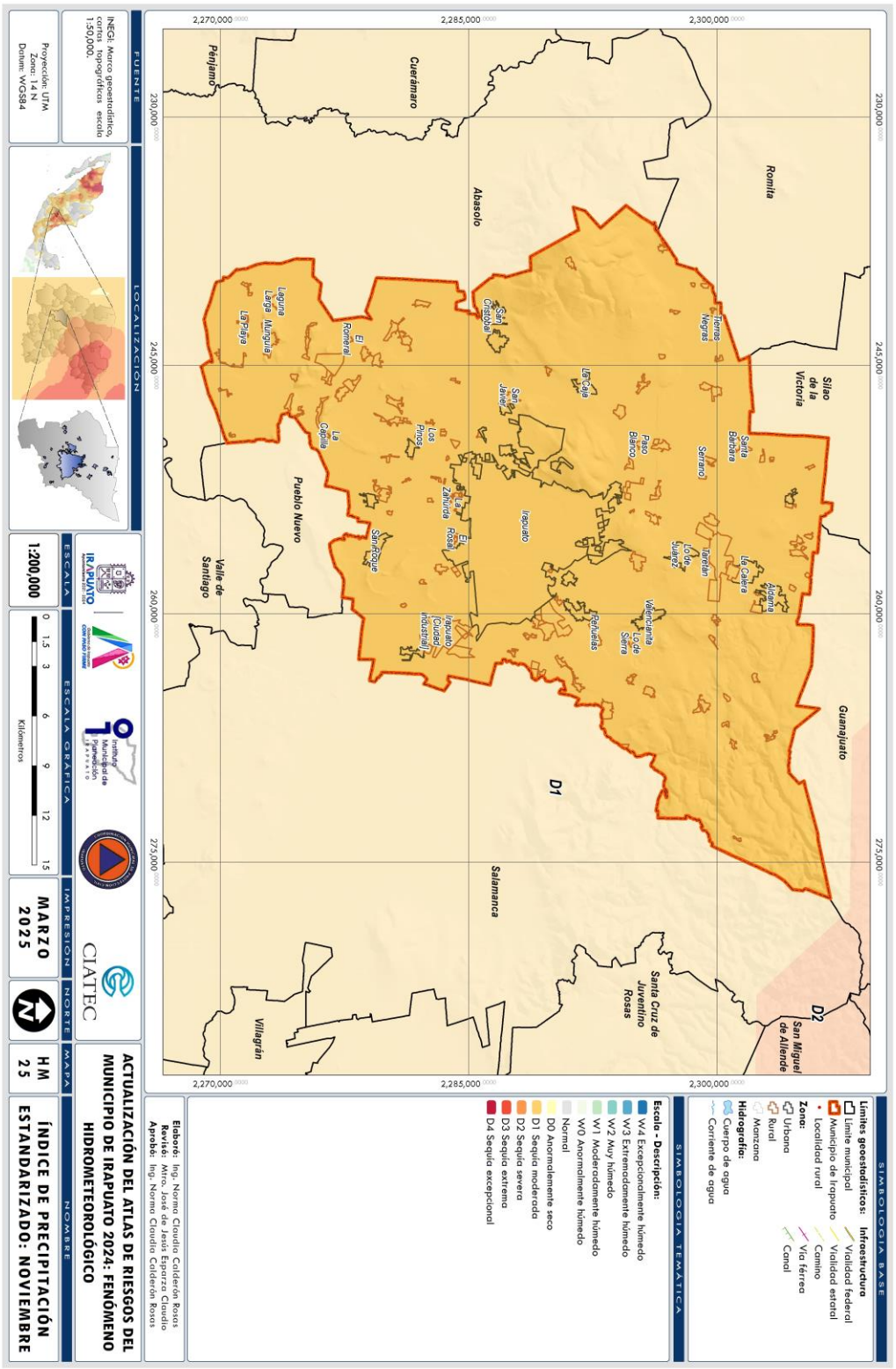
Mapa 22: Índice de Precipitación Estandarizado mes de agosto.



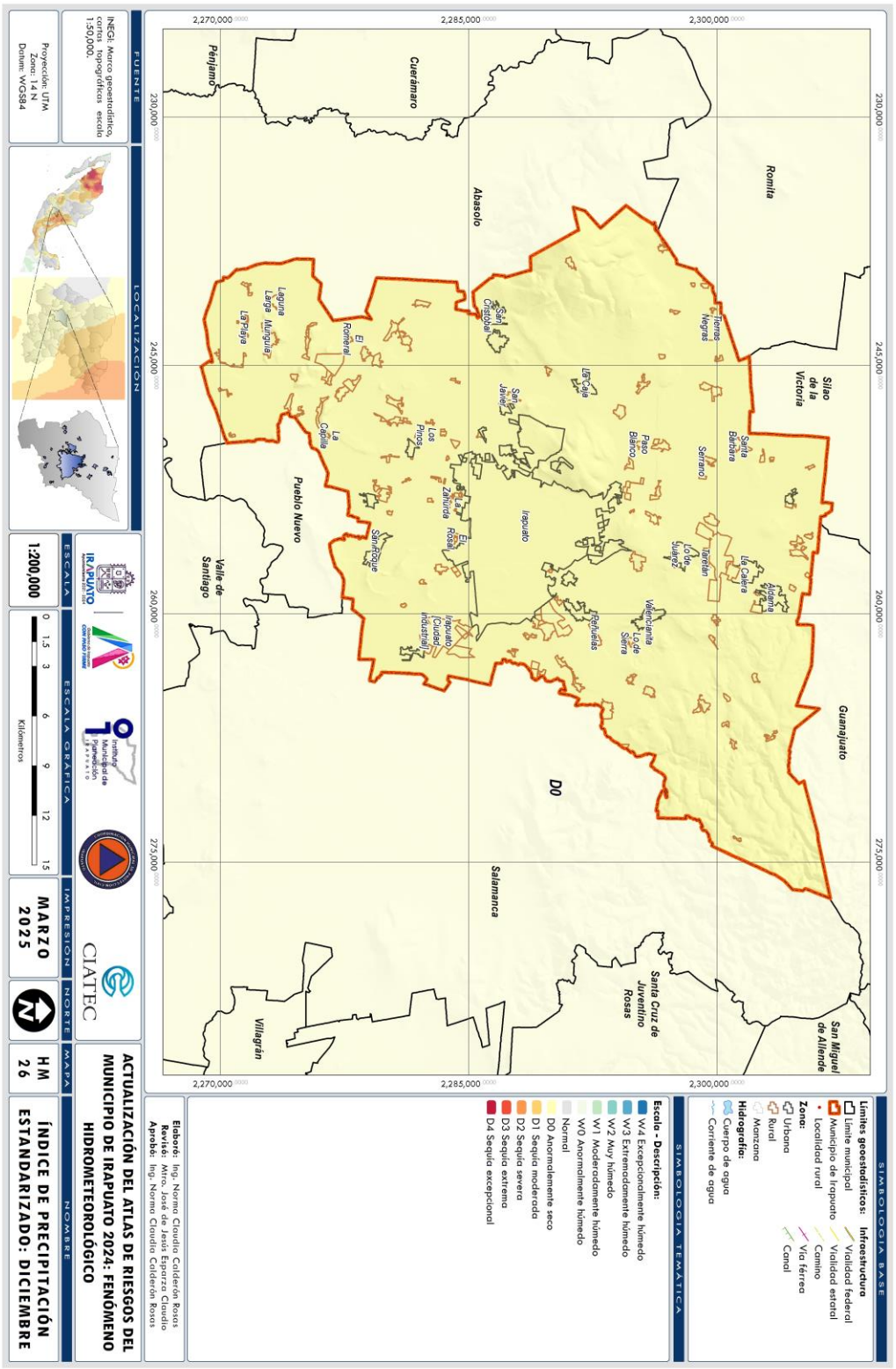
Mapa 23: Índice de Precipitación Estandarizado mes de septiembre.



Mapa 24: Índice de Precipitación Estandarizado mes de octubre.



Mapa 25: Índice de Precipitación Estandarizado mes de noviembre.



Mapa 26: Índice de Precipitación Estandarizado mes de diciembre.

Con base en los mapas anteriores, además de la definición del término sequía en cuanto a que ***no presenta epicentro ni trayectorias definidas***, y finalmente, distinguiendo la clasificación de peligro por sequía publicado en el sitio web del Atlas Nacional de Riesgos – Monitoreo de Fenómenos (ver Figura 36), se concluye que el nivel de peligro por sequías para el municipio de Irapuato corresponde a Medio.

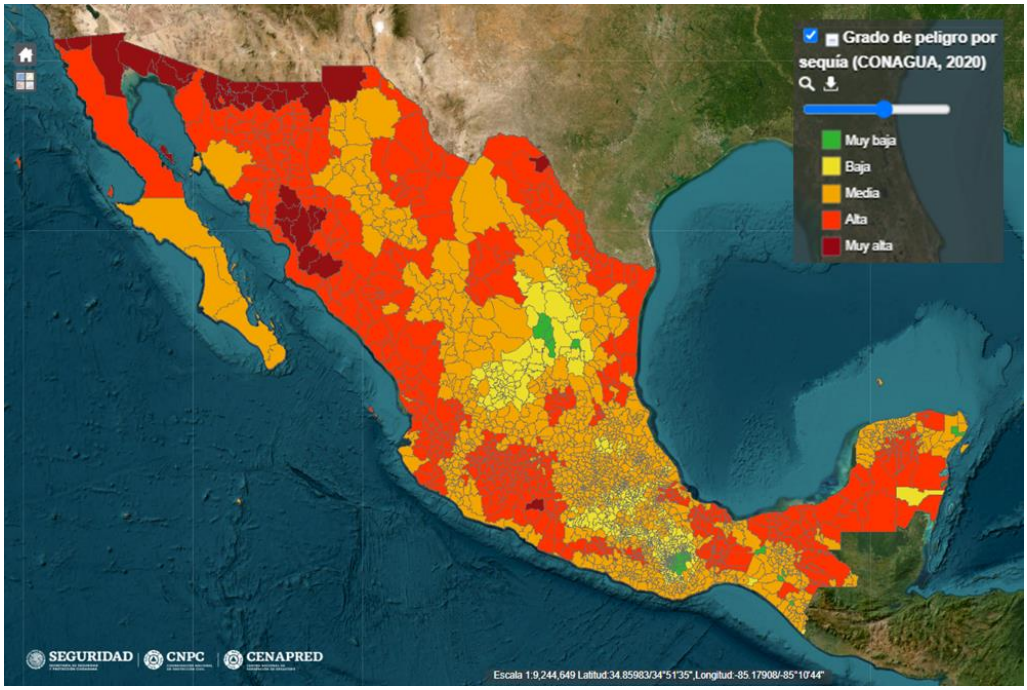
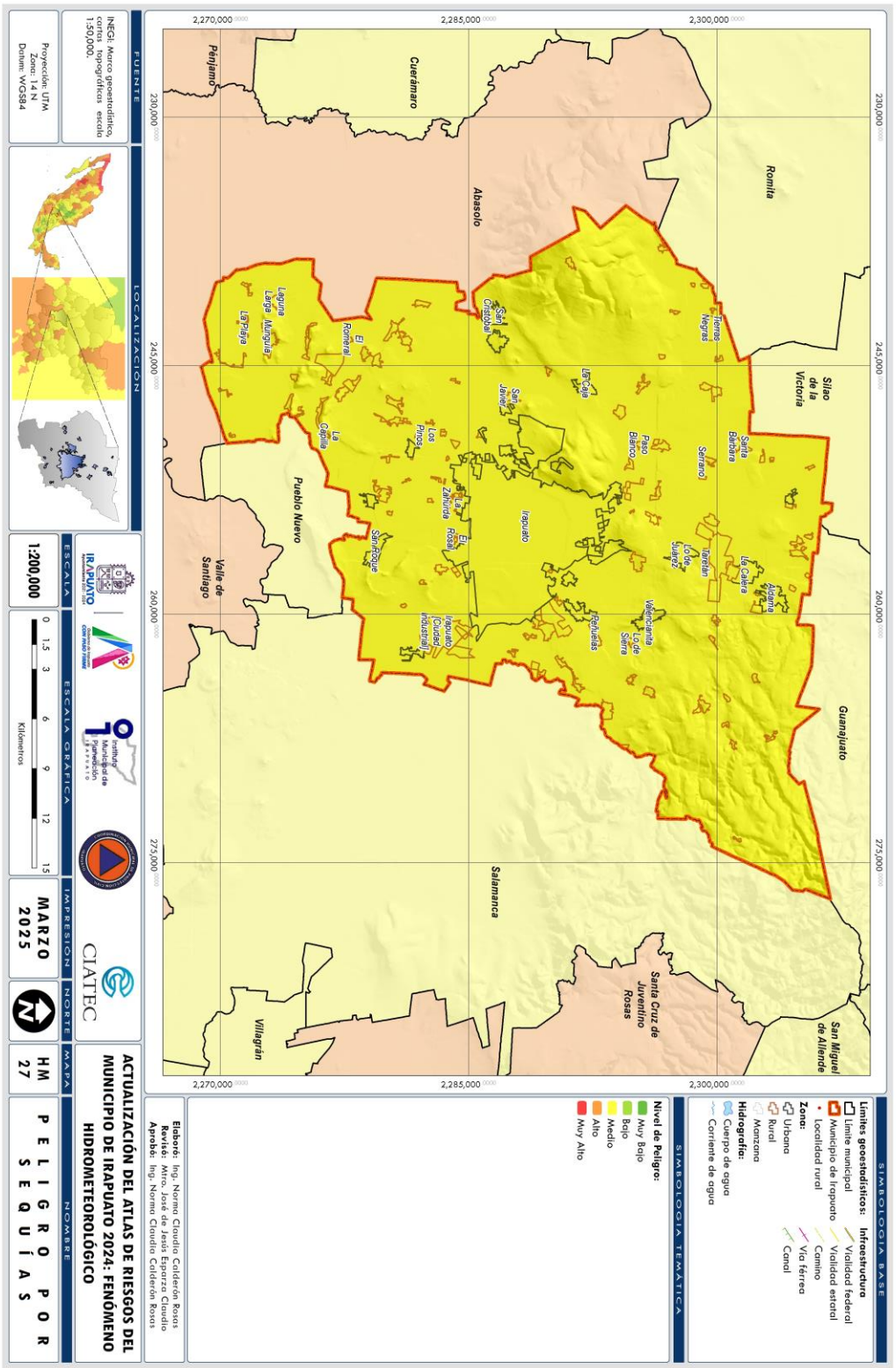


Figura 36: Grado de peligro por sequía a nivel municipal
Fuente: tomado de (SSPC, 2024)



Mapa 27: Nivel de peligro por sequías.

X.5 Vulnerabilidad social por sequías

La sequía es un fenómeno natural que, en ciertos contextos, se convierte en una de las amenazas más destructivas para el ser humano. Su impacto, aunque inicialmente puede parecer únicamente ambiental, tiene profundas repercusiones sociales, económicas y de salud, afectando a la disponibilidad de recursos básicos como el agua y la producción de alimentos. En este sentido, los índices de vulnerabilidad social por sequías se han convertido en herramientas esenciales para entender cómo las comunidades se ven afectadas por este fenómeno y para guiar la toma de decisiones en políticas públicas de prevención y adaptación.

El cálculo de estos índices no solo se limita a la medición de variables físicas como las precipitaciones o el nivel de los embalses, sino que también integra factores sociales, económicos y demográficos, los cuales permiten obtener una visión más holística de las comunidades en riesgo.

Un Índice de Vulnerabilidad Social (IVS) es una metodología que combina variables de naturaleza social, económica y ambiental para evaluar el grado de vulnerabilidad de una región ante una sequía. Este índice se calcula integrando varios componentes que incluyen la capacidad de adaptación de la población, el acceso a recursos básicos, las condiciones de salud, el nivel educativo, entre otros. La fórmula para calcular el IVS generalmente involucra la recopilación de datos sobre acceso a agua potable, infraestructura hidráulica, nivel de ingresos, acceso a servicios de salud, entre otros. Finalmente, el IVS es ponderado de acuerdo con la importancia relativa de cada factor, y el resultado es una clasificación que permite identificar las áreas más vulnerables. Para el análisis de IVS para el municipio de Irapuato se propuso la siguiente ecuación:

$$IVS = 0.3 * (P_{0A14} + P_{65YMAS}) + 0.2 * P_{CONDISC} + 0.1 * PE_{INAC} + 0.1 * P_{SINDER} + 0.1 * VPH_{S_ELEC} + 0.2 * VPH_{AGUAFV}$$

Donde:

IVS	Índice de vulnerabilidad social.
P_{0A14}	Población de 0 a 2 años.
P_{65YMAS}	Población de 65 años y más.
$P_{CONDISC}$	Población con discapacidad.
PE_{INAC}	Población de 12 años y más no económicamente activa.
P_{SINDER}	Población se afiliación a servicios de salud.
VPH_{S_ELEC}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica.
VPH_{AGUAFV}	Viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada en el ámbito de la vivienda.

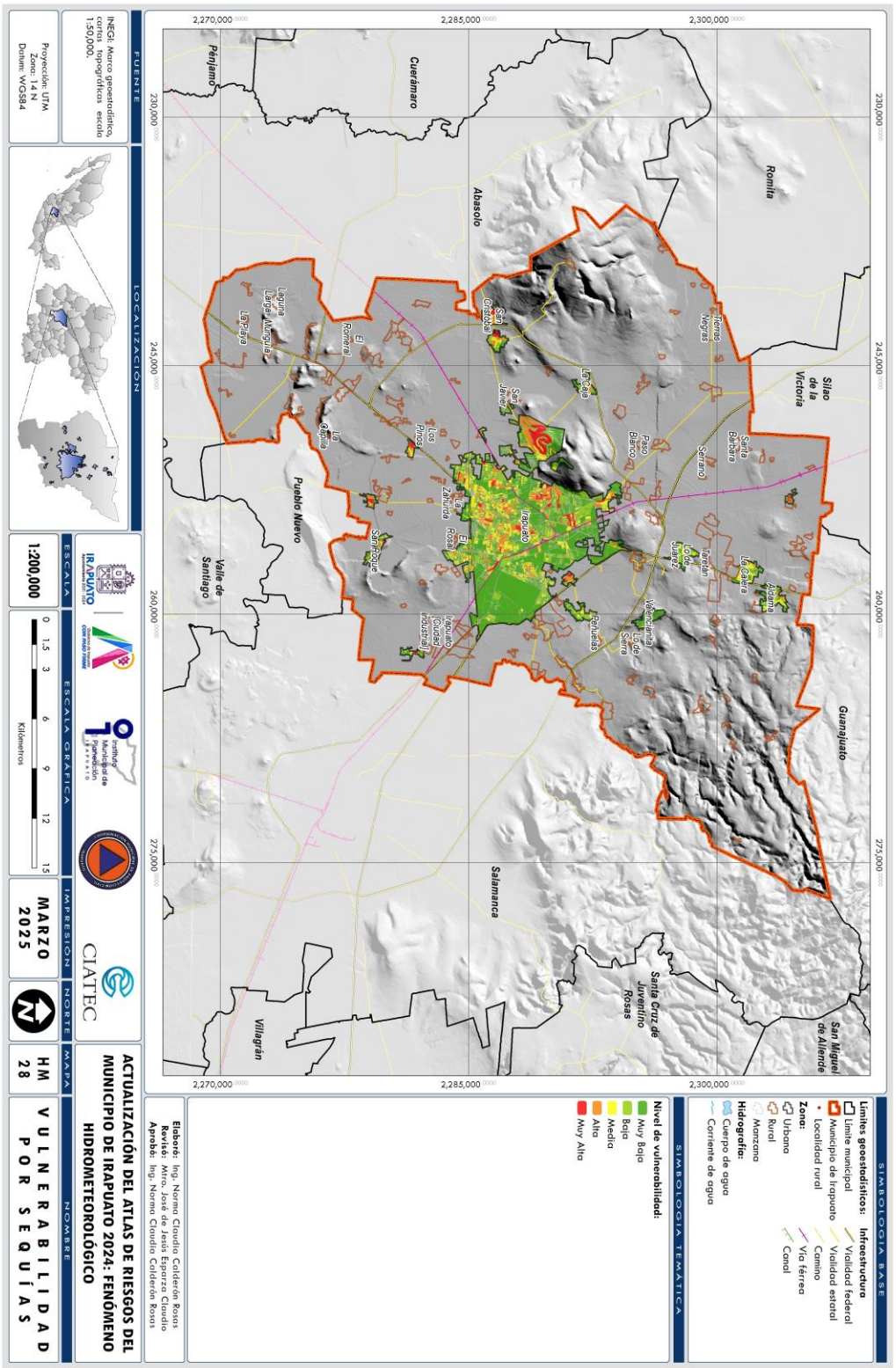
Los efectos de las sequías pueden afectar a toda la población, pero ciertos grupos de edad son más vulnerables debido a sus características biológicas, socioeconómicas y dependencias específicas. Los rangos de edad más vulnerables a los efectos de las sequías suelen ser los siguientes:

Tabla 37: Vulnerabilidades principales a sequías por tipo de población.

Población	Vulnerabilidades principales
Niños (0 a 14 años)	- Desnutrición y malnutrición: Los niños pequeños son especialmente vulnerables a la desnutrición, ya que dependen de una ingesta adecuada de alimentos y agua para su desarrollo físico y cognitivo. La falta de acceso a alimentos nutritivos durante una sequía puede afectar su crecimiento y aumentar la mortalidad infantil. - Agua potable y enfermedades: Los niños también son más susceptibles a enfermedades transmitidas por el agua, especialmente en situaciones de sequía donde las fuentes de agua son limitadas o contaminadas. - Acceso limitado a educación: En muchas regiones afectadas por sequías, las familias se ven obligadas a migrar en busca de recursos, lo que interrumpe la educación de los niños y adolescentes, afectando su desarrollo a largo plazo.
Adultos mayores de 65 años	- Deshidratación y enfermedades relacionadas: A medida que las personas envejecen, su capacidad para mantener una hidratación adecuada disminuye. Esto los hace más propensos a deshidratación y enfermedades relacionadas con el calor, como golpes de calor, especialmente durante las sequías prolongadas y las altas temperaturas. - Condiciones de salud preexistentes: Los adultos mayores a menudo padecen enfermedades crónicas (como diabetes, hipertensión, problemas cardiovasculares), que pueden empeorar debido a la falta de agua, alimentos adecuados o atención médica durante una sequía. - Aislamiento social: Las personas mayores pueden experimentar aislamiento social durante las crisis de sequía, especialmente si no tienen acceso a recursos o si viven en zonas rurales de difícil acceso, lo que les dificulta obtener ayuda.
Jóvenes y adultos trabajadores	- Impacto en los ingresos y empleo: Aunque este grupo no es tan vulnerable desde una perspectiva fisiológica como los niños y los adultos mayores, la sequía puede tener un impacto económico significativo en los adultos que dependen de la agricultura, ganadería o trabajos informales. La escasez de recursos hídricos y la pérdida de cosechas puede llevar a la pérdida de empleos, empobrecimiento y migración forzada. - Aumento de la carga emocional: La presión económica, sumada a la inseguridad alimentaria, puede causar estrés, ansiedad y problemas de salud mental en los jóvenes y adultos, lo que a largo plazo puede afectar su bienestar.

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, los polígonos urbanos que concentran una gran parte de la población, enfrentan una vulnerabilidad particular cuando se trata de gestionar el suministro de agua; contraria la creencia de que la sequía no solo afecta la disponibilidad de recursos naturales, como el agua y los alimentos, también tiene un impacto directo en la salud pública. Las altas temperaturas, la escasez de agua potable y la desnutrición son solo algunos de los efectos que las sequías pueden tener sobre las poblaciones más vulnerables. En este contexto, el acceso a los servicios de salud y la derechohabiencia se convierten en factores clave para mitigar los efectos negativos de la sequía. Garantizar que toda la población pueda acceder a atención médica adecuada durante estos eventos es fundamental para preservar la salud, prevenir brotes de enfermedades y promover la resiliencia comunitaria.



Mapa 28: Vulnerabilidad por sequías

De acuerdo con el mapa anterior, cerca del 56% de AGEBs están clasificadas con vulnerabilidad Muy Baja, otro 25% con vulnerabilidad Baja, 13% con vulnerabilidad media, un 5% con vulnerabilidad Alta, y menos del 1% con vulnerabilidad Muy Alta.

Tabla 38: Cuantificación de AGEBs por nivel de vulnerabilidad social a sequías.

	Vulnerabilidad				
Localidad	**Muy Baja**	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy Alta**
Aldama	102	14	10	1	0
Cuarta Brigada	33	10	4	1	1
Cuchicuato	16	13	10	3	1
El Carrizal Grande	45	20	5	0	0
El Carrizalito	24	8	1	3	2
Irapuato	2,878	1,415	756	278	38
La Caja	16	9	1	2	0
La Calera	65	15	14	4	0
Lo de Juárez	58	18	12	0	0
San Antonio el Rico	12	6	0	3	1
San Cristóbal	19	9	4	6	2
San Roque	62	24	7	6	2
Santa Elena de la Cruz	4	3	3	4	1
Tomelopitos	23	1	2	5	1
Valencianita	125	9	2	1	0
TOTAL	**3,482**	**1,574**	**831**	**317**	**49**

Fuente: elaboración propia.

X.6 Riesgo por sequías

Si bien los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), establecidos por las Naciones Unidas en 2015, constituyen una hoja de ruta global para erradicar la pobreza, proteger el planeta y garantizar la prosperidad para todos hacia 2030, entre los desafíos más apremiantes que amenazan el cumplimiento de los mismos se encuentran las sequías por sus impactos significativos en múltiples dimensiones del desarrollo sostenible, por mencionar los siguientes:

ODS 2: Hambre Cero: la escasez de agua afecta la producción agrícola, disminuyendo los rendimientos de los cultivos y aumentando la inseguridad alimentaria. Las comunidades rurales dependen en gran medida de la agricultura, por lo que las sequías pueden agravar la pobreza y el hambre

ODS 6: Agua Limpia y Saneamiento: las sequías reducen la disponibilidad de agua potable, afectando el acceso equitativo al agua y al saneamiento; esto compromete la salud pública y el bienestar de las comunidades, especialmente en regiones vulnerables

ODS 13: Acción por el Clima: las sequías son tanto una consecuencia como un catalizador del cambio climático. La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la adaptación a los impactos climáticos son esenciales para mitigar la frecuencia e intensidad de las sequías

ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres: las sequías contribuyen a la degradación de los suelos y la desertificación, amenazando la biodiversidad y la sostenibilidad de los ecosistemas terrestres. La gestión sostenible de los recursos naturales es crucial para preservar la vida en la Tierra

Para calcular el costo del daño anual esperado de enfermedades y decesos relacionados con la falta de agua potable y enfermedades gastrointestinales en el municipio de Irapuato durante los últimos 15 años, se requiere información específica sobre varios factores. A continuación, se describe una metodología general para hacer este cálculo.

X.6.1 Metodología

X.6.1.1 Recolección de datos necesarios:

Para calcular los costos, es necesario acceder a los siguientes datos de Irapuato:

- Tasa de incidencia de enfermedades gastrointestinales: Cuántos casos de enfermedades gastrointestinales (como diarrea, infecciones estomacales, etc.) se han registrado en los últimos años en el municipio.
- Número de decesos por enfermedades gastrointestinales: Cuántos fallecimientos se han producido debido a estas enfermedades en el mismo período.
- Costo del tratamiento de enfermedades gastrointestinales: El costo promedio de tratar una enfermedad gastrointestinal, tanto en hospitales públicos como privados.
- Costo de un deceso: El costo promedio asociado a la atención de un deceso, considerando gastos médicos, funerarios, y otros costos indirectos.
- Número de personas afectadas por la falta de agua potable: Cuántas personas han tenido acceso limitado o nulo a agua potable, o han dependido de fuentes inseguras.

X.6.1.2 Cálculo del costo total de enfermedades

Para calcular el costo anual de las enfermedades gastrointestinales, se multiplica el número de casos reportados por el costo promedio de tratamiento de cada caso.

$$CAE = \Sigma CA * CPTC$$

Donde:	CAE	Costo anual de enfermedades.
	ΣCA	Número de casos anuales.
	$CPTC$	Costo promedio de tratamiento por caso

X.6.1.3 Cálculo del costo de los decesos

Para calcular el costo de los decesos, se multiplica el número de decesos anuales por el costo asociado con un deceso, que puede incluir gastos médicos y funerarios.

$$CAD = \Sigma DA * CPTC$$

Donde:	CAD	Costo anual de decesos.
	ΣCA	Número de decesos anuales.
	$CPTC$	Costo promedio de deceso.

X.6.1.4 Cálculo del costo total anual esperado

El costo total esperado de enfermedades y decesos relacionados con enfermedades gastrointestinales será la suma de los costos de las enfermedades y los decesos.

$$CTAE = CAE + CAD$$

Donde:	$CTAE$	Costo total anual esperado.
	CAE	Costo anual de enfermedades.
	CAD	Costo anual de decesos.

X.6.1.5 Cálculo del costo acumulado a lo largo de 10 años

Finalmente, para obtener el costo acumulado de los daños a lo largo de 10 años, se multiplica el costo total anual esperado por 10.

$$CT_{10A} = CTAE * 10$$

Donde: CT_{10A} Costo acumulado a lo largo de 10 años.
$CTAE$ Costo total anual esperado.

X.6.2 Memoria de cálculo

Se realizó la consulta relativa a casos de morbilidad y mortandad para el municipio de Irapuato, obtenido los siguientes, (Salud S. d., 2024):

- Número de casos anuales de enfermedades gastrointestinales: en los últimos 5 años, se han presentado 9,200 casos.
- Costo promedio de tratamiento de una enfermedad gastrointestinal: $ 2,200.00 pesos.
- Número de decesos anuales: 18,400 decesos.
- Costo promedio asociado a un deceso: $ 25,000 MXN (incluyendo trámites y gastos funerarios).

El costo anual de las enfermedades gastrointestinales corresponde a:

$$CAE = 9{,}200 * \$2{,}200.00 = \$20{,}240{,}000.00$$

El costo de los decesos corresponde a:

$$CAD = 18{,}400 * \$25{,}000.00 = \$460{,}000{,}000.00$$

El costo total esperado de enfermedades y decesos corresponde a:

$$CTAE = \$20{,}240{,}000.00 + \$460{,}000{,}000.00 = \$480{,}240{,}000.00$$

Finalmente, el costo acumulado de los daños a lo largo de 10 años, corresponde a:

$$CT_{10A} = \$480{,}240{,}000.00 * 10 = \$4{,}802{,}400{,}000.00$$

La sequía es un peligro natural que puede ocasionar graves impactos en los distintos sectores socioeconómicos de un municipio, estado o toda una nación por el alcance de

sus efectos hablando de superficie siniestrada. Es capaz de perturbar drásticamente las actividades humanas, el desarrollo social y el ambiente, de lo cual ningún país, por desarrollado que sea, puede librarse por completo. Por su ubicación, la zona del Bajío ha sufrido los efectos adversos de las sequías de manera frecuente y persistente. A través de su historia ha sido implementada una gran diversidad de medidas con el propósito de prevenir o atenuar sus impactos. Estas medidas van desde aquellas que tienden a influir directamente sobre el clima mediante rogativas a dioses y santos, hasta el uso de tecnologías avanzadas y la instauración de políticas públicas nacionales para aminorar las repercusiones de la sequía en la economía y la sociedad.

Cuando se habla de sequía hidrológica se refiere a un fenómeno que puede extenderse por varios años como consecuencia de la disminución de lluvias, afectando los escurrimientos, ríos, presas y acuíferos, (Velazco, 2005), es decir, la disponibilidad de recursos hídricos en general (IPCC, 2022). Es un evento complejo, disruptivo y extenso, cuya naturaleza provoca que, generalmente, solo se piense en confrontar sus impactos por medio de la adaptación, dejando de lado la mitigación.

A pesar de que en cualquier zona puede presentar sequías, globalmente existen regiones más propensas a experimentarlas, entre ellas, el Bajío Guanajuatense. El estado de Guanajuato presenta distintas precipitaciones medias por zonas, sin embargo, las repercusiones por sequía tienden a ser más graves debido a dos factores particulares:

1. La relación precipitación-demanda
2. Los niveles de vulnerabilidad de la población.

La resiliencia se entiende como la capacidad que tiene un sistema para absorber impactos externos sin perder funcionalidad, por lo que provee las herramientas necesarias para la renovación y reorganización dentro de contextos variables e impredecibles. Un sistema resiliente es capaz de sobrellevar los impactos de fenómenos como las sequías y, además, es sensible a las oportunidades de desarrollo e innovación (Rockström, 2003).

Incrementar la resiliencia a sequías de los sistemas, tanto sociales como ecológicos, implica mejorar la probabilidad que tienen los servicios ecosistémicos para regenerarse y seguir beneficiando a las actividades antropogénicas, como la agricultura y la ganadería. Ejemplos de mecanismos que favorecen la resiliencia son:

1. Los planes regionales de manejo y distribución de los recursos hídricos y del suelo, donde se puede considerar el uso de sistemas de irrigación eficientes, el monitoreo subterráneo (Lalani, 2011), cambios en los calendarios de producción agrícola y reducción del área de cultivo para disminuir la erosión del suelo y su capacidad de captación pluvial (Dobler-Morales y Bocco, 2021)
2. La planificación para emergencias, como los bancos y reservas de alimentos locales y personales (Dobler-Morales y Bocco, 2021; Rockström, 2003)
3. La diversificación de las actividades productivas rurales (Dobler-Morales y Bocco, 2021).

Parte de estas estrategias están incluidas en el Programa Nacional Contra la Sequía (PRONACOSE), que implementa medidas preventivas como el monitoreo de sequías en todo el país a través del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), atención a la población por medio de la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones (CIASI), la asignación de recursos del Fondo de Desastres Naturales (FONDEN) para ejecutar programas de manejo de agua y suelo federales y el establecimiento de un protocolo legal administrativo que reconoce a las sequías como una emergencia nacional (Ortega-Gaucin, Drought Risk Management in Mexico: Progress and Challenges, 2016). De todos los elementos mencionados, se pueden tomar las bases para crear el programa especial contra sequías en el municipio de Irapuato.

Figura 37: Infografías relativas a la conmemoración del día contra la desertificación y la sequía en México.

Fuente: tomado de https://www.gob.mx/inifap y https://www.gob.mx/semarnat

No obstante, persisten algunos retos. Actualmente, la respuesta colectiva e individual se enfoca mayoritariamente en el contexto rural, mientras que el entorno urbano se ha dejado de lado. Por otra parte, las medidas de adaptación solo pueden prevenir los efectos de las sequías hasta cierto punto, por lo que salvaguardar y restablecer la integridad de los sistemas hídricos, como cuencas, ríos, presas y humedales, resultan ser una prioridad.

XI. TORMENTAS DE GRANIZO

Las tormentas de granizo son fenómenos meteorológicos que han fascinado y aterrorizado al ser humano desde tiempos inmemoriales dado su estruendo durante su ocurrencia, generalmente antes de que comenzar un evento de lluvia. El granizo, una forma de precipitación sólida, se caracteriza por ser una masa de hielo que cae de las nubes durante tormentas violentas, a menudo acompañadas de lluvias intensas y truenos. Este fenómeno, que ocurre principalmente en áreas con climas templados y en zonas de altitud elevada, tiene una serie de implicaciones tanto para los ecosistemas como para la sociedad humana.

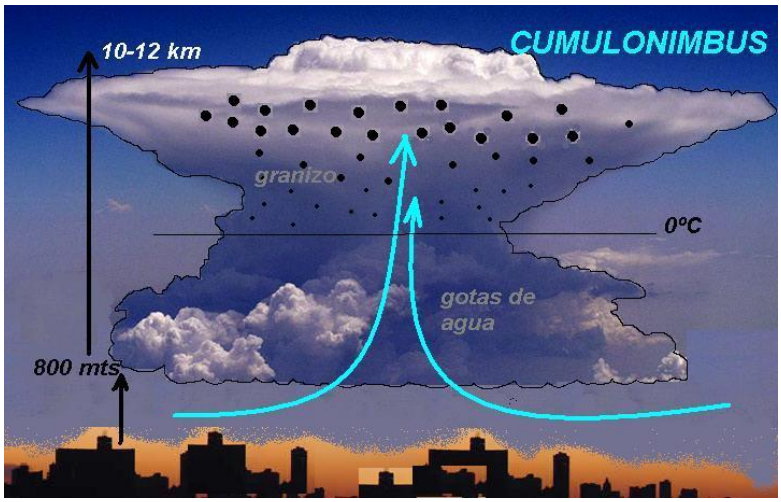


Figura 38: Formación de tormenta de granizo en la atmósfera.
Fuente: tomado de (CAM, 2015).

XI.1 Definición y formación del granizo

El granizo es una forma de precipitación que consiste en esferas o fragmentos de hielo; estas partículas de hielo se forman dentro de nubes de tormenta del tipo cumulonimbos en condiciones de alta inestabilidad atmosférica. La formación de granizo comienza cuando una gota de agua es llevada hacia la parte superior por corrientes ascendentes

dentro de la nube. En las partes más altas de la nube, las temperaturas bajo cero congelan estas gotas, formando pequeños cristales de hielo. A medida que la partícula de hielo es arrastrada por las corrientes ascendentes de la nube, se encuentra con más gotas de agua que se congela alrededor de ella, formando capas sucesivas de hielo.

Cuando el granizo alcanza un tamaño suficientemente grande, las corrientes de aire ya no pueden mantenerlo suspendido y cae a la tierra debido a la gravedad. El tamaño del granizo depende de la fuerza de las corrientes ascendentes dentro de la nube y de la cantidad de gotas de agua que logran congelarse a la partícula original. Los granizos pueden variar desde pequeños fragmentos de hielo del tamaño de un guisante hasta grandes bolas de hielo de varios centímetros de diámetro. La intensidad de una tormenta de granizo está directamente relacionada con la fuerza de estas corrientes y las condiciones atmosféricas prevalentes.

Figura 39: Estimación del tamaño del granizo de acuerdo a la NOAA[3].
Fuente: tomado de gob.mx/CONAGUA.

XI.1.1 Afectaciones al ser humano por la ocurrencia de tormentas de granizo

Las consecuencias más inmediatas y visibles que el granizo puede causar es el daño a la propiedad, así como a los cultivos agrícolas, ya que las bolas de hielo pueden destruir cosechas enteras en cuestión de minutos. En áreas rurales y agrícolas, los daños a la producción de alimentos debido a tormentas de granizo pueden tener efectos económicos devastadores. Los agricultores se ven obligados a hacer frente a la pérdida

[3] Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, sigla en inglés)

de productos, lo que puede derivar en un aumento en el costo de los alimentos y en la alteración de las cadenas de suministro alimentario.

Además, las tormentas de granizo pueden causar daños significativos a la infraestructura, como vehículos, viviendas y techos. Los techos de las casas y edificios comerciales son especialmente susceptibles, y los daños pueden ser costosos de reparar. Los vehículos estacionados al aire libre también sufren daños considerables, con parabrisas rotos y abolladuras en la carrocería. Las tormentas de granizo también pueden provocar interrupciones en el suministro de electricidad y comunicaciones, especialmente si los árboles caen sobre las líneas eléctricas o las torres de telecomunicaciones.

Figura 40: Daños a infraestructura y cosecha de trigo por tormenta de granizo en Irapuato.
Fuente: tomado de www.tvcuatro.tv/noticias y www.notus.com.mx

XI.1.2 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

En el primer atlas del municipio de Irapuato, el componente de tormentas de granizo fue evaluado bajo la metodología nivel 1 de las ***"Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo"***, las cuales mencionaban la obtención de una base de datos climatológicos con los valores de número de días con granizo, trazar isolíneas con los valores obtenidos, el procedimiento es realizado mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica. Con dichos requerimientos, se elaboró el siguiente mapa:

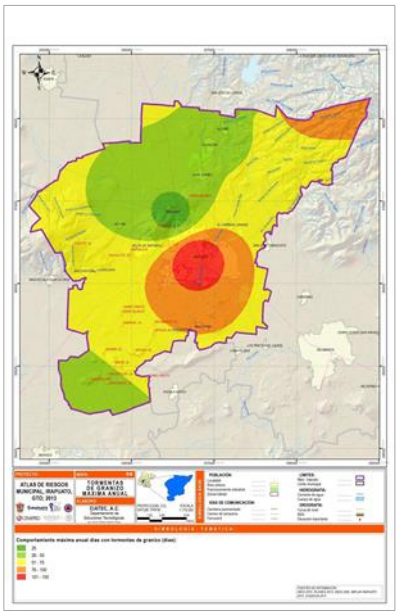


Figura 41: Mapa de valores máximos anuales de días con tormentas eléctricas.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

XI.2 Susceptibilidad por tormentas de granizo

En el caso del municipio de Irapuato, considerando la base de datos de CONAGUA relativa a días con tormentas de granizo, se estima la probabilidad de que al menos ocurra un evento que pueda afectar al municipio. Se considera a este fenómeno como un evento independiente que ocurre aleatoriamente en el tiempo; bajo estas condiciones se usa la distribución de Poisson, ya que el fenómeno puede ser visto como un proceso de llegadas a un sistema por temporada; la fórmula utilizada es:

$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{k}}{k!}$$

Donde:

X	Número de días con tormentas de granizo al año
λ	Número promedio de días con tormentas al año (tasa de ocurrencia)
k	Número de días con tormentas que se desea evaluar, (ej.: 0, 1, 5, 10…)
e	2.71828 (base de los logaritmos naturales)

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de la distribución de Poisson, tanto para la función de masa de probabilidad de que el número de eventos ocurridos será exactamente x, así como la probabilidad acumulativa de que el número de eventos aleatorios ocurridos estará entre 0 y x, para los intervalos de 10, 20, 30 y 40 días.

Este componente presenta una frecuencia menor, con una media anual cercana a 4 días en el municipio de Irapuato. No obstante, los resultados de la distribución de Poisson evidencian que, aunque menos frecuentes, estos eventos mantienen una probabilidad acumulada significativa de ocurrencia a lo largo del año, especialmente en intervalos de 20 y 30 días.

Desde la gestión del riesgo, el granizo representa un peligro de alta severidad potencial, debido a los daños que puede ocasionar en cultivos, viviendas, techumbres ligeras, vehículos e infraestructura urbana. Su baja frecuencia relativa puede contribuir a una menor percepción social del riesgo; sin embargo, el análisis probabilístico demuestra que su ocurrencia no es excepcional y debe ser considerada dentro de los escenarios de riesgo del Atlas de Irapuato.

La incorporación de esta información en el Atlas de Riesgos permite fortalecer acciones preventivas específicas, como la identificación de zonas agrícolas y urbanas más expuestas, la promoción de seguros agropecuarios, la adecuación de normas constructivas y la planeación de respuestas rápidas ante eventos severos. De esta manera, el análisis de Poisson contribuye a una gestión del riesgo más integral, orientada no solo a la frecuencia del fenómeno, sino también a sus posibles impactos.

Tabla 39: Cálculo de distribución de Poisson para tormentas de granizo.

Estación	Media anual λ	Entero más cercano k	10 días		20 días		30 días		40 días	
			Ex.	Ac.	Ex.	Ac.	Ex.	Ac.	Ex.	Ac.
Abasolo	2.3	2.0	0.18394	0.91970	0.27067	0.67668	0.08422	0.12465	0.00227	0.00277
Agua Tibia	4.2	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
Aldama	2.3	2.0	0.18394	0.91970	0.27067	0.67668	0.08422	0.12465	0.00227	0.00277
Cuerámaro	4.6	5.0	0.00307	0.99941	0.03609	0.98344	0.17547	0.61596	0.03783	0.06709
Irapuato	3.7	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
Los Razos	4.0	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
Mandujano	3.0	3.0	0.06131	0.98101	0.18045	0.85712	0.14037	0.26503	0.00757	0.01034
Pueblo Nuevo	4.0	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
El Chapín	3.0	3.0	0.06131	0.98101	0.18045	0.85712	0.14037	0.26503	0.00757	0.01034
El Conejo	3.5	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
Presa La Purísima	4.4	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925
Presa La Gavia	4.7	5.0	0.00307	0.99941	0.03609	0.98344	0.17547	0.61596	0.03783	0.06709
San Juan Temascatío	3.5	4.0	0.01533	0.99634	0.09022	0.94735	0.17547	0.44049	0.01892	0.02925

Ex.: Exacta, **Ac.**: Acumulada.

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por CONAGUA vía Portal de Transparencia.

XI.3 Peligro por tormentas de granizo

Para el cálculo de este fenómeno se analizaron los datos de 13 de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (los datos se obtuvieron mediante consulta en el Portal de Transparencia de CONAGUA, con número de folio de respuesta 330009425000742, mismos que pueden consultarse en el Anexo 2 del presente documento electrónico), tanto al interior como alrededor del municipio de Irapuato, obteniendo datos del promedio de días con granizo al año. Es importante resaltar que las bases de datos recibidas por CONAGUA, carecen de continuidad en el parámetro de año, lo cual puede deberse a diversos factores como son interrupción de datos, mantenimiento de la estación, falla humana, etc., no obstante, se presenta el análisis con los datos entregados por parte de la dependencia.

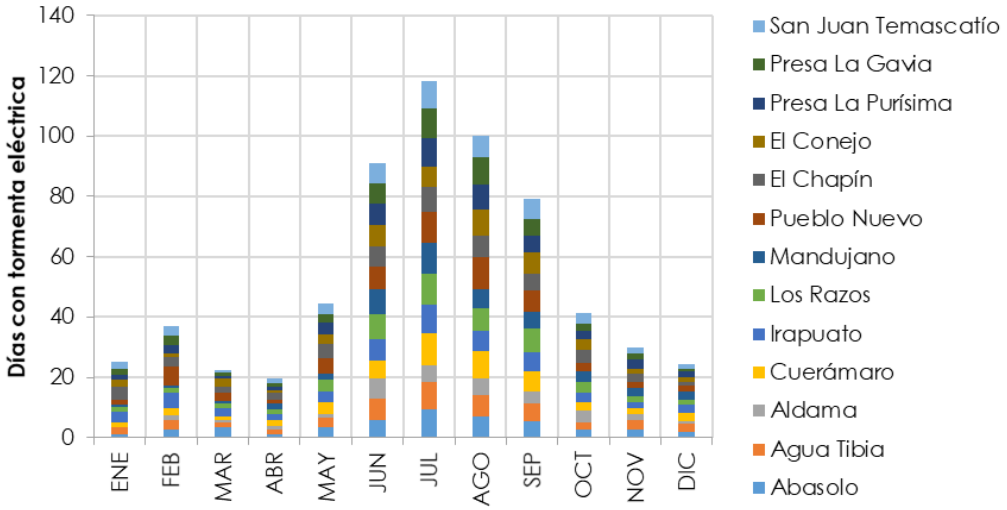
Tabla 40: Análisis de datos referentes a tormentas de granizo al año por estación.

Estación	Años con datos	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio anual
Abasolo	25		1.0	3.0		1.0	1.6	1.3	1.2		1.0	1.0		1.4
Agua Tibia	26	1.5	1.5	1.0	3.3	1.3	2.0	3.8	1.7	1.3	1.0	1.0	1.0	1.7
Aldama	34	7.5	2.0	1.0	1.0	2.1	1.2	1.2	1.2	2.1	1.0	1.0		1.9
Cuerámaro	27	3.8	1.5	1.3	2.0	3.9	5.1	10.3	6.4	6.3	6.8	2.8	3.5	4.5
Irapuato	60	2.4	1.5	1.5	1.4	1.9	3.5	5.2	6.1	5.1	3.3	1.7	1.9	3.0
Los Razos	22	1.5	2.0		3.0	1.1	1.7	1.5	1.5	1.0	1.0			1.6
Mandujano	19	1.0	1.3	2.0	1.0	1.2	3.0	6.4	4.5	3.0	2.3	1.5	1.0	2.4
Pueblo Nuevo	15	1.3	1.0	2.0	1.0	2.8	4.4	6.7	7.0	3.2	1.0	1.0		2.8
El Chapín	28	5.8	2.0	1.7	2.8	6.5	8.9	10.9	9.6	8.6	8.2	3.3	2.0	5.8
El Conejo	28		1.0	2.0	1.0	1.0	1.2	1.1	1.6	1.2	1.3			1.3
Presa La Purísima	9		1.0		1.0	1.0	1.8	1.3	2.3	1.0	1.0	3.0		1.5
Presa La Gavia	11		1.0			1.0	1.6	2.0	2.0	1.5	1.0	3.0		1.6
San Juan Temascatío	12				1.0	1.0	1.3	1.3	2.0	1.2	1.0	2.0		1.4

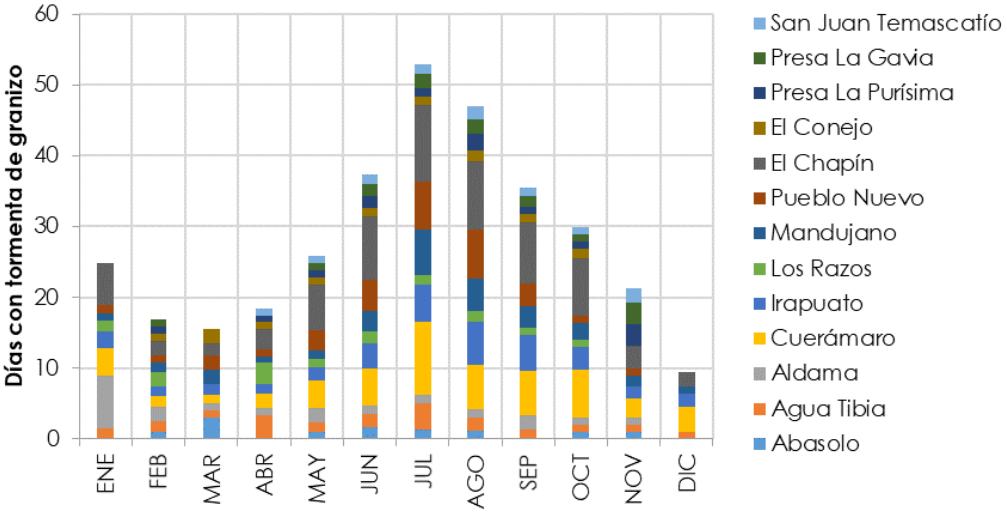
Fuente: elaboración propia con base en Normales climatológicas por estado.

De acuerdo con los datos de la tabla anterior, los meses con mayor presencia de días con tormenta de granizo son de junio a septiembre para el municipio de Irapuato, siendo julio el mes con mayor presencia de

este evento meteorológico, (ver siguiente gráfica



Gráfica 9). Los datos analizados indican que, el promedio anual para el municipio de Irapuato es de 2.4 días con tormenta de granizo.



Gráfica 8: Comportamiento mensual de días con tormenta de granizo por estación analizada.
Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por CONAGUA vía Portal de Transparencia.

Posteriormente, mediante la ubicación geográfica de las estaciones, los datos promedio se procesaron bajo métodos SIG propios del software ArcGIS 10.8 mediante la herramienta de interpolación *Natural Neighbor* (Vecino más cercano), la cual encuentra el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre ellas con base en áreas proporcionales para interpolar un valor. En el tema de peligro, CENAPRED estableció un índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG) el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con granizo del Atlas Nacional de

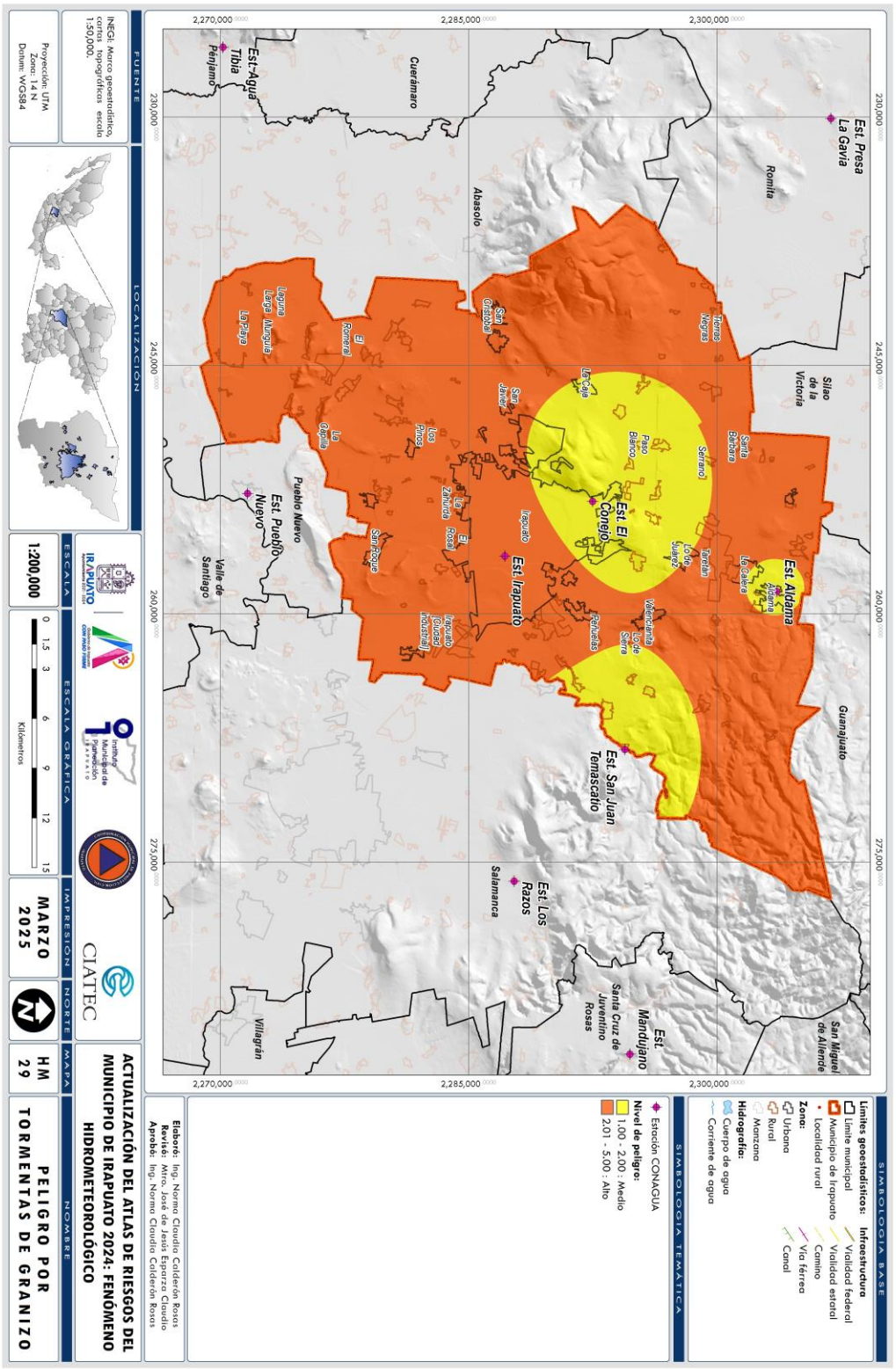
Riesgos (SSPC, 2024), donde a cada uno de los intervalos se le asignó un valor el cual se calculó a partir de las diferencias de los límites superiores de los intervalos de los números de días con granizo, para después calcular el índice a partir de cada valor dividido entre el dato más alto.

Tabla 41: Nivel de peligro con base en el IPTG de CENAPRED.

Número de días con tormenta de granizo	Nivel de peligro
Sin granizo	Muy Bajo
0 – 1	Bajo
1 – 2	Medio
2 – 5	Alto
Mayor a 5	Muy Alto

Fuente:

A continuación, se presenta el resultado de la interpolación de los datos de días con la presencia de tormentas de granizo, (ver Mapa 29).



Mapa 29: Nivel de peligro por tormentas de granizo.

A continuación, se enlistan las colonias en zona urbana por nivel de peligro para el componente de tormentas de granizo.

Tabla 42: Identificación de colonias por nivel de peligro para tormentas de granizo.

Peligro		Nombre de la colonia
Medio	A	Aldama, Alfredo V. Bonfil, Amigos del Camino Real, Ankara, Arandas, Aranzazu.
	B	Bella Vista, Bella Vista (Ampliación), Bellas Artes, Bernardo Cobos (INFONAVIT), Birmingham, Bosques, Bosques de La Pradera, Bugambilias.
	C	Camino Real, Camino Real de Irapuato, Camino Real de Lo De Juárez, Campestre Hurtado (San Gabriel Segunda Sección), Campestre Las Flores, Capilla de Mendoza, Casa Blanca, CBTIS, Ciudad Deportiva..
	D	Daysis, Del Castillo, Diamante
	E	Ejido Lo De Juárez, El Cobano, El Copalillo, El Cortijo, El Dorado, El Laurel, Españita, Estancias Las Palmas, Estrella (Norte).
	F	Flores Magón Norte.
	G	Galaxia El Naranjal, Galaxia Real de Arandas, Godai Living.
	H	Hacienda Las Flores, Hacienda San José de Jorge López.
	I	Inmobiliaria Futurama.
	J	Jalisco, Jardines de Arandas, Jardines de San Antonio, Jardines del Dique, Jardines del Valle, Juárez.
	L	La Caja, La Calera, La Estancia (Sección A), La Estancia (Sección B), La Gavia, La Giralda, La Hacienda, La Pradera, Las Américas, Las Américas (Ampliación), Las Heras, Las Heras (Revolución), Las Heras Segunda Sección, Las Heras Tercera Sección, Las Plazas, Las Terrazas, Las Trojes, Lo De Juárez, Loma Bonita, Lomas De Españita, Lomas del Pedregal, Lomas del Pedregal (Privada Cumbres), Lomas del Pedregal (Sección Camberra), Los Delfines, Los Encinos, Los Encinos Tercera Sección, Los Militares, Los Príncipes, Los Prados, Los Robles.
	M	Masada Residencial, Mediterráneo, Mirador, Miraflores, Misión, Modelo IMSS.
	N	Novaterra.
	O	O'lindo.
	P	Piamonte, Plaza Cibeles, Plaza Las Palmas, Pontevedra, Provincia Cibeles, Puerta De Hierro, Puerta Diamante I, Puerta Real.
	Q	Quinta del Magisterio Primera Sección, Quinta Libertad, Quintas Libertad II.
	R	Residencial Hacienda San Miguel, Rincón de Los Arcos.
	S	San Antonio, San Antonio De Ayala, San Gabriel Primera Sección, San Gabriel Tercera Sección, San José, San José de Jorge López (Villas de San José), San Juan Bosco, San Juan Bosco Dos, San Marino, Santa Cruz, Santa Fe, Santa Fe Segunda Secc., Santa María, Santa María Tercera Sección.
	T	Tabachines, Terracota, Torre Oben, Toscana, Trento Residencial.
	U	UH Laboratorio.
	V	Valle Real, Valle Real Segunda Sección, Valle Real Tercera Sección, Vasco de Quiroga (FOVISSTE), Villa Bonita, Villas de Irapuato Primera y Segunda Sección, Villas de Irapuato Tercera Sección, Villas Las Torres, Villas Podova, Vista Alegre, Vista Hermosa.
	Z	Ziranda.

Peligro		Nombre de la colonia
Alto	#	12 de Diciembre, 18 de Agosto, 24 de Abril, 24 de Diciembre, 5 de Septiembre, 8 de Junio
	A	Álvaro Obregón, Agropecuario San Miguelito, Alameda, Ampl. Cuchilla, Ampliación Morelos, Azteca,
	B	Bajada de San Martín, Balcones de Floresta, Bellavista, Benito Juárez Dos, Benito Juárez Uno, Brisas del Río
	C	Camino Real, Campestre Hurtado (San Gabriel Segunda Sección), Campo Real, Capi, Capilla de Mendoza, Carrizal Grande, Caudillo del Sur, Centenario, Central de Abastos, CERESO Irapuato, Cerrada Altamira, Cibeles, Ciudad de Los Olivos Sección D, Ciudad de Los Olivos Sección E, Ciudad de Los Olivos Secciones A, B Y C, Clínica Médica Celaya, Colón, Colón Segunda Sección, Colón Tercera Sección, Colinas Del Rio II, Constitución de Apatzingán, Constitución de Apatzingán (Ampliación), Constitución de Apatzingán II Sección, Constitución de Apatzingán Segunda Sección, Constitución de Apatzingán Tercera Sección, Cuarta Brigada, Cuarta Brigada (Segunda Sección Ampliación), Cuarta Brigada Segunda Sección, Cuarto Día, Cuchicuato
	D	De la Calzada De Guadalupe, De la Piedra Lisa, De la Salud, De San Cayetano, De San José, De San Miguel, De San Vicente, De Santa Anita, De Santiaguito, Del Bosque, Del Parque, Distrito Federal
	E	El Ángel, El Campanario, El Cantador, El Colonial, El Dorado, El Durazno, El Ejidal, El Encanto, El Encino, El Lago (La Virgen), El Milagro, El Pípila, El Puente, El Ranchito (Independencia), El Refugio, El Rosario, El Trébol, El Vergel, El Zapote del Milagro (Primera Sección), El Zapote del Milagro (Segunda Sección), El Zapote del Milagro (Tercera Sección), Emiliano Zapata I, Emiliano Zapata II, Eratzicuitzio, Ernesto Che Guevara, Esfuerzo Obrero, Esfuerzo y Lucha, Esmeralda, Estrella (Sur), Excélsior, Expo Fresas
	F	Ferrocarrilera, Flores Magón Sur, Fracción San Cayetano, Francisco Villa
	G	Gómez, Ganadera, General Emiliano Zapata III, Godai Living, Granja Saldaña, Guadalupe, Guanajuato, Guerrero
	H	Hacienda Colón, Hacienda La Virgen (Segunda Sección), Hacienda La Virgen Primera Sección, Hacienda Las Bugambilias, Hacienda San Miguelito, Haciendas de Santiago, Haciendas del Carrizal, Horizontes
	I	Ibarra, Ignacio Allende, Independencia, Independiente Benito Juárez, Insurgentes, Irapuato
	J	Jacarandas, Jardines de Irapuato, Jardines De Jerez, Jardines de La Hacienda, Jardines del Country, Josefa Ortiz De Domínguez, Juan Pablo Segundo
	L	Lázaro Cárdenas, Lázaro Cárdenas Segunda Sección, Lázaro Cárdenas Tercera Sección, La Caja, La Calera, La Candelaria, La Candelaria del Zapote, La Candelaria II Sección, La Florida, La Hacienda, La Loma (La Virgen), La Paz, La Pradera, La Rioja, La Valenciana, La Venta, La Virgen, Ladrilleras, Las Águilas, Las Alamedas, Las Animas, Las Arboledas, Las Aves, Las Brisas Primera Etapa, Las Brisas Segunda Etapa, Las Carmelitas, Las Delicias, Las Diligencias, Las Fuentes, Las Fuentes Segunda Sección, Las Heras, Las Heras Segunda Sección, Las Huertas, Las Liebres, Las Luminarias, Las Misiones, Las Pérgolas, Las Palmas, Las Palomas, Las Reynas, Las Reynas Sección Las Rosas, Las Trojes, Lindavista, Lo De Juárez, Lombardía, Los Álamos, Los Ángeles, Los Agaves, Los Agaves II, Los Arcos, Los Castillos, Los Cipreses, Los Duraznos, Los Duraznos II, Los Duraznos III, Los Eucaliptos, Los Fresnos, Los Girasoles, Los Hoyos, Los Huertos, Los Monjes, Los Olivos, Los Paraísos, Los Pinos, Los Presidentes, Los Reyes, Lucio Cabañas, Lupita

Peligro		Nombre de la colonia
	M	Magisterial de Irapuato, Magisterial de Irapuato Dos (Tercera Etapa, Segunda Sección), Masada Residencial, Miguel Hidalgo, Milagro de Santo Domingo, Milagro de Santo Domingo Dos, Militar, Miraflores, Misioneros, Modelo IMSS, Moderna, Morelos, Morelos Ampliación, Municipio Libre
	N	Nassar, Niños Héroes, Nogalia, Nueva Fe del 2000, Nueva Hacienda San Miguel, Nueva Reforma Agraria, Nuevo, Nuevo México
	O	Obrero, O'lindo
	P	Palma de Mallorca, Parador Camionero de Guanajuato, Paseos Florentina, Piamonte, Plan Guanajuato, Plan Vivira, Plan Vivira Ampliación, Playa Azul, Plaza Cibeles, Plaza Las Palmas, Pontevedra, Portones, Predio Rancho de Luna, Primavera, Primaveral, Primero de Mayo, Privada San Diego, Privadas El Campirano, Progresiva El Jaral, Prolongación Moderna, PRONASOL, Pueblito Lindo, Puerta De Hierro, Punto Verde, Purísima de Las Flores Primera Sección, Purísima del Jardín, Purísima del Jardín (Parcela 15), Purísima del Jardín Segunda Sección, Purísima del Progreso,
	Q	Quinta Jacarandas, Quinta Las Villas, Quinta Márquez, Quinta Real, Quinta San Joaquín, Quinta San Sebastián, Quinta Verde
	R	Rafael Galván, Rancho Grande, Real del Lago (Nuevos Colonos Unidos), Reforma, Renovación, Residencial Campestre, Residencial Floresta, Residencial Irapuato, Residencial Los Sauces, Residencial San Francisco, Revolución (Las Malvas), Rincón de Los Arcos, Rincón de Los Arcos II, Rinconada de Balcones, Rinconada de La Hacienda, Rodríguez, Roma
	S	Salinas de Gortari, San Ángel, San Antonio, San Carlos, San Cayetano de Luna, San Cayetano De Luna 1, San Cristóbal, San Francisco de La Charca, San Gabriel Primera Sección, San Gabriel Tercera Sección, San Isidro, San Isidro Labrador, San Javier, San Joaquín Segunda Sección, San José, San José de Jorge López, San Juan de Retana, San Juanito, San Marcos, San Martín de Porres, San Miguelito, San Miguelito El Zapote, San Pedro, San Pedro Primera Sección, San Pedro Segunda Sección, San Roque, Santa Amalia, Santa Bárbara, Santa Cecilia, Santa Cruz, Santa Julia, Santa Sofía, Seguridad 2000, Solidaridad
	T	Tenerías de Irapuato, Tierra Nueva, Tomelopitos, Trento Residencial
	U	UCOPI, UH Laboratorio
	V	Valencianita, Valle de Las Flores, Valle de Las Flores Segunda Sección, Valle del Sol, Valle Verde, Vasco de Quiroga, Villa de Lourdes, Villa Esmeralda, Villa Madrid (Virgen Bonita), Villa San Miguel, Villareal, Villas de Bernalejo, Villas de Irapuato Primera y Segunda Sección, Villas de La Aurora, Villas de San Cayetano, Villas de San Clemente, Villas del Rey, Villas del Sol, Villas del Sur, Villas Las Huertas, Vista Alegre, Viveros Revolución, Vivienda Popular, Vivienda Popular Irapuato (FONHAPO)
	X	XII Región Militar
	Z	Zapote del Milagro (Tercera Sección), Zona Centro

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la identificación de localidades, a continuación, se presentan la tabla pon nivel de peligro:

Tabla 43: Identificación de localidades por nivel de peligro para tormentas de granizo.

Peligro		Nombre de la localidad
Medio	A	Adjuntas, Alfonso Bravo
	C	Casa de Don Chilo (El Mogote del Diablo), Casa del Panadero, Charco Verde (El Águila), CINVESTAV, Colonia el Copalillo (El Chorizo), Colonia el Copalillo (Manuela Pérez), Colonia Lomas del Pavo Real
	D	Doctor Raúl Jaramillo
	E	Ejido de Arandas (La Jordana), El Barrial, El Conejo, El Dorado (Jorge Luis Bravo Bustos), El Italiano [Granja], El Jacalón (Pozo de Miranda), El Jaral (Juan Bustos), El Mogote, El Monte, El Portal (Arriba del Capalillo), El Sauz Bendito, El Triángulo, El Triángulo (Los Sauces), Ex-Hacienda del Copal
	F	Fraccionamiento Comunicadores, Fraccionamiento Hacienda de Aldama
	G	Gabino Vázquez (Las Víboras), Granja el Matoche, Granja Isabelita, Granja la Estacada, Granja las Jacarandas, Granja los Girasoles, Granja los Pinos, Granja los Sauces, Granja Paso Blanco (José Tafolla), Granja Sofía, Granja Zaragoza, Guadalupe de Paso Blanco (El Ranchito)
	J	Jardines Recinto de la Oración, Juan Hernández
	K	Kilómetro 17, Kilómetro 18
	L	La Arena (José Luis Cabrera Martínez), La Casa de Polo, La Costa (Predio San Luis), La Garrida, La Huerta del Naranjal, La Joya, La Loma, La Presita de Arandas, La Santísima Trinidad [Monasterio], La Trinidad de Temascatío, Las Alfalfas, Las Margaritas, Las Presitas, Loma Bonita [Granja], Loma de Juárez (Hermano Mateo), Los Amezquita, Los Chivos [Rancho], Los Reyes, Luis Bravo
	N	Ninguno [La Forrajera], Noria de Camarena, Noria de Royín (Los Jarales), Nueva Colonia Copalillo (El Atorón)
	O	Ojo de Agua de Bermúdez
	P	Paso Blanco, Pozo de Parras, Pozo de Solimán Dos, Pozo del Solimán, Privada 11 de Noviembre, Privada Presita de San José
	R	Rancho el Félix (José Luis Félix Rangel)
	S	San Juan Temascatío, San Judas Tadeo (El Crucero de Serrano), San Nicolás Temascatío, Santo Rostro (Rogelio Fonseca Bustos), Smart [Clúster Industrial]
	U	Unidad Deportiva el Copal
	Z	Zenaida Rocha
Alto	A	Adolfo Hernández (Pozo Dos), Alfonso Rivera Rivera [Antena la Picosa], Alto Canal, Antonio Campos, Apolo [Parque Industrial], Arboledas del Carmen, Arroyo de la Mezquitera, Arroyo Zarco, Bajada de Cuarta Brigada
	B	Betania, Bodega de Cuarta Brigada, Borja [Granja], Buenos Aires
	C	Cándido Navarro, Cañada de la Muerte, Cabañas Loma del Marqués, Camino Real, Cantarranas, Casa de los García, Casa de los Miranda, Casa de los Murillo, Casa de los Ramírez, Casas Blancas, Castillo de Santa Rosa, Castro del Río [Parque Industrial Castro del Río], Cerrito de la Laguna (Lucio Ochoa), Cerro Blanco, Cerro Prieto, Chavacón, Chichíngaro, Colinas del Río, Colonia Arteaga, Colonia de los López (La Gorda Sola), Colonia el Guayabo, Colonia la Soledad, Colonia la Villita de Guadalupe, Colonia los Laureles (Los Pirules), Colonia Morelos de Guadalupe de Rivera, Comederito, Comedero Grande, Comunal Emiliano Zapata, Cooperativa Emiliano Zapata, Corralón Federal
	D	Díaz [Granja], Delta (Bodega de Irapuato) [Bodega], Divisadero (Santa Elena)

Peligro		Nombre de la localidad
	E	Ejido de Aldama, Ejido de Malvas (La Argolla), Ejido del Refugio (Los López), Ejido la Soledad, Ejido Molineros (Gregorio Gutiérrez Juárez), El Arenal, El Borbollón, El Campanero, El Canelo, El Capricho, El Capricho [Granja], El Capulín de Yóstiro, El Carmen, El Cazador [Granja], El Cerrito, El Cerrito de en Medio, El Cerrito de las Huertas, El Coecillo, El Corralón [Granja], El Cuello, El Cuero, El Encino del Copal, El Entronque UCOPI, El Escapulario [Granja], El Espinero (Pedro Ibarra), El Espinero (Rancho de Don Bene), El Fierro (Los Rayas), El Garbanzo, El Huizachal (Antonio Hernández), El Jánamo, El Llanito, El Magueyal, El Mirador [Granja Avícola], El Monte, El Monte (Hacienda Camino Real), El Nacimiento, El Palomar, El Pilar, El Pirul [Granja], El Pistache, El Puente del Agua Negra, El Río, El Romeral, El Rosal, El Rosario, El Rosario (La Empacadora), El Tecomate, El Tecuín (Manuel Pérez Martínez), El Tepehuaje, El Tope, El Venadito, El Venado [Parque Industrial], El Venado de Yóstiro, Estación de Rivera, Estación de Villalobos, Estación Vieyra (Granja Ofelia), Estancia de Buenavista, Estancia del Copal, Ex-Hacienda de Buenavista (El Gabazo), Ex-Hacienda San Miguelito Lote Uno, Ex-Hacienda San Roque
	F	Felipe García Díaz, Figueroa, Fracción el Guayabo, Fracción Lomas de Munguía (Noria de Munguía), Fracción Munguía (El Mayor), Fracción San Miguelito (Luis Mioni), Fraccionamiento Anáhuac (Campo de Tiro), Fraccionamiento Carmelitas Dos, Fraccionamiento Guadalupe Marquez Pantoja
	G	González [Granja], Granja Alberto González, Granja Antonio Zavala (La Zahuárda), Granja Ariel García, Granja Camilo Méndez, Granja Colorines, Granja de Adolfo, Granja de Agustín García, Granja de Don Pancho Rivera, Granja de la Señora Duke, Granja de las Gallinas, Granja de los Castañeda, Granja de los Pollos, Granja de los Sánchez Castañeda, Granja del Pájaro, Granja Don Chon, Granja el Amigo, Granja el Carmen, Granja el Charrito, Granja el Dorado, Granja el Escondite, Granja el Espinero (Fernando Ortega), Granja el Garambullo (El Monte), Granja el Molino, Granja el Porvenir, Granja el Roble, Granja el Rosario Dos, Granja el Tecolote, Granja el Tepamal, Granja el Volador, Granja Fabiola, Granja González, Granja Gonzalo Gutiérrez, Granja Guadalupe, Granja Hernández, Granja Jardín de Guadalupe, Granja Juan Villafaña Vázquez, Granja la Bota (Jesús Aguirre), Granja la Chala, Granja la Charca, Granja la Columna, Granja la Corea, Granja la Cuchilla (Elías Granados), Granja la Encantada (Rancho la Encantada), Granja la Guacamaya, Granja la Joya, Granja la Luz, Granja la Mocha, Granja la Presa, Granja la Providencia, Granja la Quinta Amalia, Granja la Rana (Pedro Gómez), Granja la Sanabria (Francisco Flores), Granja la Virgen, Granja la Zarca, Granja las Cabecitas (Octavio Ramírez), Granja las Carmelitas, Granja las Delicias, Granja las Golondrinas, Granja las Palmas, Granja Loma de Dolores, Granja los Carpio, Granja los Cedros (Rancho los Cedros), Granja los Frausto, Granja los Hernández (Ignacio Hernández), Granja los Lobos, Granja los Martínez, Granja los Tres Potrillos, Granja María Luisa, Granja María Ninfa, Granja Mendoza, Granja Mexicali, Granja Miryam, Granja Murillo Fajardo, Granja Paso Blanco (Piero Zaratinni), Granja Providencia, Granja Providencia de Pérez, Granja Providencia de Pérez (La Campana), Granja Rancho Alegre, Granja Rangel Dos, Granja Rodríguez, Granja Sánchez, Granja San Antonio, Granja San Antonio (Pedro Lunar), Granja San Charbel, Granja San Enrique, Granja San Fernando, Granja San Isidro, Granja San Isidro (Manuel Granados Banda), Granja San Joaquín (Javier Chico), Granja San José de los Pinos, Granja San José de Marañón (Rubín Zanella), Granja San José del Progreso (Calicanto), Granja San Lorenzo, Granja

Peligro		Nombre de la localidad
		San Luis, Granja San Martín, Granja San Miguel, Granja San Pedro (Los Fonseca), Granja San Vicente de Malvas, Granja Sanabria, Granja Sanabria (José Bravo Rico), Granja Santa Rosa, Granja Santa Rosa de la Lima, Granja Silvestre Aldaco, Granja Viborillas (Rancho Viborillas), Granja Villa de Guadalupe, Granja Zavala (Granja Providencia), Guadalupe de Rivera, Guadalupe Villa Cárdenas, Guanajuato [Centro Industrial], Guanajuato [Parque Central]
	H	Hacienda de Márquez
	I	Irapuato [Ciudad Industrial]
	J	Jerónimo Hernández, Jesús Hernández, Jesús Villanueva Martínez, José de Jesús Puga, José Guardado Pérez, José Ignacio Aguerre, Juan Rosales (Los Rodríguez)
	k	Kilómetro 105, Kilómetro 15, Kilómetro Cinco, Kilómetro Ocho
	L	La Adelina (El Pitahayo), La Bota del Monte, La Cabaña, La Capilla, La Casa de Doña Concha, La Chicharra, La Chicharrita, La Chilera, La Cinta de Bernales, La Concepción, La Concepción (Gabriel Aguilera Castañeda), La Concepción (San Miguel del Brete), La Esperancita, La Esperanza, La Esperanza [Rancho], La Florida, La Generala, La Granja, La Granjita (Los Zepeda), La Guaracha, La Libertad, La Lomita, La Luz, La Luz del Día (Ejido de la Sonaja), La Mojonera, La Morada, La Nopalera, La Noria del Chino, La Palma, La Paz, La Pila de los Hernández, La Playa, La Presa de San Antonio (Raúl Rivera), La Presa de San Vicente, La Presa Grande, La Sanabria, La Sixta, La Soledad, La Tinajita, La Zahuárda, La Zarca (La Frente), Laguna Larga, Las Arboledas, Las Carmelitas Tercera Sección, Las Casitas, Las Liebres, Las Longas, Las Malvas (El Resbalón), Las Mercedes [Granja], Las Palomas [Granja], Las Peñitas, Lavadoras, Lo de Sierra, Loma Bonita, Loma de los Conejos, Loma de los Conejos (Rancho Alegre), Loma de San Antonio, Loma las Camelinas, Lomas de Tepamal (Granjas), Lomas del Molino, Lomelí [Granja], Lomita de Malvas, Los Camacho, Los Cisneros, Los Corrales, Los Fresnos, Los Juanes, Los Luises, Los Martínez (La Bajada a San Isidro), Los Pinos, Los Pirinolos, Los Polvorines, Los Reyes, Los Reyes [Granja], Los Sabinos, Los Vázquez, Los Zavala, Lucio Gutiérrez
	M	Mauro Guzmán, Modesto García, Molino de Santa Ana, Munguía
	N	Navarra [Granja], Navidad, Ninguno [Calera], Ninguno [Constructora y Pavimentadora], Ninguno [Empacadora de Carnes], Ninguno [Empacadora de Productos Agrícolas], Ninguno [Empacadora de Zanahorias], Ninguno [Fábrica de Productos para Afeitar], Ninguno [Juan Carlos Hernández], Ninguno [Movimiento Familiar Cristiano], Noé González, Noria de Munguía, Noria Nueva, Nueva Colonia Purísima, Nueva Italia, Nuevo Amanecer, Nuevo Centro Rosario de Covarrubias, Nuevo Ejido de San Lorenzo, Nuevo Ejido Emiliano Zapata, Nuevo Ejido Emiliano Zapata (Francisco Nieto)
	O	Ojo de Agua
	P	Peñuelas, Planada del Guajolote, Potrero de la Noria de Camarena, Pozo Número 2, Predio el Cerrito, Presa de Cabecitas (Salvador), Presa de San Antonio, Privada Paraíso, Providencia de Pérez (El Guantón), Providencia de San Antonio, Puente Blanco, Purísima de Covarrubias, Purísima de Temascatío de Abajo, Purísima de Temascatío de Arriba, Purísima del Progreso
	Q	Quinta Las Palmas (Sergio Hernández Chagoya), Quinta Margarita
	R	Ramiro Delgado, Ranchito de Platas, Rancho Buenavista, Rancho de los Rodríguez, Rancho del Monte, Rancho el Río, Rancho el Varal, Rancho Grande, Rancho la Soledad, Rancho Monteleón, Rancho Nuevo de Dolores (El Cuero), Rancho Nuevo de Yóstiro, Rancho Nuevo del Llanito, Rancho Nuevo del Llanito

Peligro		Nombre de la localidad
		(Los Arévalo), Rancho Nuevo del Llanito (Los Torres), Rancho San Joaquín, Refugio de Munguía, Rivera de Guadalupe, Roberto León (Ejido San Francisco de la Charca), Robles [Granja], Rosario de Covarrubias
	S	Salvador Hernández, San Agustín de los Tordos, San Agustín el Alto (La Araña), San Antonio, San Antonio de Bernales, San Antonio de Chico, San Antonio Texas, San Antonio Texas (Los Corrales), San Carlos, San Diego del Rosal (El Zorrillo), San Francisco de la Charca, San Francisco de la Cruz, San Guillermo, San Ignacio (El Cuatro), San Ignacio (Lucio Pérez), San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua), San Isidro (Vivero San Isidro), San Isidro de Borja, San Isidro de la Cumbre, San Javier, San Jorge, San José, San José de Bernalejo (El Guayabo), San José de Bernalejo (El Ranchito), San José de Cruces, San José de la Laguna (Los Ranchitos), San José de la Sonaja, San José de los Naranjos (Juan Rivera), San José de Marañón, San José de Marañón (La Mocha), San José de Rivera (San José de los Naranjos), San José de Víboras, San Luis del Jánamo, San Luis del Jánamo (El Morado), San Miguel de Villalobos, San Miguel del Brete, San Miguel del Brete (Ángel Rico Fonseca), San Miguelito, San Vicente, San Vicente de Malvas (La Oreja), Santa Bárbara, Santa Cecilia, Santa Elena, Santa Fe de Bernales, Santa Fe de Munguía, Santa María Sección Dos [Granja], Santa Rosa Temascatío (Santa Rosa de la Cruz), Santa Teresa de Aguirre, Serafín [Granja], Serrano, Shangrilá, Sol (Laguna de Abraham) [Agropecuaria]
	T	Tamahula, Taretán, Tejamanil, Tierras Negras, Tinaja de Bernales, Tinajita de Crucitas, Tomelópez, Trejo [Granja], Tronconales
	U	Unidad Habitacional 16 Ciudad Industrial
	V	Valenciana de Yóstiro, Valencianita [Polvorín], Vallejo [Rancho], Venado de San Lorenzo, Vieyra, Villa de Herrera, Villa Verde [Congeladora], Vista Hermosa y Vista Hermosa (San Francisco de la Cruz)

Fuente: elaboración propia.

XI.4 Vulnerabilidad y riesgo por tormentas de granizo

Las tormentas de granizo, aunque llegan a presentarse de manera breve, pueden causar daños significativos a la integridad de la población, la infraestructura y la agricultura. Más allá de los efectos físicos, estos eventos evidencian desigualdades sociales profundas, afectando de forma desproporcionada a las poblaciones más vulnerables.

La vulnerabilidad social se entiende como la susceptibilidad de una población a sufrir daños debido a su exposición a un fenómeno, su capacidad de respuesta y su resiliencia. En el caso de las tormentas de granizo, esta vulnerabilidad es analizada por una combinación de los siguientes factores:

a) Sociales: grupos como niños, personas mayores, mujeres embarazadas y personas con discapacidad motriz enfrentan mayores dificultades para protegerse o recuperarse de los daños.
b) Habitacionales: viviendas construidas con materiales frágiles, como láminas, cartón o plásticos, que no ofrecen resistencia frente al impacto del granizo.
c) Económicos: población con bajo poder adquisitivo que no pueden pagar reparaciones, además de falta de acceso a servicios de emergencia o información meteorológica.
d) Densidad poblacional urbana: aunque con mejor infraestructura, en las grandes zonas urbanas el granizo puede causar daños a vehículos, techos, ventanas y sistemas eléctricos, afectando grandes grupos de personas a la vez.

Con los factores descritos anteriormente, se propuso la siguiente ecuación tomando como base algunos de los descriptores del CPV2020, (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020, 2021):

$$VS_{TorGran} = 0.4(P_{0A14} + P_{65YMAS}) + 0.3P_{DISMOT} + 0.2PE_{INAC} + 0.1VPH_{AUTOM}$$

Donde:

$VS_{TorGran}$	Vulnerabilidad social por tormentas de granizo.
P_{0A14}	Población de 0 a 14 años.
P_{65YMAS}	Población de 65 años y más.
P_{DISMOT}	Población con discapacidad motriz.
PE_{INAC}	Población de 12 años y más no económicamente activa.
VPH_{AUTOM}	Viviendas particulares habitadas que disponen de automóvil o camioneta.

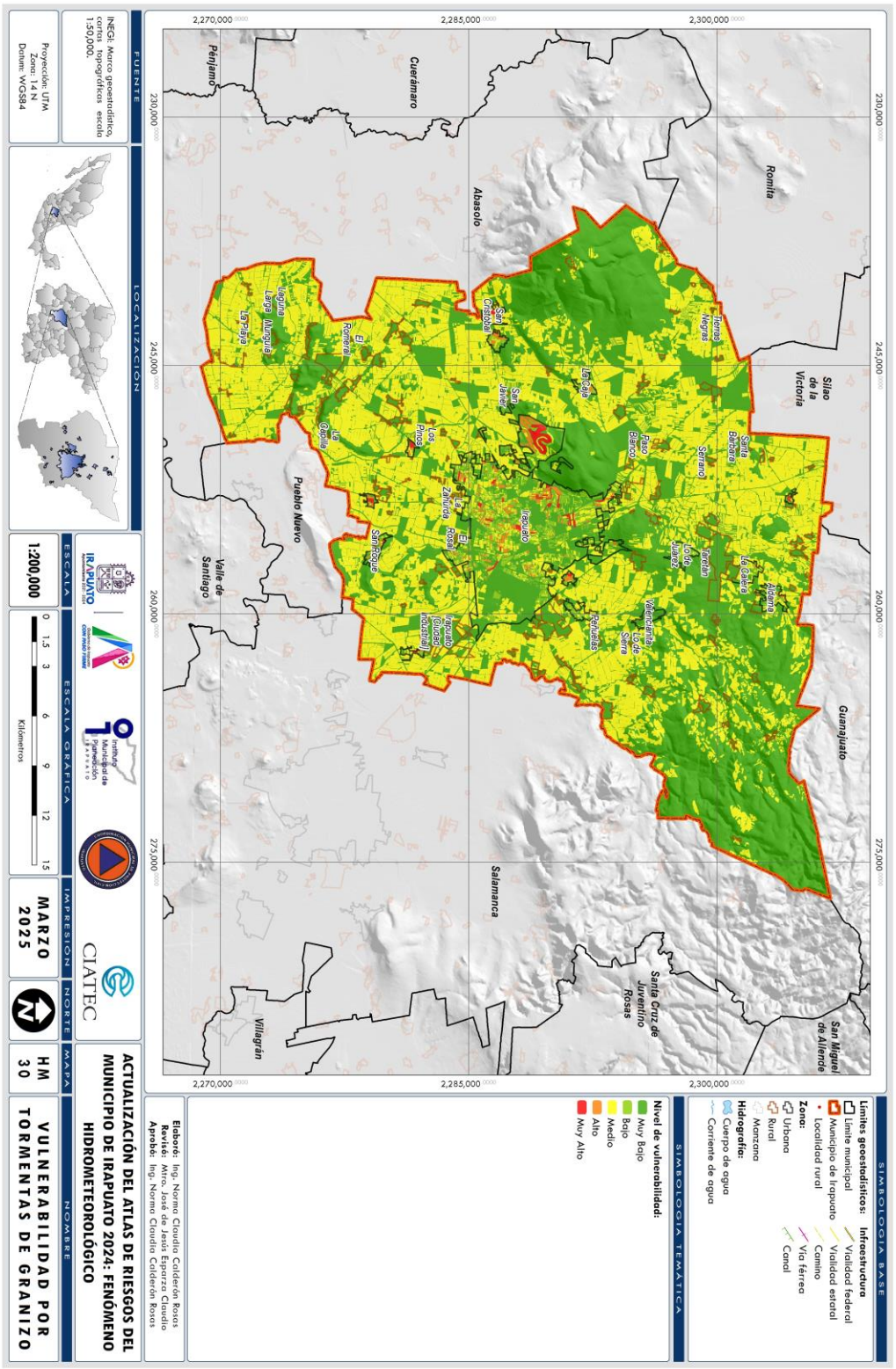
Adicionalmente, se sabe que el cambio climático ha intensificado la frecuencia y severidad de las tormentas de granizo, lo que representa una amenaza creciente para el sector agrícola, (UNAM, Instituto de Geografía, 2024). Estos eventos, caracterizados por la caída repentina de bolas de hielo de diferentes tamaños, pueden destruir cultivos en minutos, ocasionando pérdidas económicas, sociales y ambientales considerables.

Derivado de la velocidad de caída del granizo (la cual depende de su tamaño), éste puede golpear los cultivos y causar grandes daños. El impacto del granizo puede magullar o romper tallos de plantas, arrancar hojas e incluso perforar frutas y verduras. En casos severos, pueden arrasar completamente los cultivos, dejando a los agricultores sin nada que cosechar. Las plantas jóvenes y los cultivos tiernos son particularmente vulnerables a los daños del granizo, ya que sus delicadas estructuras pueden romperse fácilmente por la fuerza del granizo. Por ejemplo, una tormenta de granizo con piedras de gran tamaño

puede perforar frutas, verduras e incluso cereales, dejándolos invendibles o inutilizables para su posterior procesamiento.

Además del daño físico, el granizo también puede afectar la salud general y la productividad de los cultivos. El granizo puede quitar la capa protectora de las hojas, exponiendo las plantas a enfermedades y plagas. Esto deja a los cultivos vulnerables a las infecciones y puede provocar una disminución de su calidad y valor de mercado. Por ejemplo, una tormenta de granizo puede causar hematomas en frutas como manzanas o uvas, haciéndolas no comercializables debido a su apariencia.

En el caso de las zonas agrícolas del municipio de Irapuato, se consideran con peligro Medio a aquellas dedicadas a la actividad bajo cualquier modalidad (riego o temporal), y con peligro Muy Bajo al resto del territorio municipal.



Mapa 30: Nivel de vulnerabilidad por tormentas de granizo.

Para el análisis de riesgo, se recurrió a la formulación de la siguiente matriz, con base en la premisa de que el riesgo de evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 44: Matriz de evaluación de riesgo por tormentas de granizo.

		Vulnerabilidad				
		Muy Baja	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy Alta**
Peligro	**Muy Bajo**	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Medio
	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
	Alto	Bajo	Medio	Medio	Alto	Alto
	Muy Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto

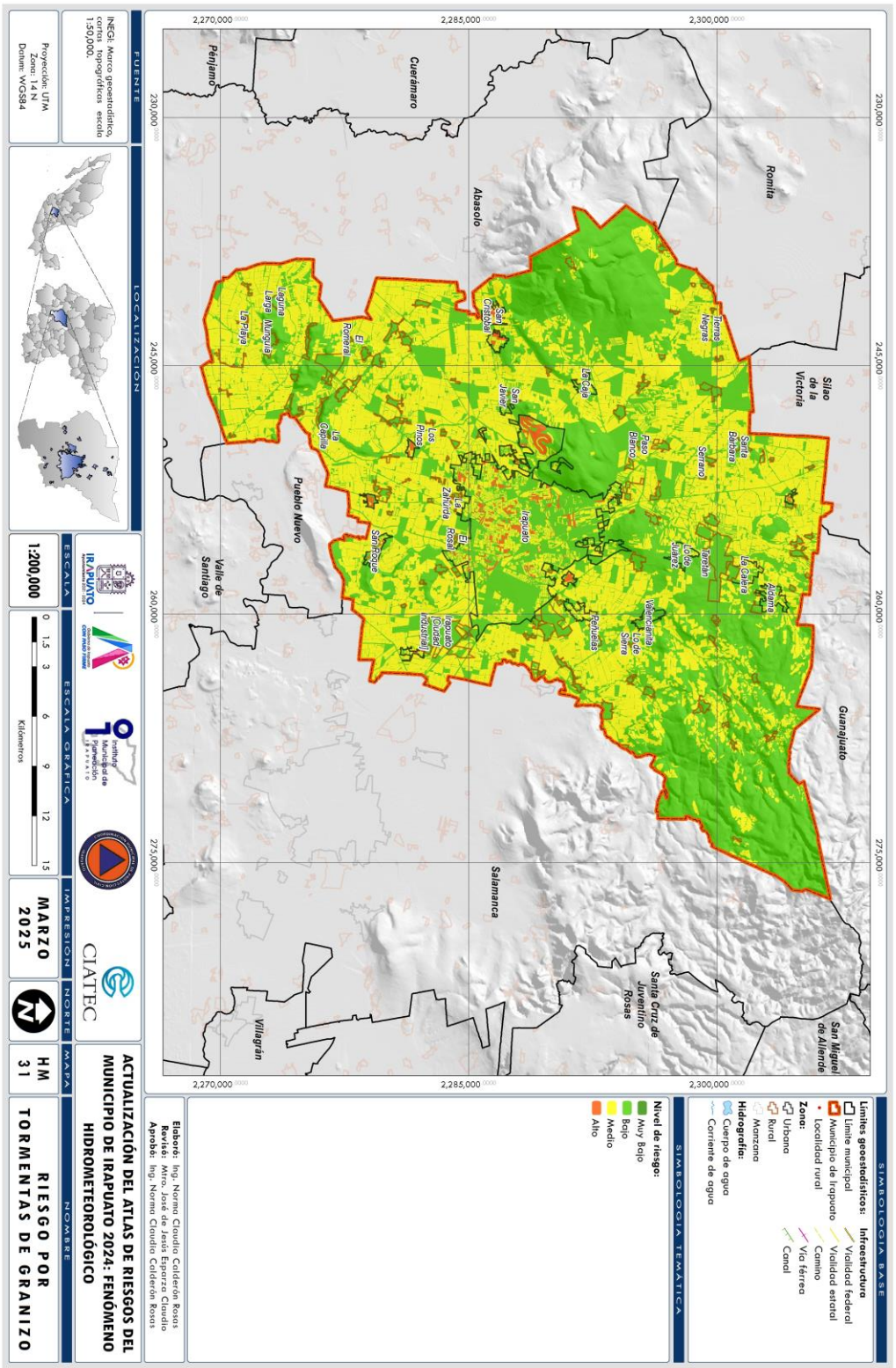
Fuente: elaboración propia.

El análisis realizado muestra que aproximadamente la mitad de municipio de Irapuato (52%) presenta un riesgo Muy Bajo ante la presencia de tormentas de granizo, un 47% presenta riesgo Medio (zona agrícola mayormente), y casi un 1% riesgo Alto (principalmente al suroeste de la cabecera municipal).

Tabla 45: Cuantificación de la superficie municipal por nivel de riesgo de tormentas de granizo.

Riesgo		Superficie municipal
Muy Bajo		0.02%
Bajo		51.98%
Medio		47.14%
Alto		0.86%

Fuente: elaboración propia.



Mapa 31: Riesgo por tormentas eléctricas.

De manera general, la siguiente tabla resume algunas recomendaciones emitidas por CENAPRED sobre las acciones a realizar antes, durante y después de una tormenta de granizo:

Tabla 46: Acciones en caso de ocurrencia de tormenta de granizo.

Etapa	Acciones
Antes	• Mantenerse informado sobre el pronóstico del clima y alertas meteorológicas. • Resguardas vehículos en garajes o bajo techo para evitar daños. • Proteger ventanas y puertas con cortinas gruesas o contraventanas. • Asegurar objetos sueltos en patios, balcones o terrazas que puedan ser arrastrados por el viento. • Identificar zonas seguras en tu hogar, lejos de ventanas y techos de vidrio.
Durante	• Permanece en el interior de una estructura sólida y alejarse de ventanas y puertas de vidrio. • Durante el trayecto en auto, buscar un lugar seguro para detenerse, como bajo un puente o gasolinera. No estacionarse bajo árboles grandes o estructuras inestables. • Evitar utilizar aparatos eléctricos o electrónicos conectados a la corriente, ya que podrían verse afectados por descargas eléctricas. • No salir a recoger granizo ni mover objetos mientras la tormenta esté activa.
Después	• Verificar el estado del techo, ventanas y vehículos para evaluar posibles daños. • Evitar caminar por áreas con cables eléctricos caídos o zonas inundadas. • Revisar techos, canaletas y desagües para asegurarte de que no estén obstruidos por granizo acumulado. • Comunicar a las autoridades locales cualquier daño significativo o riesgo para la seguridad.

Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024).

Figura 42: Recomendaciones ante una eventualidad por tormenta de granizo.
Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024)

XII. TORMENTAS ELÉCTRICAS

Las tormentas eléctricas, un fenómeno meteorológico de gran impacto y espectacularidad, han cautivado la atención de la humanidad durante siglos. Con su característico resplandor y el retumbante estruendo de los rayos, las tormentas eléctricas no solo generan asombro, sino también temor, dada su capacidad para causar daños devastadores. La electricidad atmosférica, que se manifiesta principalmente en forma de rayos y truenos, es el motor de estos eventos climáticos intensos.

XII.1 Definición y formación de las tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es un fenómeno meteorológico que ocurre cuando hay una inestabilidad atmosférica significativa, que genera el desarrollo de nubes de tormenta (principalmente nubes cumulonimbus) capaces de producir descargas eléctricas.

Este fenómeno se caracteriza por la presencia de rayos, truenos, lluvias intensas y, en muchos casos, vientos fuertes. El rayo es una descarga electrostática que resulta de la acumulación de cargas positivas y negativas dentro de una nube de tormenta. Cuando las cargas adquieren la fuerza suficiente, aparecen los rayos, cuya manifestación visible es el relámpago, es decir, un destello de luz que se produce dentro de las nubes o entre éstas y el suelo, (ver Figura 43). La mayor cantidad de relámpagos ocurren dentro de la nube, mientras que el 20% se presenta entre la nube y el suelo.

El proceso de formación de una tormenta eléctrica comienza con el calentamiento del aire cerca de la superficie terrestre, lo que provoca que este aire ascienda, creando corrientes ascendentes. A medida que el aire caliente y húmedo asciende hacia las capas superiores de la atmósfera, se encuentra con capas más frías, lo que genera condensación y la formación de nubes densas y cargadas de agua. En estas nubes, las partículas de agua se cargan eléctricamente debido a los movimientos de las corrientes de aire. A medida que las cargas se acumulan, se genera un desequilibrio eléctrico entre las partes

de la nube, entre las nubes y la atmósfera, o entre las nubes y la tierra. Este desequilibrio culmina en una descarga eléctrica, conocida como rayo.

Figura 43: Ejemplo de tormenta eléctrica en el municipio de Irapuato.
Fuente: (X, 2024).

Los rayos pueden ser de los siguientes tipos:

a) Nube-aire: la electricidad se desplaza desde la nube hacia una masa de aire de carga opuesta.
b) Nube-nube: el rayo puede producirse dentro de una nube con zonas cargadas de signo contrario.
c) Nube-tierra: las cargas negativas de las nubes son atraídas por las cargas positivas del suelo.

Figura 44: Tipos de descargas eléctricas durante una tormenta.
Fuente: (UNAM, Ciencia UNAM, 2013).

Como tal, los rayos buscan equilibrar la diferencia de cargas entre la nube y la tierra o entre distintas áreas de la misma nube. Estos rayos pueden ser mortales y destructivos debido a su alta temperatura, que puede alcanzar los 30,000 °C (varias veces la temperatura en la superficie del sol). En México, las tormentas eléctricas ocurren de mayo y octubre, y se presentan con mayor frecuencia en horario vespertino y nocturno.

En las siguientes figuras, se presentan los promedios mensuales de descargas eléctricas de nube a tierra para el estado de Guanajuato dentro del periodo 2006 al 2016, en las cuales se observa la mayor actividad para los meses de mayo a octubre, con un máximo de 0.3 descargas por kilómetro cuadrado para los meses de julio a septiembre.

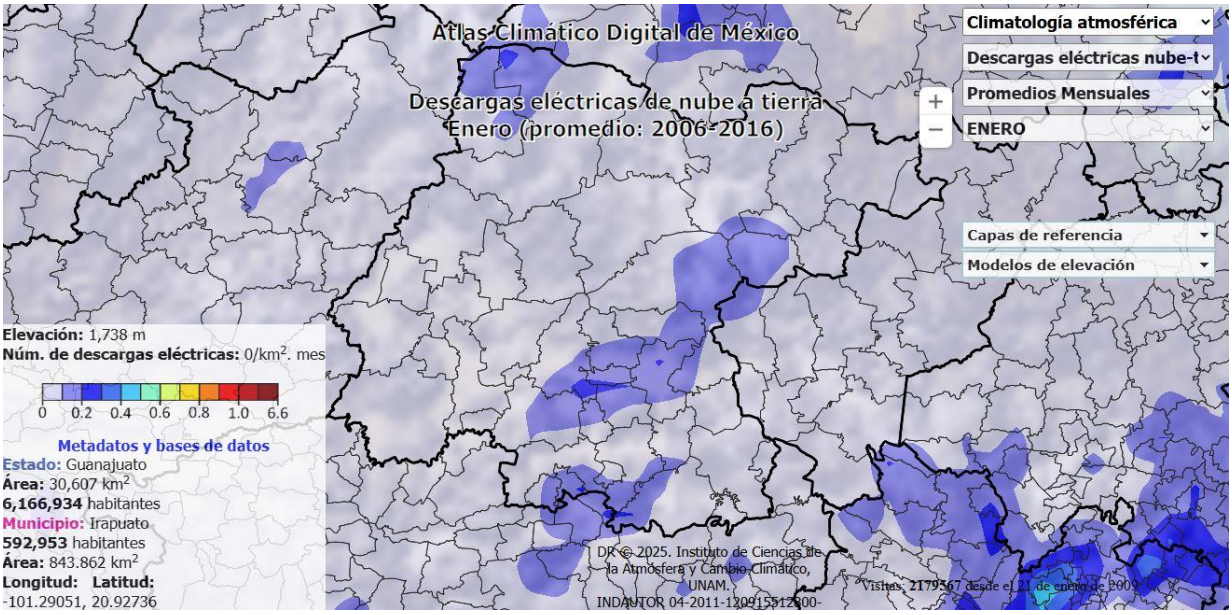


Figura 45: Promedio mes de enero de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

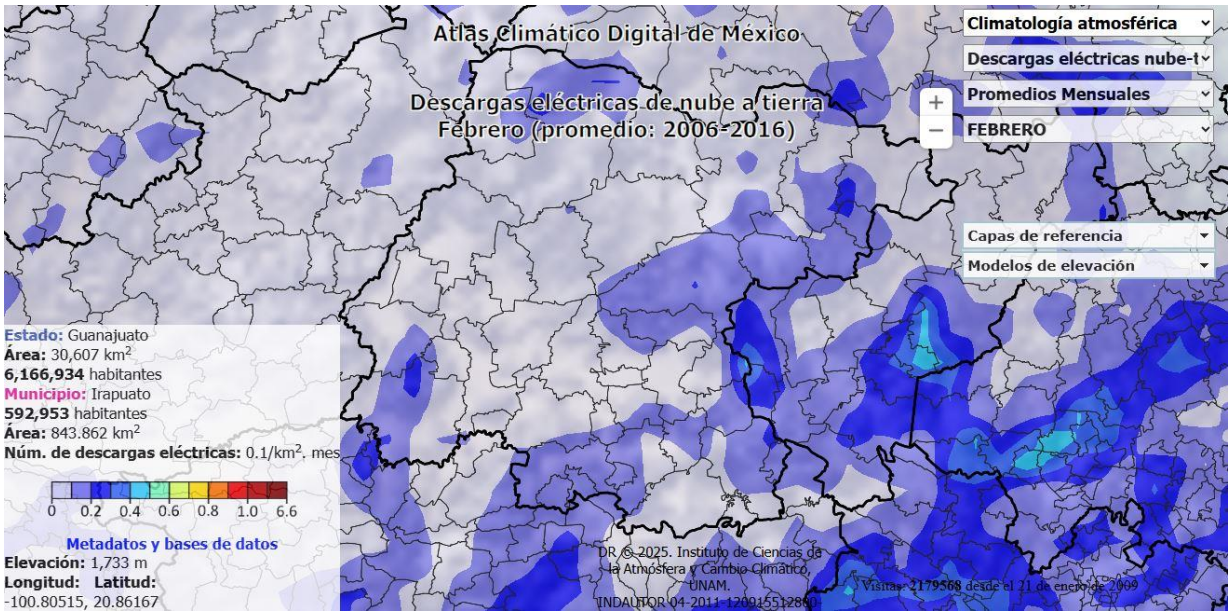


Figura 46: Promedio mes de febrero de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

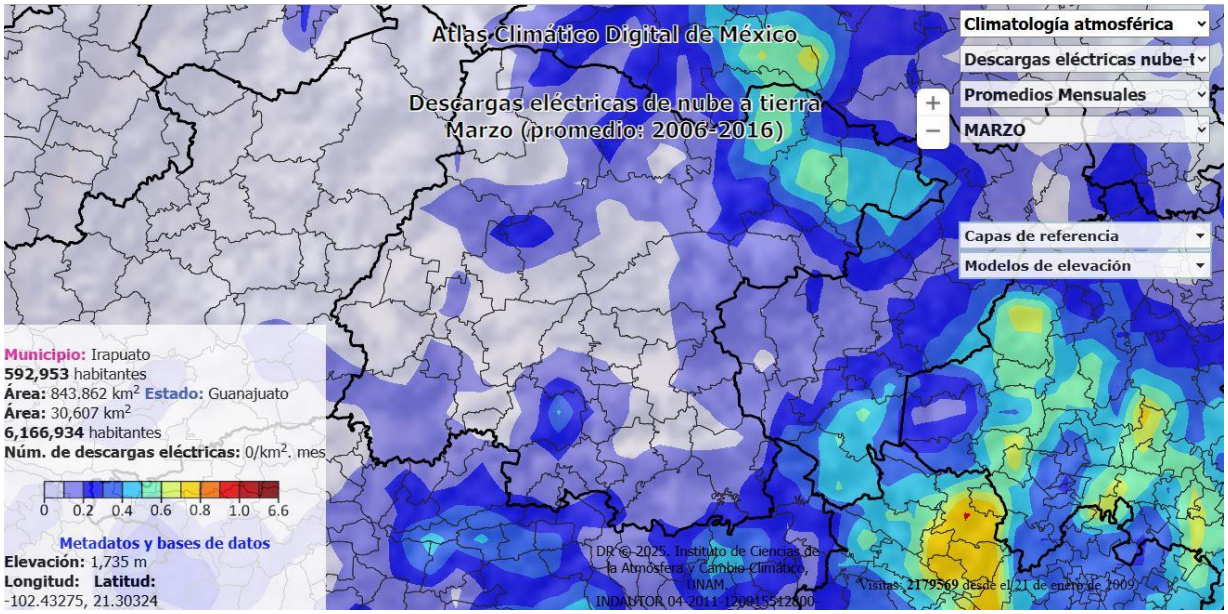


Figura 47: Promedio mes de marzo de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

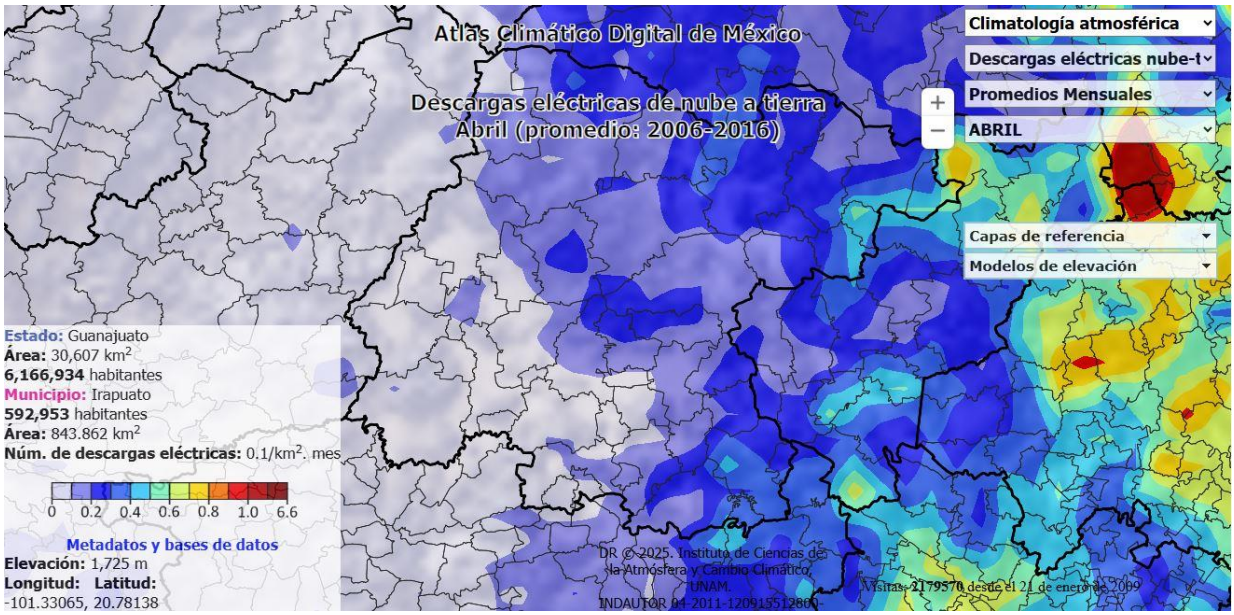


Figura 48: Promedio mes de abril de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

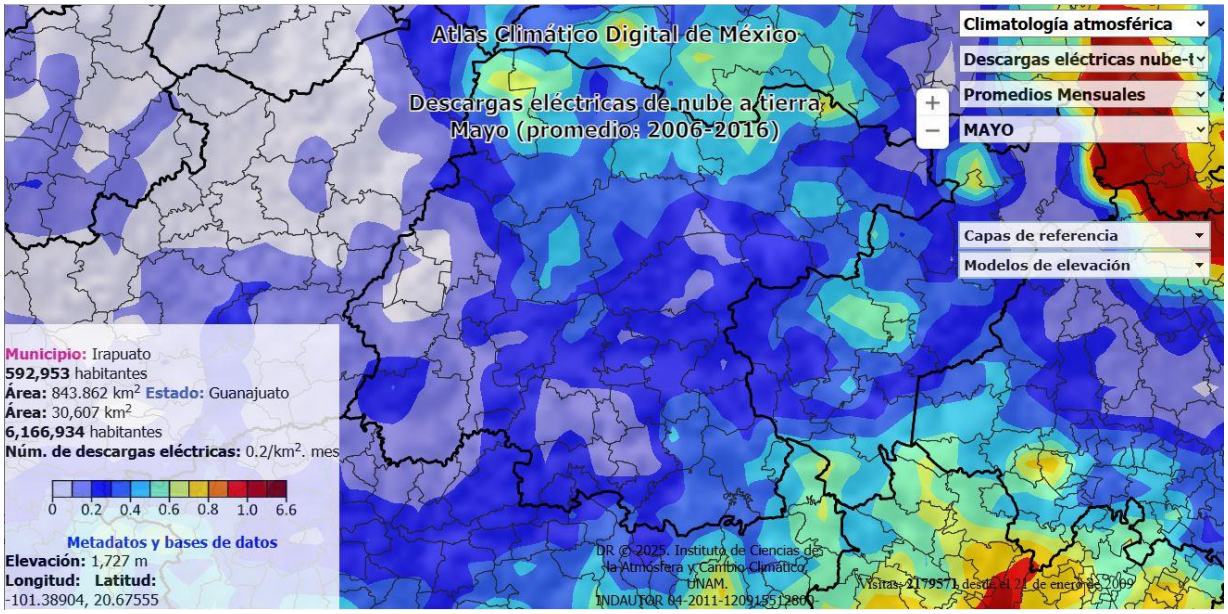


Figura 49: Promedio mes de mayo de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

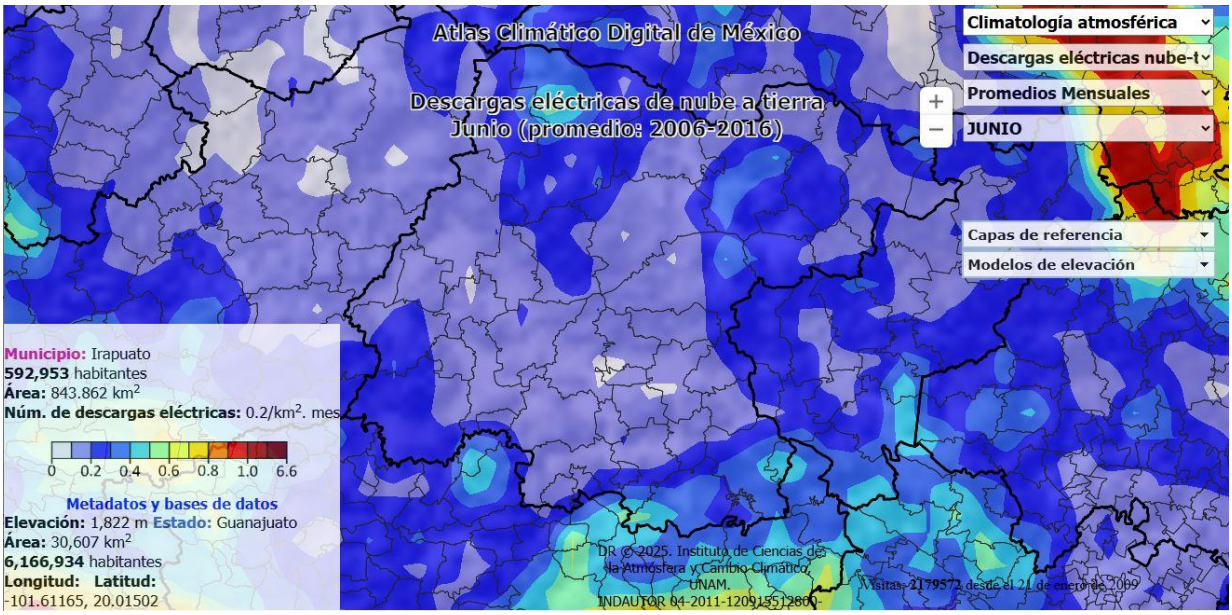


Figura 50: Promedio mes de junio de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

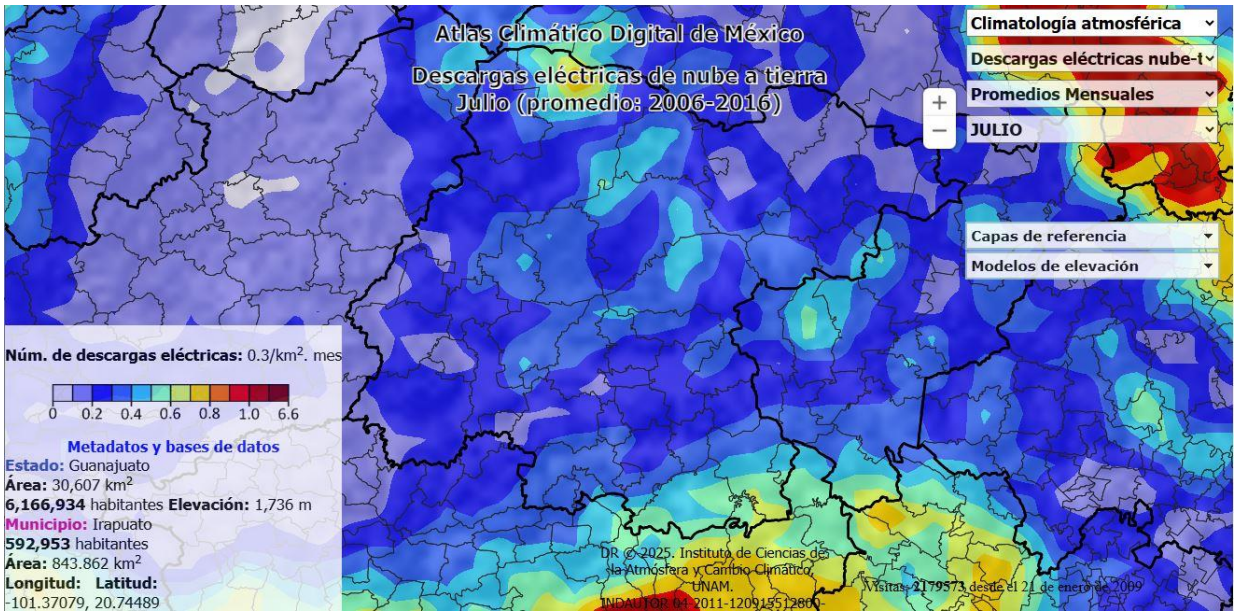


Figura 51: Promedio mes de julio de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

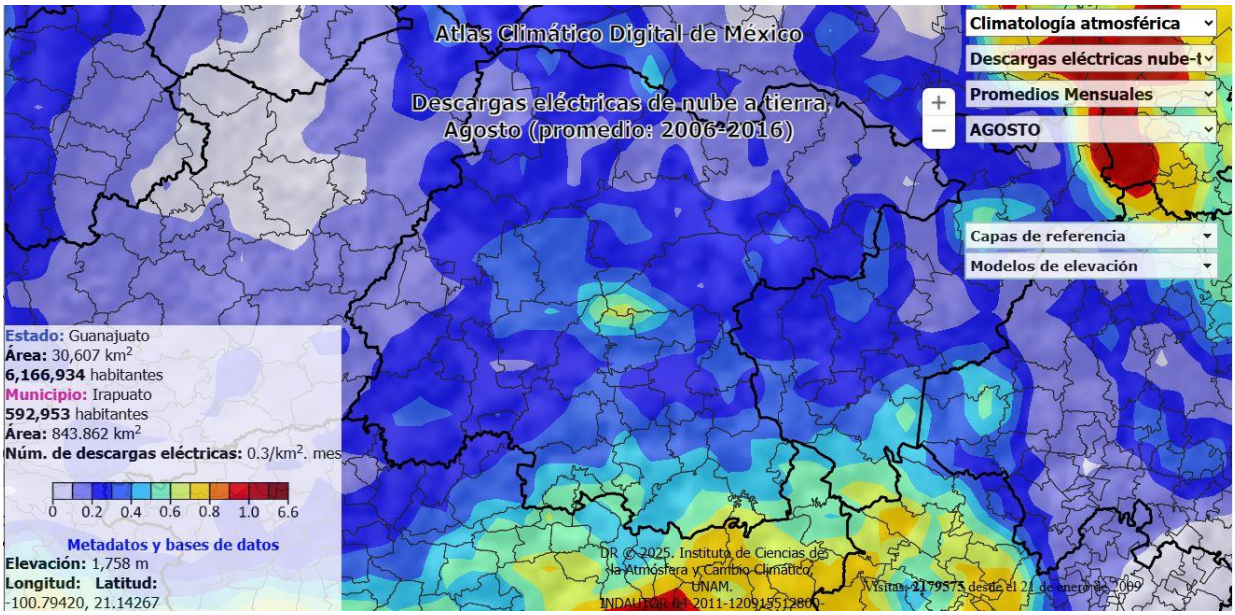


Figura 52: Promedio mes de agosto de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

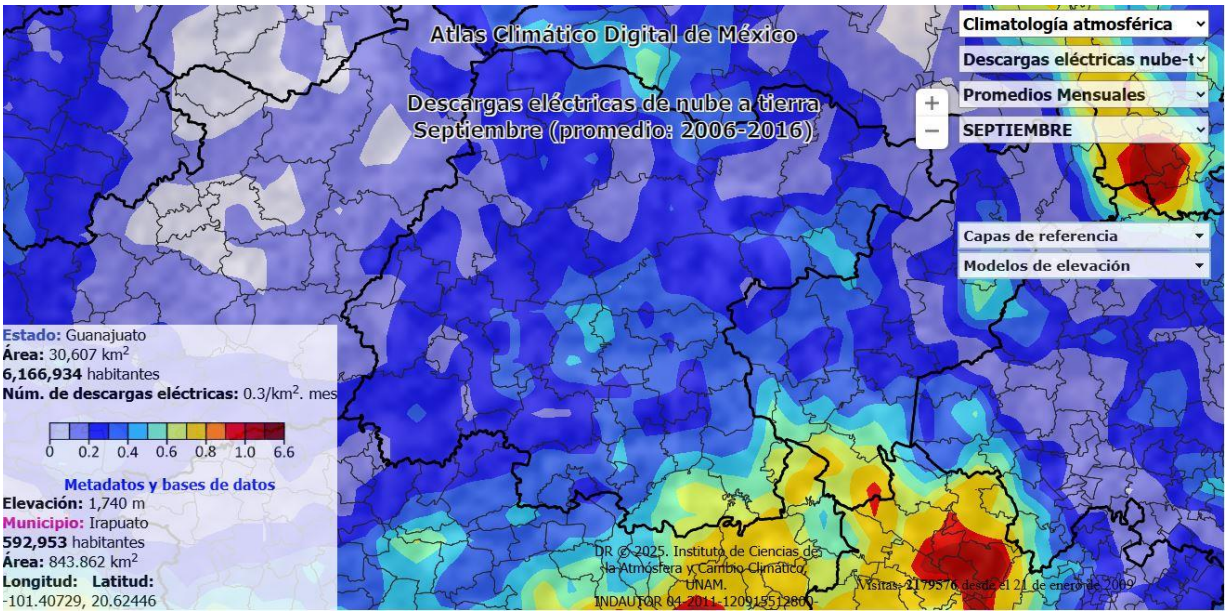


Figura 53: Promedio mes de septiembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

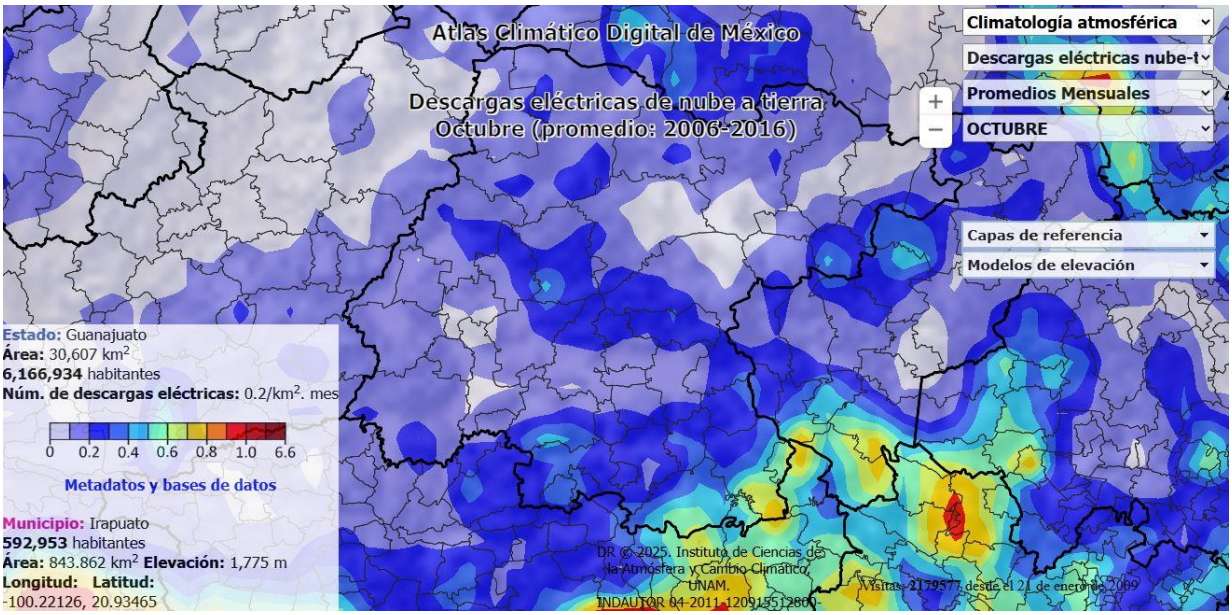


Figura 54: Promedio mes de octubre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

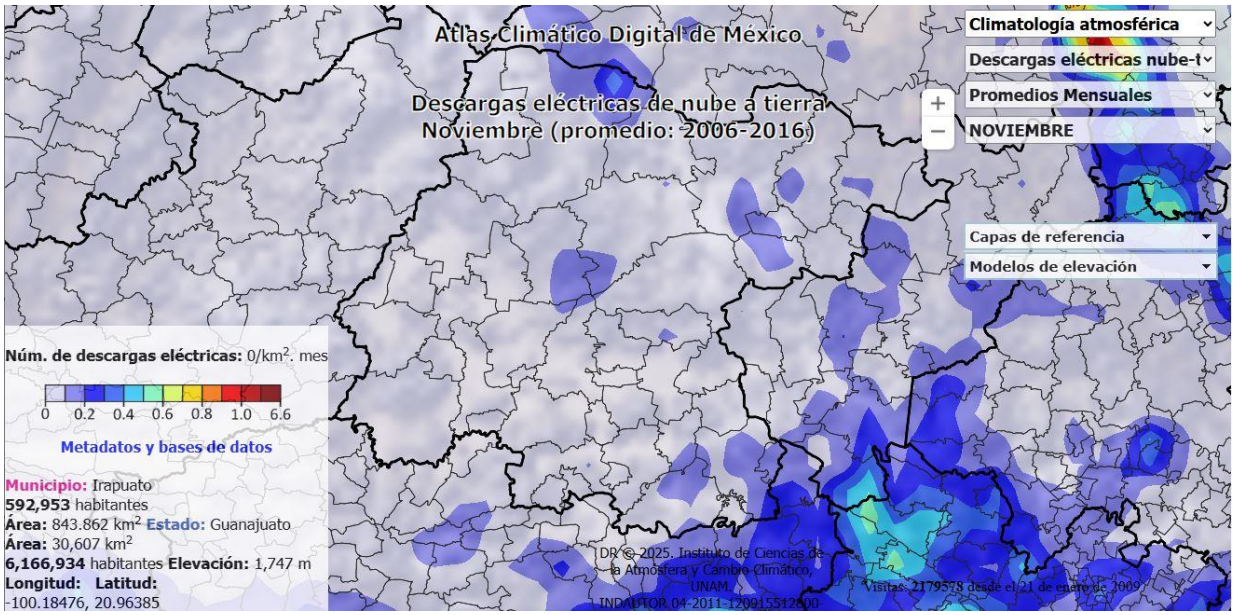


Figura 55: Promedio mes de noviembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

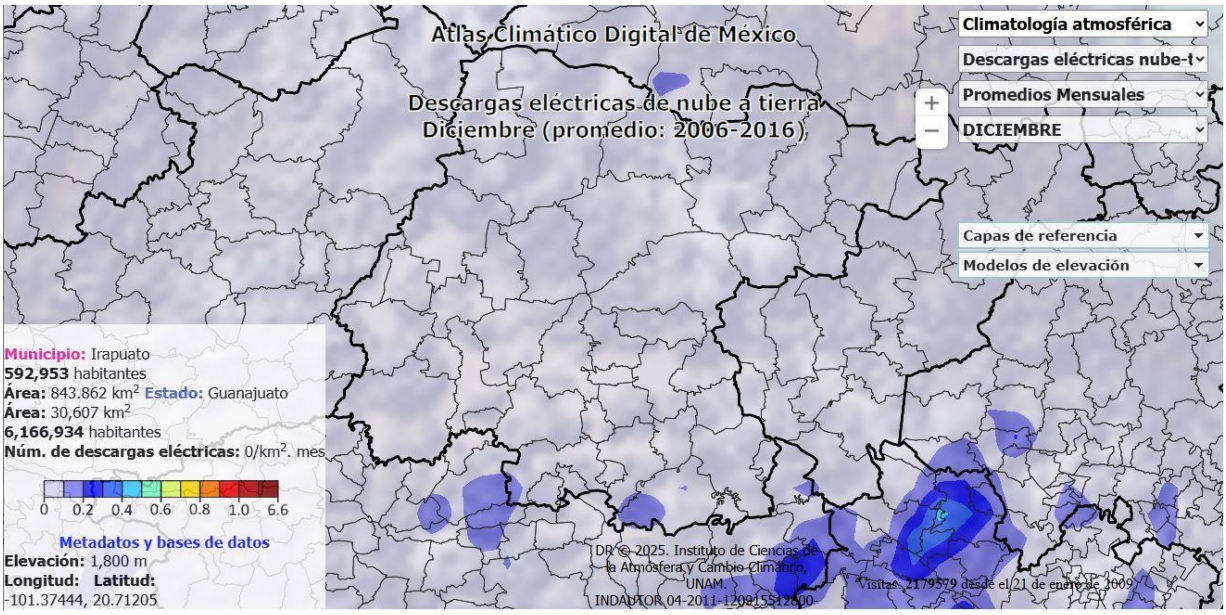


Figura 56: Promedio mes de diciembre de número de descargas eléctricas nube-tierra en Guanajuato.

Fuente: (UNAM, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, 2021).

XII.1.1 Afectaciones al ser humano por la ocurrencia de tormentas eléctricas

Uno de los riesgos más evidentes y peligrosos es el impacto de los rayos; estos pueden causar incendios, dañar estructuras e incluso resultar fatales para personas y animales que se encuentren en el lugar incorrecto en el momento equivocado. En un año típico, se estima que los rayos causan cientos de muertes y miles de heridos en todo el mundo, lo que subraya el peligro inherente de este fenómeno natural.

Además de las muertes y heridas directas, las tormentas eléctricas pueden generar una serie de daños indirectos. Los incendios forestales, a menudo provocados por los rayos, son una de las consecuencias más graves. Estos incendios no solo destruyen grandes áreas de vegetación, sino que también afectan la fauna y las poblaciones cercanas. En zonas urbanas, las tormentas eléctricas pueden dañar infraestructuras como líneas eléctricas, sistemas de telecomunicaciones y dispositivos electrónicos. Las interrupciones en el suministro eléctrico, que a menudo siguen a las tormentas eléctricas, pueden causar trastornos significativos en la vida diaria y en las actividades económicas.

Otra implicación para la sociedad es el riesgo de accidentes de tráfico. Durante una tormenta eléctrica, las condiciones climáticas cambian rápidamente, lo que reduce la visibilidad y puede hacer que las carreteras se vuelvan resbaladizas. Las lluvias torrenciales,

junto con los fuertes vientos, también pueden desestabilizar vehículos, lo que aumenta el riesgo de accidentes.

XII.1.2 Tormentas eléctricas y su relación con el medio ambiente

Aunque las tormentas eléctricas se perciben como un fenómeno destructivo, también tienen efectos importantes en el medio ambiente, como lo es con el ciclo del nitrógeno. Durante las descargas de los rayos, la alta temperatura y la energía liberada pueden convertir el nitrógeno atmosférico en óxidos de nitrógeno, compuestos que luego se transforman en nitratos cuando reaccionan con el agua de lluvia. Los nitratos que caen a la tierra pueden ser absorbidos por las plantas, proporcionando nutrientes esenciales para el crecimiento de la vegetación. Este proceso, aunque relativamente pequeño en comparación con las fuentes agrícolas de nitrógeno, puede tener un impacto beneficioso en algunos ecosistemas.

Las tormentas eléctricas también desempeñan un papel importante en la redistribución de la energía en la atmósfera. Las descargas eléctricas y las corrientes de aire generadas por la tormenta ayudan a equilibrar las diferencias de temperatura y presión en la atmósfera, lo que contribuye a la regulación climática de la región.

XII.1.3 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

En el primer atlas del municipio de Irapuato, el componente de tormentas eléctricas fue evaluado bajo la metodología nivel 1 de las "Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo", las cuales mencionaban la elaboración de mapa de frecuencias del componente, así como el registro de datos meteorológicos del número de días con tormentas eléctricas al mes registradas en periodos de 10 a 30 años para el trazo de un mapa climatológico de amenaza. Con dichos requerimientos, se elaboró el siguiente mapa:

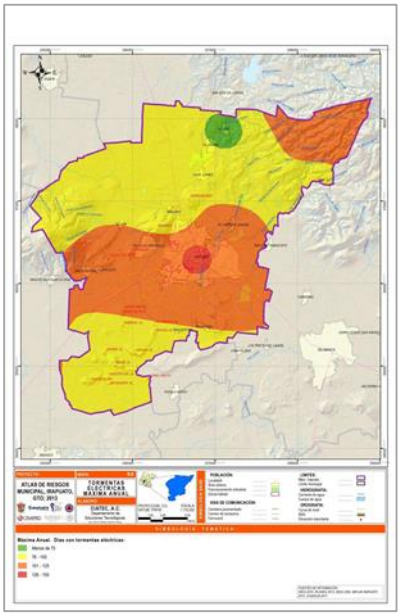


Figura 57: Mapa de valores máximos anuales de días con tormentas eléctricas.
Fuente: (IMPLAN, 2013).

XII.2 Susceptibilidad por tormentas eléctricas

En el caso del municipio de Irapuato, considerando la base de datos de CONAGUA relativa a días con tormentas eléctricas, se estima la probabilidad de que al menos ocurra un evento que pueda afectar al municipio. Se considera a este fenómeno como un evento independiente que ocurre aleatoriamente en el tiempo; bajo estas condiciones se usa la distribución de Poisson, ya que el fenómeno puede ser visto como un proceso de llegadas a un sistema por temporada; la fórmula utilizada es:

$$P(X = k) = \frac{e^{-\lambda}\lambda^{k}}{k!}$$

Donde:
- X Número de días con tormentas eléctricas al año
- λ Número promedio de días con tormentas al año (tasa de ocurrencia)
- k Número de días con tormentas que se desea evaluar, (ej.: 0, 1, 5, 10…)
- e 2.71828 (base de los logaritmos naturales)

En la siguiente tabla, se muestran los resultados de la distribución de Poisson, tanto para la función de masa de probabilidad de que el número de eventos ocurridos será

exactamente x, así como la probabilidad acumulativa de que el número de eventos aleatorios ocurridos estará entre 0 y x, para los intervalos de 10, 20, 30 y 40 días.

El análisis de susceptibilidad por tormentas eléctricas indica que el municipio de Irapuato presenta una alta frecuencia anual de este tipo de eventos, con una media aproximada de 26 días con tormenta al año. Los resultados de la distribución de Poisson muestran que la probabilidad acumulada de registrar al menos un evento en intervalos cortos (10 y 20 días) es prácticamente del 100 %, lo que evidencia una recurrencia constante durante la temporada de lluvias.

Desde el enfoque del Atlas de Riesgos, esta elevada probabilidad implica un peligro persistente, asociado a descargas eléctricas, lluvias intensas, vientos fuertes y afectaciones indirectas como inundaciones urbanas, interrupciones en el suministro eléctrico y riesgos para la población en espacios abiertos. La similitud de los valores observados entre Irapuato y estaciones cercanas sugiere además un comportamiento regional del fenómeno, lo que refuerza la necesidad de estrategias de gestión del riesgo de carácter metropolitano y no únicamente local.

Tabla 47: Cálculo de distribución de Poisson para tormentas eléctricas.

Estación	Media anual λ	Entero más cercano k	10 días		20 días		30 días		40 días	
			Ex.	Ac.	Ex.	Ac.	Ex.	Ac.	Ex.	Ac.
Abasolo	25.0	25.0	0.00003	0.99998	0.04459	0.88782	0.05112	0.20836	0.00308	0.00757
Agua Tibia	30.7	31.0	0.00000	1.00000	0.00538	0.99191	0.07029	0.61864	0.02383	0.08552
Aldama	14.3	14.0	0.05208	0.91654	0.03874	0.10486	0.00051	0.00092	0.00000	0.00000
Cuerámaro	31.4	31.0	0.00000	1.00000	0.00538	0.99191	0.07029	0.61864	0.02383	0.08552
Irapuato	25.7	26.0	0.00001	0.99999	0.03430	0.92211	0.05898	0.26734	0.00474	0.01231
Los Razos	36.5	37.0	0.00000	1.00000	0.00021	0.99978	0.03061	0.91099	0.05830	0.35465
Mandujano	25.1	25.0	0.00003	0.99998	0.04459	0.88782	0.05112	0.20836	0.00308	0.00757
Pueblo Nuevo	33.5	34.0	0.00000	1.00000	0.00120	0.99851	0.05286	0.79731	0.04247	0.19388
El Chapín	26.1	26.0	0.00001	0.99999	0.03430	0.92211	0.05898	0.26734	0.00474	0.01231
El Conejo	24.5	25.0	0.00003	0.99998	0.04459	0.88782	0.05112	0.20836	0.00308	0.00757
Presa La Purísima	29.6	30.0	0.00000	1.00000	0.00834	0.98653	0.07263	0.54835	0.01847	0.06169
Presa La Gavia	26.6	27.0	0.00000	1.00000	0.02541	0.94752	0.06553	0.33287	0.00703	0.01934
San Juan Temascatío	28.2	28.0	0.00000	1.00000	0.01815	0.96567	0.07021	0.40308	0.01004	0.02938

Ex.: Exacta, **Ac.**: Acumulada.

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por CONAGUA vía Portal de Transparencia.

XII.3 Peligro por tormentas eléctricas

De acuerdo con el Atlas Nacional de México elaborado por la UNAM, en el municipio de Irapuato se pueden presentar más de 30 días con tormentas eléctricas al año, no obstante, es necesario señalar que no todos los rayos producidos durante el fenómeno llegan a tierra, por lo que no necesariamente pueden representar algún peligro para la población; además, esta cifra se evaluó para la totalidad del territorio nacional dada la escala de información, por lo que existirán zonas donde el número de tormentas será menor que en otras, (ver Figura 58).

Por otro lado, también se consultaron los datos de Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, los cuales reportan que el promedio anual de densidad de rayos a tierra en el municipio de Irapuato es de 1.25 a 2.0 rayos por kilómetro cuadrado al año, (ver Figura 59).

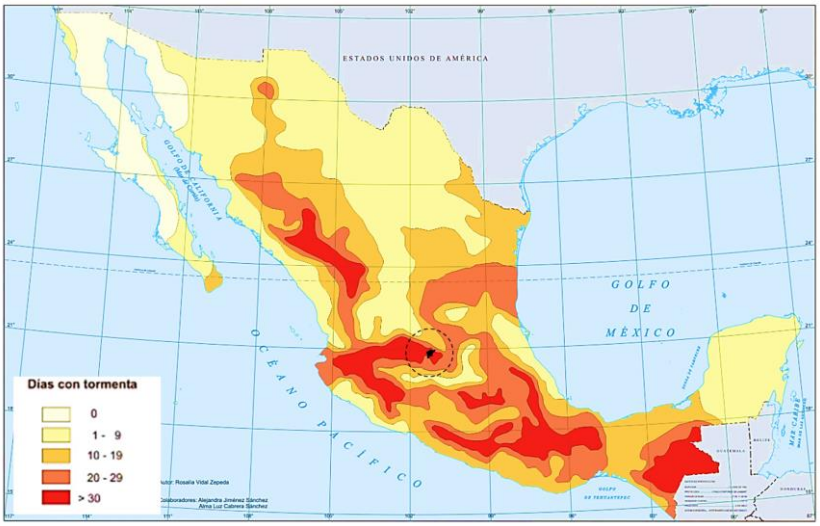


Figura 58: Número de días con tormenta eléctrica (promedio anual).
Fuente: (UNAM, Instituto de Geografía, 2007).

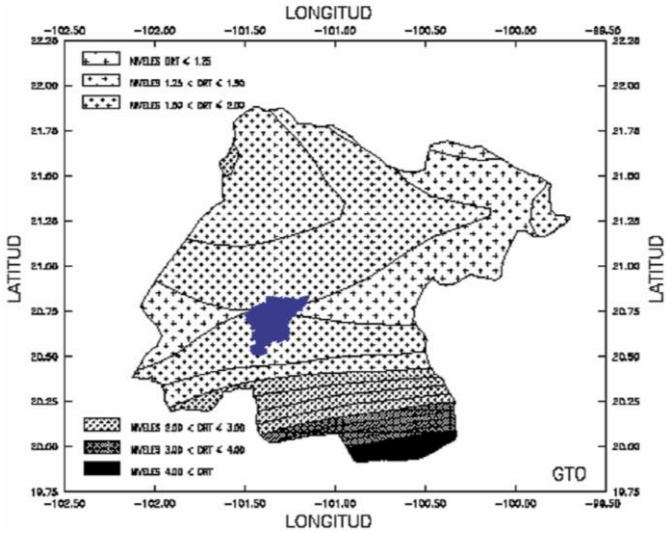
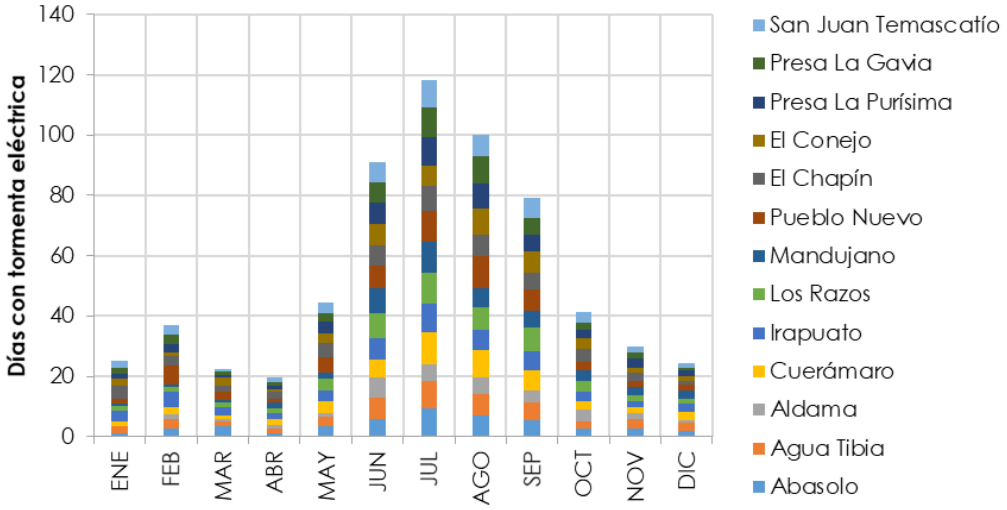


Figura 59: Mapa promedio anual de densidad de rayos a tierra en el estado de Guanajuato.
Fuente: NMX-J-549-ANCE-2005.

Para el cálculo de este fenómeno se analizaron los datos de días con tormentas eléctricas de 13 de las estaciones del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), tanto al interior como alrededor del municipio de Irapuato, dentro del periodo 2000 - 2023. De acuerdo con la Gráfica 9, los meses con mayor presencia de días con tormenta eléctrica son de junio a septiembre para el municipio de Irapuato, con un promedio anual de 28 días.



Gráfica 9: Comportamiento mensual de días con tormenta eléctrica por estación analizada.
Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por CONAGUA vía Portal de Transparencia.

Al igual que en el análisis de tormentas de granizo, la información de días con tormentas eléctricas fue solicitada en el Portal de Transparencia de CONAGUA, y entregada en el mismo oficio por parte de la dependencia. En la siguiente tabla, se presenta el promedio anual total por estación analizada:

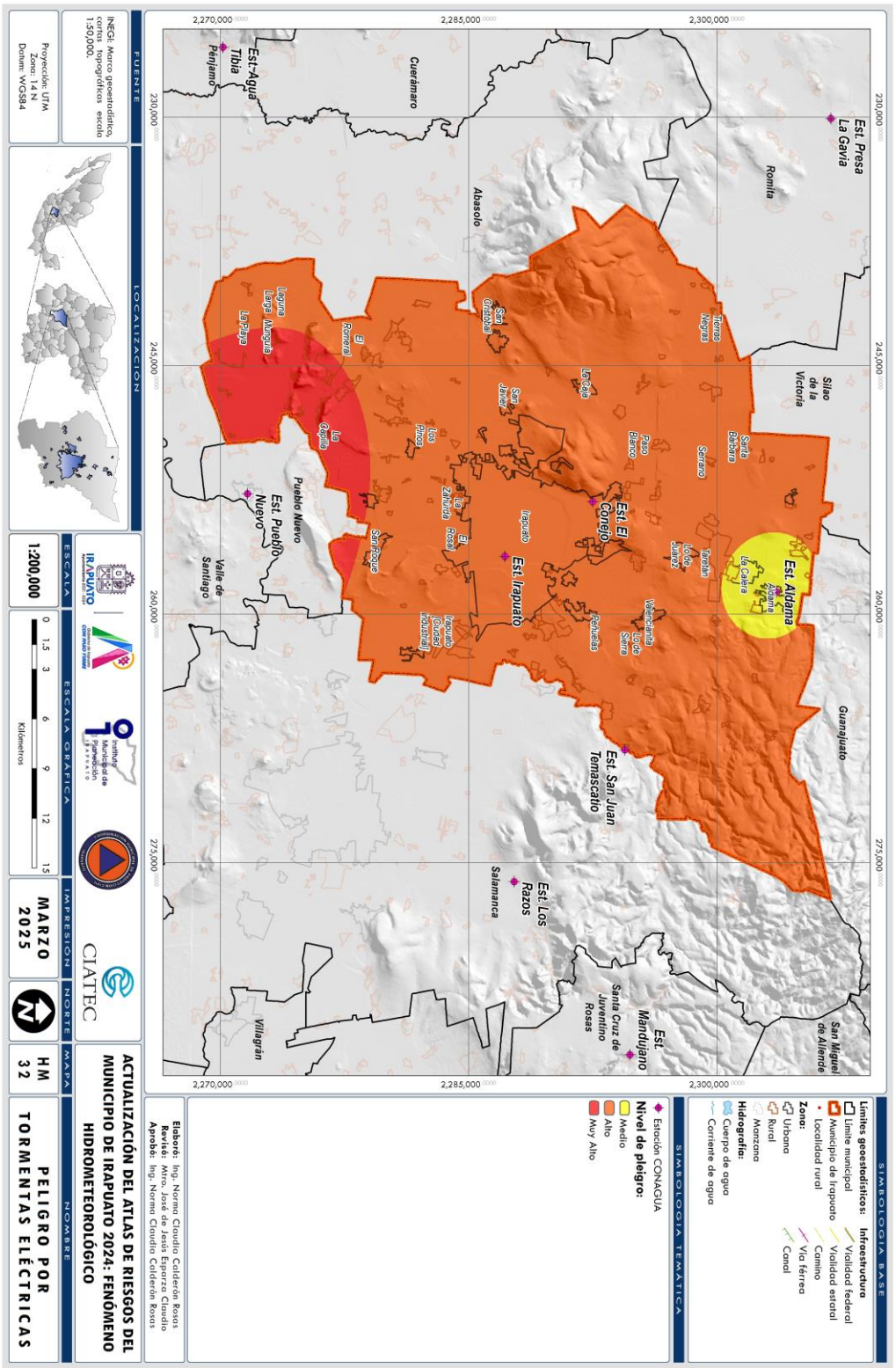
Tabla 48: Promedio de días con granizo al año.

Id	Estación	Ubicación	Promedio anual 2000-2023
11001	Abasolo	Exterior	25.0
11003	Agua Tibia	Exterior	30.7
11004	Aldama	Interior	14.3
11014	Cuerámaro	Exterior	31.4
11028	Irapuato	Interior	25.7
11041	Los Razos	Exterior	36.5
11044	Mandujano	Exterior	25.1
11054	Pueblo Nuevo	Exterior	33.5
11124	El Chapín	Exterior	26.1
11134	El Conejo	Interior	24.5
11137	Presa La Purísima	Exterior	29.6
11138	Presa La Gavia	Exterior	26.6
11168	San Juan Temascatío	Interior	28.2

Fuente: elaboración propia con base en datos proporcionados por CONAGUA vía Portal de Transparencia.

Posteriormente mediante la ubicación geográfica de las estaciones, los datos promedio se procesaron bajo métodos SIG propios del software ArcGIS 10.8 mediante la herramienta de interpolación *Natural Neighbor* (Vecino más cercano), la cual encuentra el subconjunto de muestras de entrada más cercano a un punto de consulta y aplica ponderaciones sobre ellas con base en áreas proporcionales para interpolar un valor.

Los datos obtenidos arrojan que todas las estaciones cuantifican más de 30 días anuales con tormenta eléctrica, lo que lo clasifica con un peligro Medio (cercanías de la localidad de Aldama), y el resto del municipio con niveles Alto a Muy Alto, (ver Mapa 32).



Mapa 32: Nivel de peligro por tormentas eléctricas.

A continuación, se mencionan las localidades urbanas y rurales, por nivel de peligro para el componente de tormentas eléctricas:

Tabla 49: Identificación de localidades urbanas y rurales por peligro a tormentas eléctricas.

Peligro		Nombre de la localidad urbana o rural
Medio	A	Aldama
	C	Castro del Río [Parque Industrial Castro del Río]
	E	El Barrial
	F	Fraccionamiento Hacienda de Aldama
	L	La Calera, La Presa de San Vicente
	M	Molino de Santa Ana
	P	Purísima del Progreso
	S	San Vicente, Smart [Clúster Industrial]
Alto	A	Adjuntas, Apolo [Parque Industrial], Buenos Aires
	C	Cañada de la Muerte, Cabañas Loma del Marqués, Castro del Río [Parque Industrial Castro del Río], Colonia Arteaga, Colonia de los López (La Gorda Sola), Colonia el Guayabo, Colonia la Soledad, Colonia los Laureles (Los Pirules), Colonia Morelos de Guadalupe de Rivera, Comederito, Comedero Grande, Comunal Emiliano Zapata, Cooperativa Emiliano Zapata, Cuarta Brigada, Cuchicuato
	E	Ejido de Arandas (La Jordana), Ejido de Malvas (La Argolla), Ejido del Refugio (Los López), El Arenal, El Carmen, El Carrizal Grande, El Carrizalito, El Cerrito de las Huertas, El Coecillo, El Conejo, El Encino del Copal, El Garbanzo, El Pistache, El Romeral, El Rosal, El Venadito, El Venado [Parque Industrial], Estancia del Copal, Ex-Hacienda de Buenavista (El Gabazo), Ex-Hacienda del Copal
	F	Fraccionamiento Carmelitas Dos
	G	Gabino Vázquez (Las Víboras), Granja la Zarca, Guadalupe de Paso Blanco (El Ranchito), Guadalupe de Rivera, Guadalupe Villa Cárdenas, Guanajuato [Centro Industrial], Guanajuato [Parque Central]
	H	Hacienda de Márquez
	I	Irapuato, Irapuato [Ciudad Industrial]
	L	La Caja, La Garrida, La Luz del Día (Ejido de la Sonaja), La Playa, La Sanabria, La Soledad, La Trinidad de Temascatío, La Zahuárda, La Zarca (La Frente), Laguna Larga, Las Malvas (El Resbalón), Las Peñitas, Las Presitas, Lo de Juárez, Lo de Sierra, Loma de Juárez (Hermano Mateo), Loma de los Conejos, Lomita de Malvas, Los Camacho, Los Martínez (La Bajada a San Isidro), Los Pinos
	M	Molino de Santa Ana, Munguía
	N	Noria de Camarena, Nueva Colonia Copalillo (El Atorón), Nueva Colonia Purísima, Nuevo Ejido de San Lorenzo
	O	Ojo de Agua de Bermúdez
	P	Paso Blanco, Peñuelas, Potrero de la Noria de Camarena, Pozo de Parras, Privada Paraíso, Providencia de Pérez (El Guantón), Providencia de San Antonio, Purísima de Covarrubias, Purísima de Temascatío de Abajo, Purísima de Temascatío de Arriba
	R	Rancho de los Rodríguez, Rancho Nuevo de Dolores (El Cuero), Rancho Nuevo del Llanito, Rivera de Guadalupe, Rosario de Covarrubias

Peligro		Nombre de la localidad urbana o rural
	S	San Agustín de los Tordos, San Agustín el Alto (La Araña), San Antonio de Chico, San Antonio el Rico, San Antonio Texas, San Antonio Texas (Los Corrales), San Cristóbal, San Diego del Rosal (El Zorrillo), San Francisco de la Charca, San Francisco de la Cruz, San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua), San Javier, San José de Bernalejo (El Guayabo), San José de Bernalejo (El Ranchito), San José de Cruces, San José de la Laguna (Los Ranchitos), San José de Marañón (La Mocha), San Juan Temascatío, San Luis del Jánamo (El Morado), San Miguel de Villalobos, San Nicolás Temascatío, San Roque, San Vicente de Malvas (La Oreja), Santa Bárbara, Santa Elena de la Cruz, Santa Rosa Temascatío (Santa Rosa de la Cruz), Serrano
	T	Tamahula, Taretán, Tejamanil, Tierras Negras, Tomelópez, Tomelopitos
	U	Unidad Habitacional 16 Ciudad Industrial
	V	Valencianita, Venado de San Lorenzo, Vista Hermosa
Muy Alto	E	El Capulín de Yóstiro, El Venado [Parque Industrial], El Venado de Yóstiro
	G	Guanajuato [Centro Industrial]
	L	La Capilla, La Playa
	M	Munguía
	N	Noria de Munguía
	R	Rancho Nuevo de Yóstiro, Refugio de Munguía
	S	San Antonio de Bernales, San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua), San Luis del Jánamo, San Miguel del Brete
	T	Tinaja de Bernales, Tinajita de Crucitas, Tomelopitos
	V	Valenciana de Yóstiro

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el mismo análisis, pero para las comunidades rurales:

Tabla 50: Identificación de comunidades rurales por peligro a tormentas eléctricas.

Peligro		Nombre de la comunidad rural
Medio	A	Arroyo Zarco
	C	Chavacán
	E	Ejido de Aldama, El Barrial, El Borbollón, El Mogote, El Monte, El Tepehuaje
	F	Felipe García Díaz, Fraccionamiento Hacienda de Aldama
	G	Granja Camilo Méndez, Granja la Cuchilla (Elías Granados), Granja Murillo Fajardo
	K	Kilómetro 17, Kilómetro 18
	L	La Joya, La Mojonera, La Presa de San Vicente, Las Longas, Las Mercedes [Granja], Los Chivos [Rancho], Los Polvorines
	N	Ninguno [Empacadora de Zanahorias]
	P	Predio el Cerrito, Purísima del Progreso
	S	San Vicente, Smart [Clúster Industrial]
Alto	A	Adjuntas, Adolfo Hernández (Pozo Dos), Alfonso Bravo, Alfonso Rivera Rivera [Antena la Picosa], Alto Canal, Antonio Campos, Apolo [Parque Industrial], Arboledas del Carmen, Arroyo de la Mezquitera
	B	Bajada de Cuarta Brigada, Betania, Bodega de Cuarta Brigada, Borja [Granja], Buenos Aires

Peligro		Nombre de la comunidad rural
	C	Cándido Navarro, Cañada de la Muerte, Cabañas Loma del Marqués, Camino Real, Casa de Don Chilo (El Mogote del Diablo), Casa de los García, Casa de los Miranda, Casa de los Murillo, Casa de los Ramírez, Casa del Panadero, Castillo de Santa Rosa, Castro del Río [Parque Industrial Castro del Río], Cerrito de la Laguna (Lucio Ochoa), Cerro Blanco, Cerro Prieto, Charco Verde (El Águila), CINVESTAV, Colinas del Río, Colonia Arteaga, Colonia de los López (La Gorda Sola), Colonia el Copalillo (El Chorizo), Colonia el Copalillo (Manuela Pérez), Colonia el Guayabo, Colonia la Soledad, Colonia la Villita de Guadalupe, Colonia Lomas del Pavo Real, Colonia los Laureles (Los Pirules), Colonia Morelos de Guadalupe de Rivera, Comederito, Comedero Grande, Comunal Emiliano Zapata, Cooperativa Emiliano Zapata, Corralón Federal, Díaz [Granja]
	D	Divisadero (Santa Elena), Doctor Raúl Jaramillo, Ejido de Arandas (La Jordana)
	E	Ejido de Malvas (La Argolla), Ejido del Refugio (Los López), Ejido la Soledad, Ejido Molineros (Gregorio Gutiérrez Juárez), El Arenal, El Campanero, El Canelo, El Capricho, El Capricho [Granja], El Carmen, El Cazador [Granja], El Cerrito, El Cerrito de en Medio, El Cerrito de las Huertas, El Coecillo, El Conejo, El Corralón [Granja], El Cuello, El Cuero, El Dorado (Jorge Luis Bravo Bustos), El Encino del Copal, El Entronque UCOPI, El Escapulario [Granja], El Espinero (Pedro Ibarra), El Espinero (Rancho de Don Bene), El Fierro (Los Rayas), El Garbanzo, El Huizachal (Antonio Hernández), El Italiano [Granja], El Jacalón (Pozo de Miranda), El Jaral (Juan Bustos), El Llanito, El Magueyal, El Mirador [Granja Avícola], El Monte (Hacienda Camino Real), El Nacimiento, El Pilar, El Pirul [Granja], El Pistache, El Portal (Arriba del Capalillo), El Puente del Agua Negra, El Río, El Romeral, El Rosal, El Rosario, El Rosario (La Empacadora), El Sauz Bendito, El Tecomate, El Tecuín (Manuel Pérez Martínez), El Triángulo, El Triángulo (Los Sauces), El Venadito, Estación de Rivera, Estación de Villalobos, Estación Vieyra (Granja Ofelia), Estancia de Buenavista, Estancia del Copal, Ex-Hacienda de Buenavista (El Gabazo), Ex-Hacienda del Copal, Ex-Hacienda San Miguelito Lote Uno, Ex-Hacienda San Roque
	F	Figueroa, Fracción el Guayabo, Fracción Lomas de Munguía (Noria de Munguía), Fracción San Miguelito (Luis Mioni), Fraccionamiento Anáhuac (Campo de Tiro), Fraccionamiento Carmelitas Dos, Fraccionamiento Comunicadores, Fraccionamiento Guadalupe Márquez Pantoja
	G	Gabino Vázquez (Las Víboras), González [Granja], Granja Alberto González, Granja Antonio Zavala (La Zahuárda), Granja Ariel García, Granja Colorines, Granja de Agustín García, Granja de Don Pancho Rivera, Granja de la Señora Duke, Granja de las Gallinas, Granja de los Castañeda, Granja de los Pollos, Granja de los Sánchez Castañeda, Granja del Pájaro, Granja Don Chon, Granja el Amigo, Granja el Carmen, Granja el Charrito, Granja el Dorado, Granja el Escondite, Granja el Espinero (Fernando Ortega), Granja el Garambullo (El Monte), Granja el Matoche, Granja el Molino, Granja el Porvenir, Granja el Roble, Granja el Rosario Dos, Granja el Tecolote, Granja el Tepamal, Granja el Volador, Granja Fabiola, Granja González, Granja Gonzalo Gutiérrez, Granja Guadalupe, Granja Hernández, Granja Isabelita, Granja Jardín de Guadalupe, Granja Juan Villafaña Vázquez, Granja la Bota (Jesús Aguirre),

Peligro		Nombre de la comunidad rural
		Granja la Chala, Granja la Charca, Granja la Columna, Granja la Corea, Granja la Encantada (Rancho la Encantada), Granja la Estacada, Granja la Guacamaya, Granja la Joya, Granja la Luz, Granja la Mocha, Granja la Presa, Granja la Providencia, Granja la Quinta Amalia, Granja la Rana (Pedro Gómez), Granja la Sanabria (Francisco Flores), Granja la Virgen, Granja la Zarca, Granja las Cabecitas (Octavio Ramírez), Granja las Carmelitas, Granja las Delicias, Granja las Golondrinas, Granja las Jacarandas, Granja Loma de Dolores, Granja los Carpio, Granja los Cedros (Rancho los Cedros), Granja los Girasoles, Granja los Hernández (Ignacio Hernández), Granja los Lobos, Granja los Martínez, Granja los Pinos, Granja los Sauces, Granja los Tres Potrillos, Granja María Luisa, Granja María Ninfa, Granja Mendoza, Granja Mexicali, Granja Miryam, Granja Paso Blanco (José Tafolla), Granja Paso Blanco (Piero Zaratinni), Granja Providencia de Pérez, Granja Providencia de Pérez (La Campana), Granja Rancho Alegre, Granja Rangel Dos, Granja Rodríguez, Granja Sánchez, Granja San Antonio, Granja San Antonio (Pedro Lunar), Granja San Charbel, Granja San Enrique, Granja San Fernando, Granja San Isidro, Granja San Isidro (Manuel Granados Banda), Granja San Joaquín (Javier Chico), Granja San José de los Pinos, Granja San José de Marañón (Rubén Zanella), Granja San José del Progreso (Calicanto), Granja San Lorenzo, Granja San Luis, Granja San Martín, Granja San Miguel, Granja San Pedro (Los Fonseca), Granja San Vicente de Malvas, Granja Sanabria, Granja Sanabria (José Bravo Rico), Granja Santa Rosa, Granja Santa Rosa de la Lima, Granja Silvestre Aldaco, Granja Sofía, Granja Zaragoza, Granja Zavala (Granja Providencia), Guadalupe de Paso Blanco (El Ranchito), Guadalupe de Rivera, Guadalupe Villa Cárdenas, Guanajuato [Parque Central]
	H	Hacienda de Márquez,
	I	Irapuato [Ciudad Industrial]
	J	Jardines Recinto de la Oración, Jerónimo Hernández, Jesús Hernández, Jesús Villanueva Martínez, José de Jesús Puga, José Guardado Pérez, José Ignacio Aguerre, Juan Hernández, Juan Rosales (Los Rodríguez)
	K	Kilómetro 105, Kilómetro Cinco, Kilómetro Ocho
	L	La Arena (José Luis Cabrera Martínez), La Bota del Monte, La Cabaña, La Casa de Doña Concha, La Casa de Polo, La Chicharra, La Chicharrita, La Chilera, La Costa (Predio San Luis), La Esperanza [Rancho], La Garrida, La Generala, La Granja, La Granjita (Los Zepeda), La Guaracha, La Huerta del Naranjal, La Libertad, La Loma, La Lomita, La Luz, La Luz del Día (Ejido de la Sonaja), La Morada, La Nopalera, La Noria del Chino, La Palma, La Paz, La Pila de los Hernández, La Presa de San Antonio (Raúl Rivera), La Presa Grande, La Presita de Arandas, La Sanabria, La Santísima Trinidad [Monasterio], La Sixta, La Soledad, La Trinidad de Temascatío, La Zahuárda, La Zarca (La Frente), Laguna Larga, Las Alfalfas, Las Arboledas, Las Carmelitas Tercera Sección, Las Casitas, Las Liebres, Las Malvas (El Resbalón), Las Margaritas, Las Palomas [Granja], Las Peñitas, Las Presitas, Lavadoras, Lo de Sierra, Loma Bonita [Granja], Loma de Juárez (Hermano Mateo), Loma de los Conejos, Loma de los Conejos (Rancho Alegre), Loma de San Antonio, Loma las Camelinas, Lomas de Tepamal (Granjas), Lomas del Molino, Lomelí [Granja], Lomita de Malvas, Los Amezquita, Los Camacho, Los Cisneros, Los Corrales, Los Fresnos, Los Luises, Los Martínez

Peligro		Nombre de la comunidad rural
		(La Bajada a San Isidro), Los Pinos, Los Pirinolos, Los Reyes, Los Reyes [Granja], Los Sabinos, Los Vázquez, Los Zavala, Lucio Gutiérrez, Luis Bravo
	M	Mauro Guzmán, Modesto García, Molino de Santa Ana, Navarra [Granja]
	N	Ninguno [Calera], Ninguno [Constructora y Pavimentadora], Ninguno [Empacadora de Carnes], Ninguno [Empacadora de Productos Agrícolas], Ninguno [Fábrica de Productos para Afeitar], Ninguno [Juan Carlos Hernández], Ninguno [La Forrajera], Ninguno [Movimiento Familiar Cristiano], Noé González, Noria de Camarena, Noria de Royín (Los Jarales), Nueva Colonia Copalillo (El Atorón), Nueva Colonia Purísima, Nueva Italia, Nuevo Amanecer, Nuevo Centro Rosario de Covarrubias, Nuevo Ejido de San Lorenzo, Nuevo Ejido Emiliano Zapata, Nuevo Ejido Emiliano Zapata (Francisco Nieto)
	O	Ojo de Agua, Ojo de Agua de Bermúdez
	P	Paso Blanco, Peñuelas, Planada del Guajolote, Potrero de la Noria de Camarena, Pozo de Parras, Pozo de Solimán Dos, Pozo del Solimán, Pozo Número 2, Presa de Cabecitas (Salvador), Presa de San Antonio, Privada 11 de Noviembre, Privada Paraíso, Privada Presita de San José, Providencia de Pérez (El Guantón), Providencia de San Antonio, Purísima de Covarrubias, Purísima de Temascatío de Abajo, Purísima de Temascatío de Arriba
	Q	Quinta Las Palmas (Sergio Hernández Chagoya), Quinta Margarita
	R	Ramiro Delgado, Ranchito de Platas, Rancho de los Rodríguez, Rancho del Monte, Rancho el Félix (José Luis Félix Rangel), Rancho el Río, Rancho el Varal, Rancho Grande, Rancho la Soledad, Rancho Monteleón, Rancho Nuevo de Dolores (El Cuero), Rancho Nuevo del Llanito, Rancho Nuevo del Llanito (Los Arévalo), Rancho Nuevo del Llanito (Los Torres), Rancho San Joaquín, Rivera de Guadalupe, Roberto León (Ejido San Francisco de la Charca), Robles [Granja], Rosario de Covarrubias
	S	Salvador Hernández, San Agustín de los Tordos, San Agustín el Alto (La Araña), San Antonio de Chico, San Antonio Texas, San Antonio Texas (Los Corrales), San Diego del Rosal (El Zorrillo), San Francisco de la Charca, San Francisco de la Cruz, San Guillermo, San Ignacio (El Cuatro), San Ignacio (Lucio Pérez), San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua), San Isidro (Vivero San Isidro), San Isidro de la Cumbre, San Javier, San Jorge, San José, San José de Bernalejo (El Guayabo), San José de Bernalejo (El Ranchito), San José de Cruces, San José de la Laguna (Los Ranchitos), San José de la Sonaja, San José de los Naranjos (Juan Rivera), San José de Marañón, San José de Marañón (La Mocha), San José de Rivera (San José de los Naranjos), San Juan Temascatío, San Judas Tadeo (El Crucero de Serrano), San Luis del Jánamo (El Morado), San Miguel de Villalobos, San Miguelito, San Nicolás Temascatío, San Vicente de Malvas (La Oreja), Santa Bárbara, Santa Cecilia, Santa Elena, Santa Fe de Munguía, Santa María Sección Dos [Granja], Santa Rosa Temascatío (Santa Rosa de la Cruz), Santa Teresa de Aguirre, Santo Rostro (Rogelio Fonseca Bustos), Serafín [Granja], Serrano, Shangrilá, Sol (Laguna de Abraham) [Agropecuaria]
	T	Tamahula, Taretán, Tejamanil, Tierras Negras, Tomelópez, Trejo [Granja]
	U	Unidad Deportiva el Copal, Unidad Habitacional 16 Ciudad Industrial
	V	Valencianita [Polvorín], Vallejo [Rancho], Venado de San Lorenzo, Vieyra, Villa de Herrera, Villa Verde [Congeladora], Vista Hermosa, Vista Hermosa (San Francisco de la Cruz)

Peligro		Nombre de la comunidad rural
	Z	Zenaida Rocha
Muy Alto	C	Cantarranas, Casas Blancas, Cerro Prieto, Chichíngaro
	D	Delta (Bodega de Irapuato) [Bodega]
	E	El Capulín de Yóstiro, El Jánamo, El Monte, El Palomar, El Rosario, El Tope, El Venado [Parque Industrial], El Venado de Yóstiro
	F	Fracción Munguía (El Mayor)
	G	Granja de Adolfo, Granja Guadalupe, Granja las Palmas, Granja los Frausto, Granja Providencia, Granja Viborillas (Rancho Viborillas), Granja Villa de Guadalupe, Guanajuato [Centro Industrial]
	K	Kilómetro 15
	L	La Adelina (El Pitahayo), La Capilla, La Cinta de Bernales, La Concepción, La Concepción (Gabriel Aguilera Castañeda), La Concepción (San Miguel del Brete), La Esperancita, La Esperanza, La Florida, La Playa, La Tinajita, Loma Bonita, Los Juanes
	M	Munguía
	N	Navidad, Noria de Munguía, Noria Nueva
	P	Puente Blanco
	R	Rancho Buenavista, Rancho Nuevo de Yóstiro, Refugio de Munguía
	S	San Antonio, San Antonio de Bernales, San Carlos, San Isidro de Borja, San José, San José de Víboras, San Luis del Jánamo, San Miguel del Brete, San Miguel del Brete (Ángel Rico Fonseca), Santa Fe de Bernales
	T	Tinaja de Bernales, Tinajita de Crucitas, Tronconales
	V	Valenciana de Yóstiro, Vista Hermosa

Fuente: elaboración propia.

XII.4 Vulnerabilidad y riesgo por tormentas eléctricas

Para el desarrollo del análisis de vulnerabilidad asociado al peligro por descargas eléctricas atmosféricas en el municipio de Irapuato, se consultó la información estadística publicada en la plataforma oficial del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) sobre víctimas por impacto de rayo en México, disponible en el portal de la Red Mesoamericana para la Gestión Integral del Riesgo, (CENAPRED, Aplicaciones, 2022).

Es importante señalar que dicha información corresponde a datos de carácter general, agregados a escala nacional, estatal y municipal, sin acceso público a registros geográficos puntuales del sitio exacto de ocurrencia del deceso. La desagregación espacial más detallada solo es posible mediante el uso del aplicativo especializado desarrollado por la Secretaría de Salud (Cubos Dinámicos), al cual no se tiene acceso directo para este ejercicio; aun en ese caso, la localización disponible se limita, por lo general, a la identificación de la comunidad o colonia donde ocurrió el evento, sin precisión cartográfica a nivel de coordenadas. Estas limitaciones fueron consideradas en el análisis, utilizando la información disponible como un insumo de referencia para

dimensionar la exposición poblacional y fortalecer la caracterización del componente social de la vulnerabilidad dentro del Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato. El sitio web menciona que dentro del periodo 1998 al 2018 ha ocurrido 2,452 muertes a nivel nacional, donde 138 ha ocurrido en el estado de Guanajuato, de las cuales 7 se registraron en el municipio de Irapuato dentro del periodo mencionado.

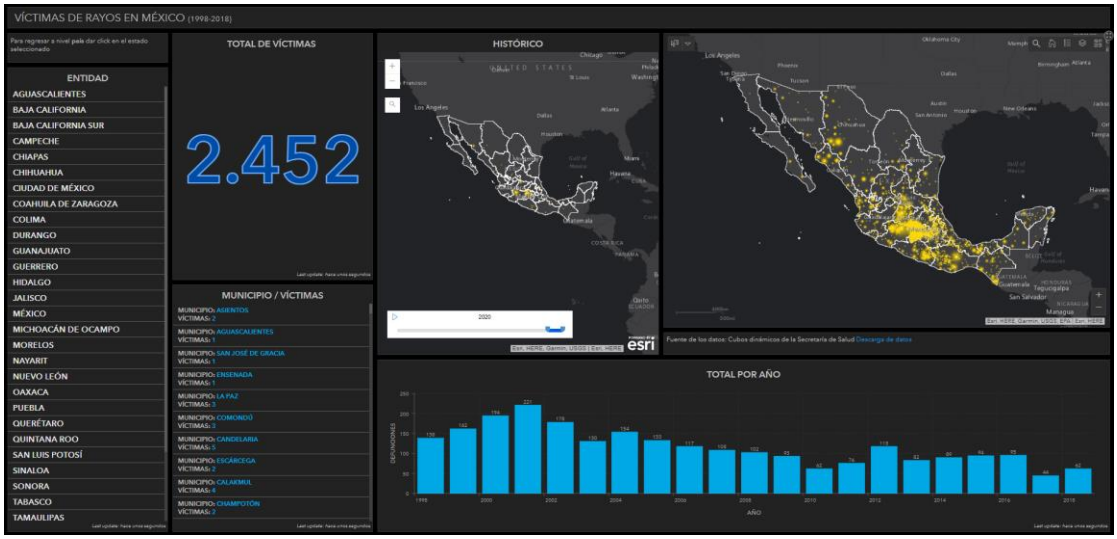


Figura 60. Estadísticas de víctimas de rayos a nivel nacional.

Fuente: (CENAPRED, Aplicaciones, 2022).

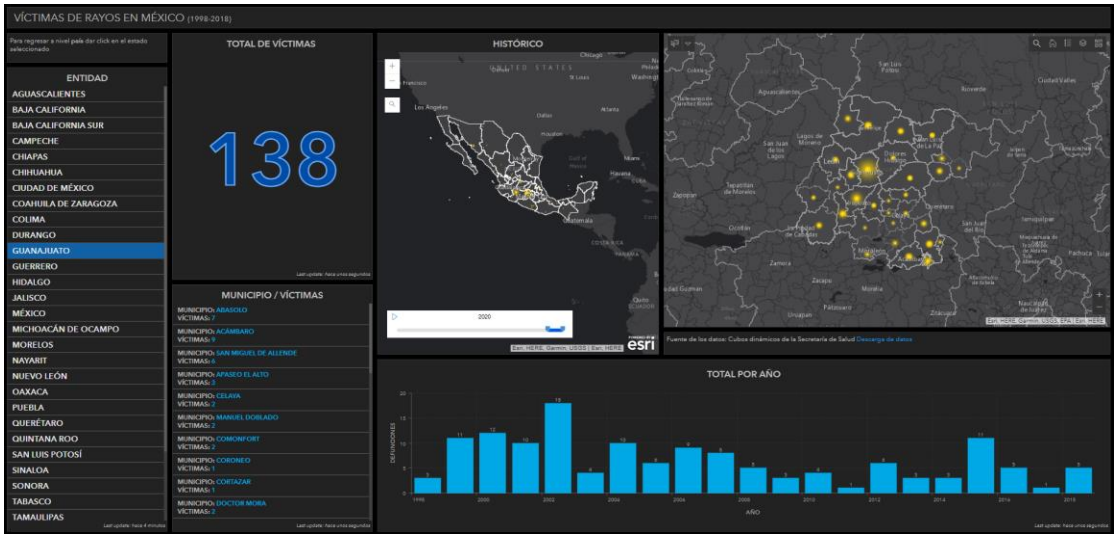


Figura 61. Estadísticas de víctimas de rayos para el estado de Guanajuato.

Fuente: (CENAPRED, Aplicaciones, 2022).

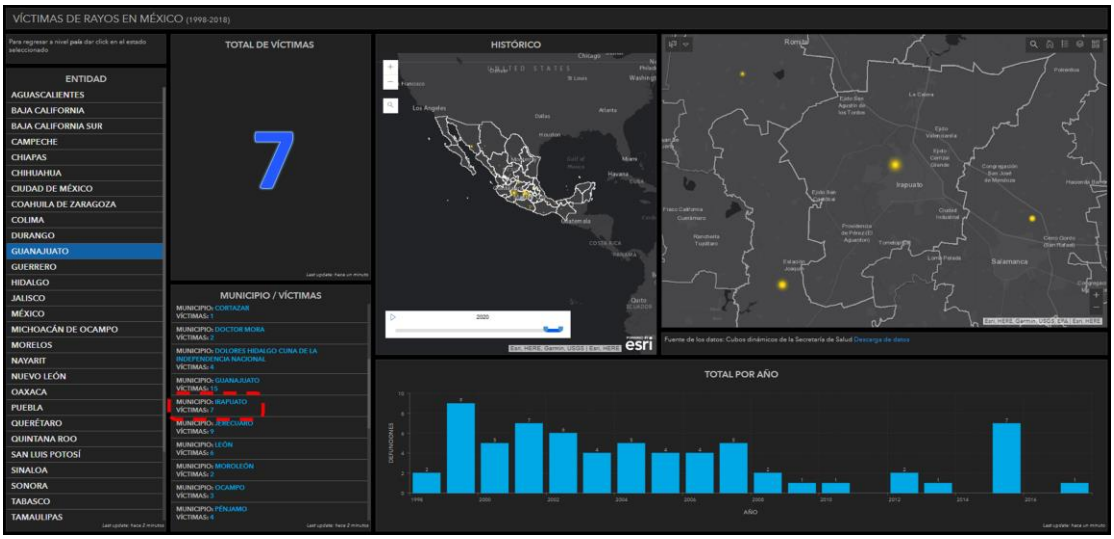


Figura 62. Estadísticas de víctimas de rayos para el municipio de Irapuato.
Fuente: (CENAPRED, Aplicaciones, 2022).

Las tormentas eléctricas, como otros componentes hidrometeorológicos, han tenido y seguirán teniendo presencia y ocurrencia en la atmósfera como parte de la dinámica terrestre, y el municipio de Irapuato, no será la excepción en su ocurrencia. Su proceso, que incluyen descargas eléctricas, fuertes lluvias, rachas de viento y en ocasiones granizo, representan un riesgo considerable para la población, especialmente para los sectores más vulnerables. Uno de los principales factores de vulnerabilidad es la infraestructura urbana desigual. En colonias populares sobre la periferia urbana principalmente, muchas viviendas carecen de materiales adecuados para resistir los embates del clima. Techos de lámina, instalaciones eléctricas expuestas y drenajes insuficientes representan una amenaza directa cuando ocurre una tormenta eléctrica.

Figura 63: Calle Constitución, Col. Constitución de Apatzingán.
Fuente: tomado de www.google.com/maps.

Figura 64: Calle Palmera, Col. El Carmen.
Fuente: tomado de www.google.com/maps.

Figura 65: Contraste de infraestructura El Carrizalito – Villas de Irapuato.
Fuente: tomado de www.google.com/maps.

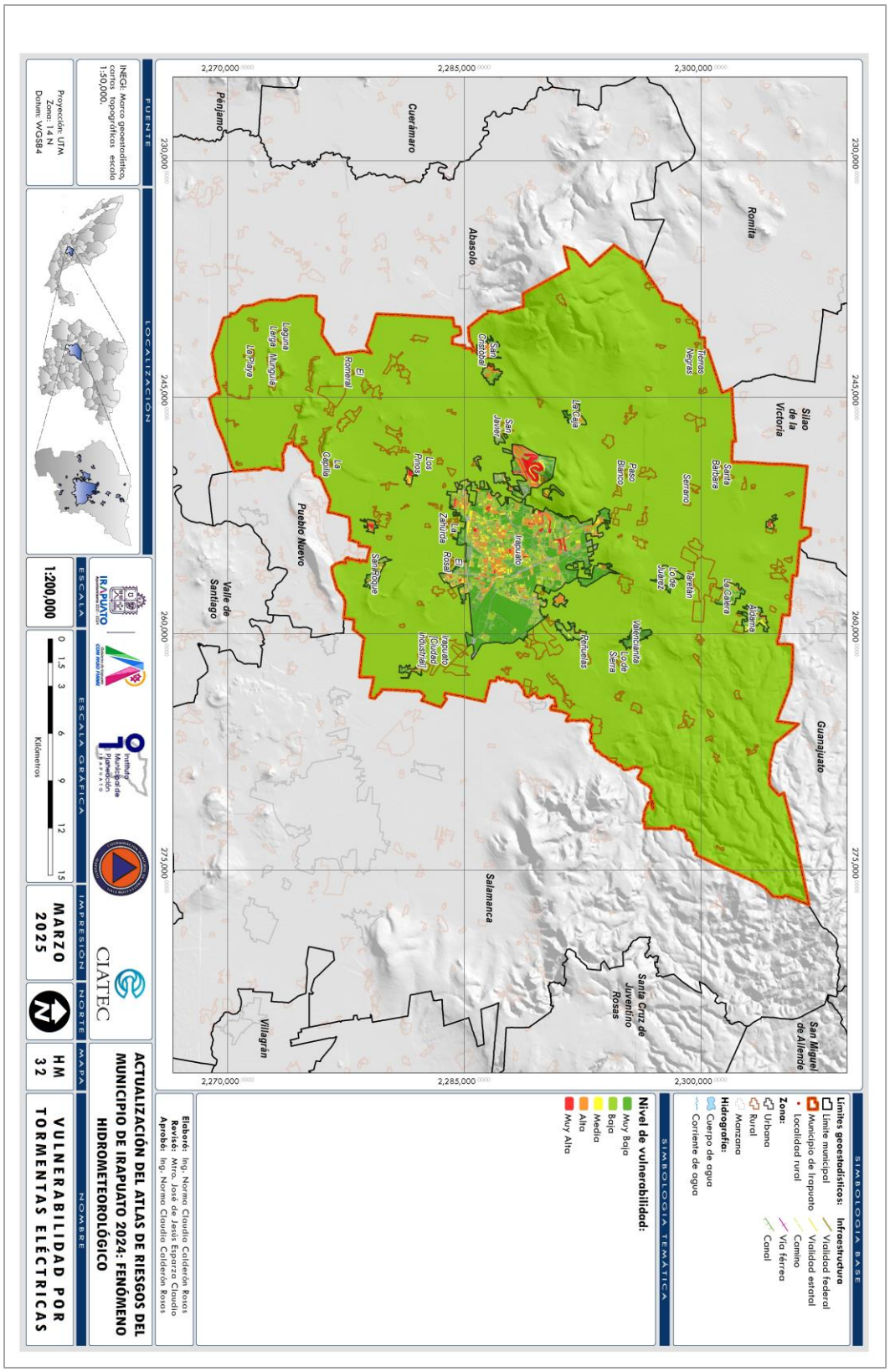
Asimismo, las zonas rurales del municipio presentan una vulnerabilidad particular. Comunidades como Aldama, San Roque o Lo de Juárez no siempre cuentan con acceso a sistemas de alerta temprana o con brigadas de protección civil cercanas. Además, los caminos de acceso pueden volverse intransitables durante una tormenta intensa, dificultando la atención de emergencias.

Desde el punto de vista social, la población en situación de pobreza, adultos mayores que viven solos, personas con discapacidad y viviendas sin acceso a servicios básicos están en mayor riesgo. La desigualdad en el acceso a la información, por falta de conectividad o alfabetización digital, también limita la capacidad de respuesta comunitaria. Con los factores descritos anteriormente, se propuso la siguiente ecuación tomando como base algunos de los descriptores del CPV2020, (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020, 2021):

$$VS_{TorEle} = 0.4(P_{0A14} + P_{65YMAS}) + 0.3P_{DISMOT} + 0.1PE_{INAC} + 0.20(VPH_{REFR} + VPH_{LAV} + VPH_{MICR} + VPH_{TV} + VPH_{PC} + VPH_{CEL})$$

Donde:

VS_{TorEle}	Vulnerabilidad social por tormentas de granizo.
P_{0A14}	Población de 0 a 14 años.
P_{65YMAS}	Población de 65 años y más.
P_{DISMOT}	Población con discapacidad motriz.
PE_{INAC}	Población de 12 años y más no económicamente activa.
VPH_{REFR}	Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador.
VPH_{LAV}	Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora.
VPH_{MICR}	Viviendas particulares habitadas que disponen de microondas.
VPH_{TV}	Viviendas particulares habitadas que disponen de televisor.
VPH_{PC}	Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora, laptop o tablet.
VPH_{CEL}	Viviendas particulares habitadas que disponen de teléfono celular.



Mapa 33: Nivel de vulnerabilidad por tormentas eléctricas.

Para el análisis de riesgo, se recurrió a la formulación de la siguiente matriz, con base en la premisa de que el riesgo de evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad, como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 51: Matriz de evaluación de riesgo por tormentas de eléctricas.

		Vulnerabilidad				
		Muy Baja	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy Alta**
Peligro	**Muy Bajo**	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio
	Bajo	Muy Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Alto
	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Alto	Alto
	Alto	Medio	Medio	Alto	Alto	Muy Alto
	Muy Alto	Medio	Alto	Alto	Muy Alto	Muy Alto

Fuente: elaboración propia.

Buscar seguridad ante tormentas eléctricas es crucial debido al riesgo de lesiones graves o incluso fatales por rayos. Es importante tomar precauciones para minimizar la exposición a estos peligros, como buscar refugio en interiores o un vehículo con techo rígido, evitar estructuras metálicas, espacios abiertos y objetos altos.

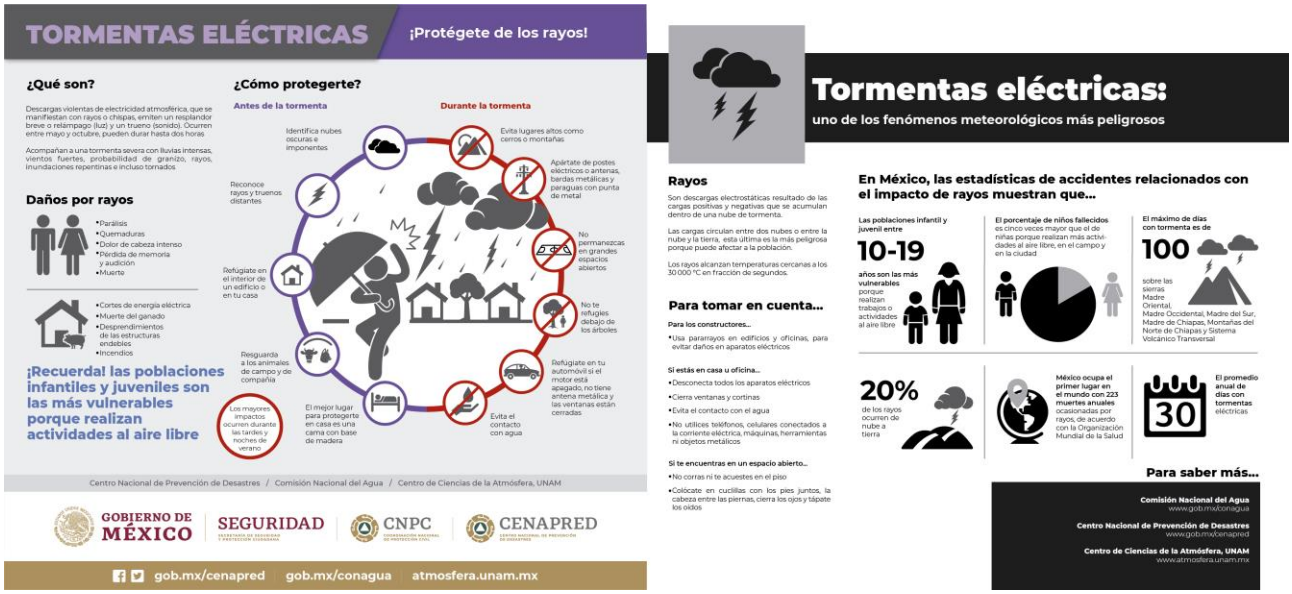
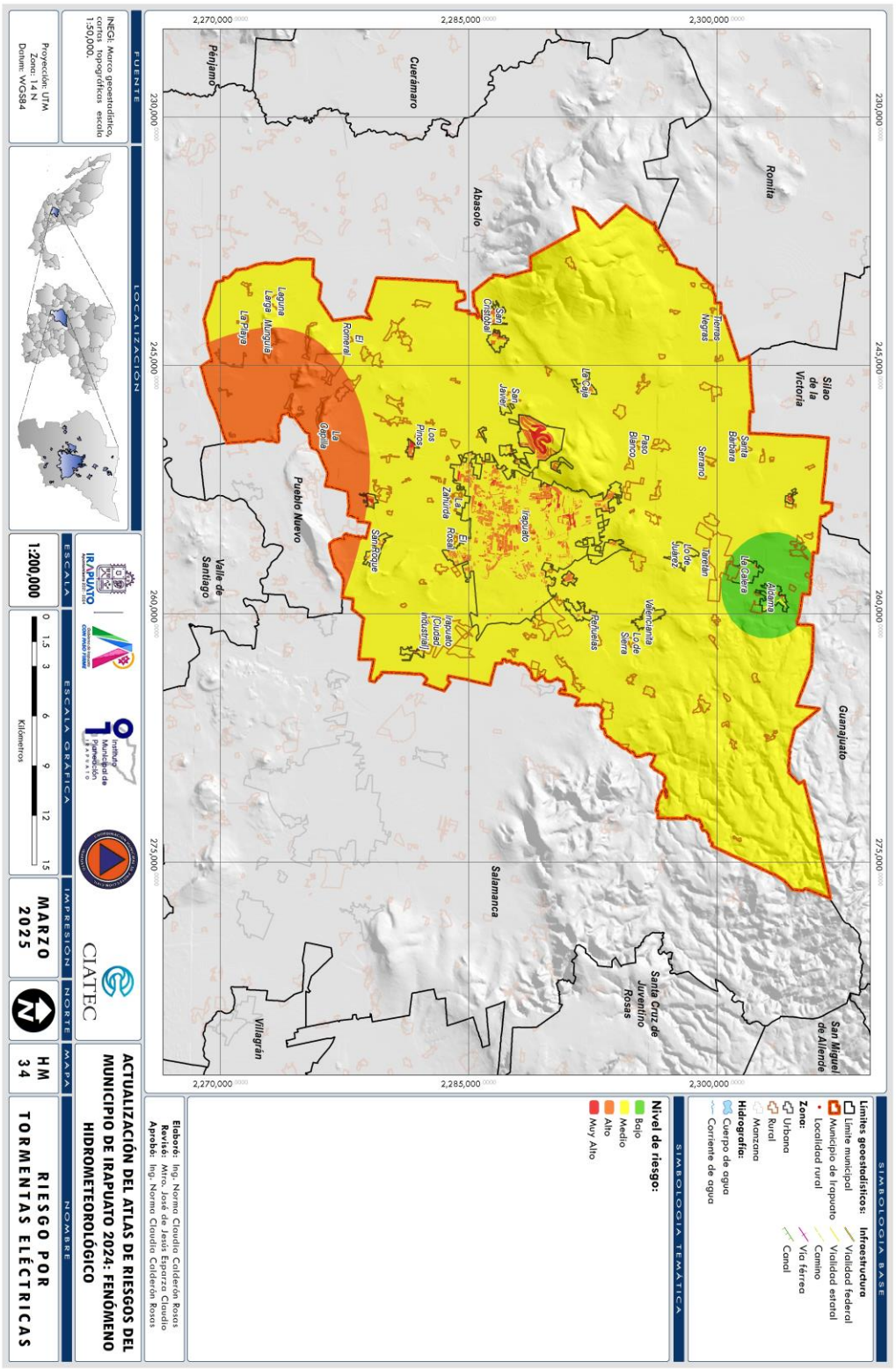


Figura 66: Infografía emitida por CENAPRED para el tema de tormentas eléctricas a nivel nacional.

Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024)



Mapa 34: Nivel de riesgo por tormentas eléctricas.

XIII. INUNDACIONES FLUVIALES

México es propenso a presentar afectaciones atmosféricas y climáticas que causan inundaciones en el territorio, debido a que las características de relieve, ubicación geográfica, el clima y la precipitación, hacen un lugar idóneo para la generación de estás.

El agua es uno de los recursos naturales más valiosos del mundo, debido a todos los beneficios sociales y económicos que se derivan de su uso, sin embargo, junto con las ventajas, también trae consigo situaciones extremas, es decir, las lluvias intensas que se desarrollan durante días o incluso tan violentas que, en pocos minutos u horas, pueden provocar inundaciones. Las inundaciones, son uno de los fenómenos naturales más comunes en nuestro país, sobre todo en las entidades federativas que se encuentran en las costas del Pacifico o Atlántico. Prácticamente todos los años se produce desbordamiento de ríos y arroyos, por el exceso de precipitaciones, generando efectos negativos y daños, sin embargo, aunado a las precipitaciones, una de las mayores problemáticas que actualmente se viven por las inundaciones se refiere a la generación de residuos depositados en arroyos (zona rural), así como drenajes o vialidades (zona urbana) que dificulta el libre escurrimiento.

Las inundaciones urbanas generalmente ocurren donde el paisaje natural ha sido fuertemente modificado o alterado por la creación de calles, aceras, edificios y caminos. En estos entornos, las superficies impermeables interrumpen la absorción del agua de lluvia en el suelo y, en consecuencia, en lugar de los procesos naturales, el sistema de alcantarillado se convierte en el modo central para la eliminación de aguas pluviales, (ver siguiente figura). Una inundación urbana también puede etiquetarse como una inundación repentina. Cuando se producen precipitaciones de alta intensidad en un entorno urbano, los niveles de inundación pueden alcanzarse rápidamente debido a la dificultad del sistema de alcantarillado para evacuar la continua lluvia. Por consiguiente, en este incidente, el evento se clasificaría como una inundación repentina urbana. Debido al aumento de la urbanización y a los efectos del cambio climático, la amenaza de inundaciones urbanas es cada vez más presente.

Figura 67: Diferencias del ciclo hidrológico en zona urbana y rural.
Fuente: elaboración propia

Las inundaciones fluviales son uno de los fenómenos naturales más destructivos, y afectan tanto a las zonas urbanas como rurales. El cambio climático, la deforestación y el crecimiento desmesurado de las ciudades han incrementado la frecuencia y la intensidad de estos eventos, por lo que resulta crucial contar con herramientas que permitan evaluar y mitigar los riesgos asociados a ellos. En este contexto, las simulaciones hidrológicas e hidráulicas se presentan como instrumentos esenciales para la gestión del riesgo de inundaciones fluviales, ya que permiten predecir con mayor precisión los escenarios de riesgo y proponer soluciones eficientes.

XIII.1 Inundaciones históricas en el municipio

A lo largo de los siglos, las inundaciones han dejado una huella significativa tanto en el desarrollo urbano como en la estructura socioeconómica del municipio; por su ubicación geográfica, situado en una cuenca rodeada por cerros y atravesada por ríos y arroyos, lo convierte en un área propensa a las crecidas fluviales.

En el siglo XVI, durante la época colonial, se registraron las primeras inundaciones documentadas en Irapuato, las cuales afectaron los cultivos y el incipiente asentamiento. La vulnerabilidad de la región quedó en evidencia con las fuertes lluvias estacionales, que rápidamente saturaban los cauces de los ríos Silao y Guanajuato. Durante el siglo XIX, las inundaciones se intensificaron debido al crecimiento poblacional y a la expansión agrícola. En 1865, una de las peores crecidas arrasó con parte del centro histórico,

destruyendo viviendas e infraestructuras. Las crónicas locales mencionan pérdidas significativas y el desplazamiento temporal de habitantes hacia zonas más altas.

El siglo XX trajo consigo avances en infraestructura hidráulica, como la construcción de presas y canales, pero no evitó desastres considerables. En 1973, una inundación catastrófica provocó daños masivos, obligando a las autoridades a implementar nuevas políticas de control de inundaciones. Sin embargo, la urbanización acelerada durante las últimas décadas del siglo agravó el problema, ya que se redujeron las áreas de absorción natural del agua.

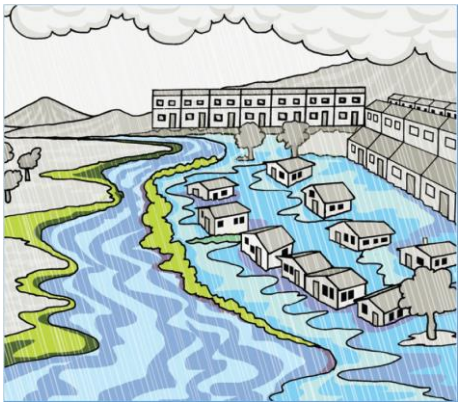
En el siglo XXI, las inundaciones en Irapuato continúan siendo un desafío por los efectos del cambio climático. En 2018, una serie de lluvias intensas causaron severas anegaciones en varias colonias, demostrando que las medidas implementadas hasta el momento resultan escasas. Hoy en día, el municipio sigue trabajando en proyectos de infraestructura para mitigar los riesgos, pero la amenaza de inundaciones sigue latente, afectando a las comunidades más vulnerables y planteando un reto constante para las autoridades locales.

XIII.2 Inundaciones y encharcamientos

La diferencia entre inundación y encharcamiento radica en la magnitud, duración y el impacto del agua acumulada (IDEAM, 2007):

Tabla 52: Diferencia entre inundación y encharcamiento.

	Inundación	Encharcamiento
Definición	Evento hidrológico en el cual el agua cubre áreas que normalmente están secas, generalmente debido al desbordamiento de ríos, lluvias intensas o fallos en infraestructuras hidráulicas.	Acumulación temporal de agua en superficies debido a lluvias intensas, drenaje insuficiente o terreno impermeable, formando charcos o pequeñas áreas anegadas.
Características	• Afecta extensas áreas geográficas. • Puede durar desde horas hasta varios días. • Provoca daños significativos en infraestructuras, viviendas y cultivos. • Representa un riesgo considerable para la vida humana y animal.	• Afecta áreas reducidas y específicas, como calles o terrenos bajos. • Es de corta duración, generalmente desaparece en pocas horas. • Causa molestias en la movilidad y puede afectar la infraestructura

	Inundación	Encharcamiento
		vial, pero con menor severidad que una inundación.
		

Fuente: elaboración propia

XIII.2.1 Recorrido de cauces 2013

Durante el desarrollo del componente de inundaciones en el año 2013, se realizó un recorrido de los cauces identificados por Protección Civil Municipal con problemática de desbordamiento y/o inundaciones, los cuales se mencionan a continuación:

Tabla 53: Puntos problemáticos por inundaciones en Irapuato, junio 2013.

Punto	Ubicación	Problemática
1	Calle Hidalgo esquina con calle Bejuco Col. Los Álamos X=253,268 Y=2,285,775	Este punto presenta graves encharcamientos debido a la topografía del cruce de las calles (forma de cuenca) la cual no permite la salida del agua acumulada sino la concentración de la misma.
2	Blvd. M. J. García (afuera de CECATI) X=252,956 Y=2,286,788	Este punto presenta acumulación de agua debido al lento desfogue de la misma a través del sistema de red de alcantarillado.
3	Calle Celaya Col. Los Hoyos X=256,476 Y=2,287,915	Este punto presenta la misma problemática que el punto 1, inundación por falta de escurrimiento superficial. En la foto se alcanza a apreciar que algunos vecinos han construido pequeños diques a la entrada de las viviendas para contener el paso del agua hacia el interior de las mismas.

Punto	Ubicación	Problemática
4	Confluencia Arroyo Sta. Rita y Río Guanajuato X=257,691 Y=2,288,521	En época de lluvias, el talud tiene a presentar filtraciones debido a la fuerza del agua, procediendo a reforzar dicho talud con concreto o "liner" especial. En algunas partes de los hombros de este río no se respeta el derecho de vía y las viviendas están a pie del talud del río.
5	Calle Mariano Abasolo Las Huertas X=258,490 Y=2,289,787	Al igual que el punto 1 y 3, esta zona presenta falta de escurrimiento lo que ocasiona acumulación de agua, así como también pendiente en contra del terreno agrícola aledaño en la parte norte de dicha calle.
6	Arroyo Zarco Comunidad Aldama X=258,707 Y=2,303,518	En esta comunidad se ha desbordado el Arroyo Zarco inundando un jardín de niños en la margen derecha del mismo.
7	Fracc. Colón X=256,719 Y=2,286,728	Ruptura de vinimanta, infiltración en taludes.
8	Villas de San Cayetano X=258,181 Y=2,289,320	Socavación de talud
9	Rancho Monte León X=255,074 Y=2,281,533	Azolve de río, desbordamiento de corriente
10	Carr. Irapuato – Pueblo Nuevo X=252,271 Y=2,276,374	Azolve de río, desbordamiento de corriente
11	Ejido La Soledad X=248,990 Y=2,281,801	Infiltración, debilitamiento y en ocasiones caída de taludes
12	Comunidad La Caja X=247,163 Y=2,291,130	Anegamiento a causa de taponeo con basura
13	Col. San Joaquín (Residencial Los Fresnos) X=256,143 Y=2,283,441	Desbordamiento de canales de riego que confluyen en esquina inferior izquierda del fraccionamiento. Se tiene un cárcamo de bombeo pero es insuficiente por el agua acumulada
14	La Floresta X=256,265 Y=2,283,892	Anegamiento por bajos niveles en vialidades
15	Las Carmelitas II X=255,310 Y=2,284,053	Obstrucción de cauce en dren a causa de obra

Fuente: (IMPLAN, 2013)

Asimismo, en 2013 PC municipal informó que se tenían detectadas las siguientes colonias a lo largo de los principales ríos que atraviesan el municipio, los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 54: Zonas de riesgo a inundación por cercanía a corrientes de agua.

Río / Arroyo	Colonia
Arroyo Santa Rita	Villas de San Cayetano San Isidro, Las Huertas Francisco Villa Josefa Ortiz de Domínguez

Río / Arroyo	Colonia
Río Guanajuato	San Cayetano de Luna Josefa Ortiz de Domínguez 24 de abril, Ernesto Che Guevara Lucio Cabañas Jardines de la Hacienda Valle de Las Flores, Fracc. San Roque Fracc. Colón 1ª y 2ª sección, Floresta
Río Silao	La Soledad, Santa Elena Col. La Soledad, El Guayabo Colinas del Río

Fuente: (IMPLAN, 2013)

De acuerdo a Protección Civil de Irapuato las zonas que la dependencia tenía como detectadas como zonas de riesgo por encharcamientos o inundación debido a niveles bajos de urbanización eran:

- Campestre Las Flores.
- Rinconada de Los Arcos.
- Blvd. Solidaridad.
- Plan Guanajuato.
- Los Hoyos.
- Rinconada de Los Fresnos.
- Fracc. Colón.
- Hacienda La Virgen.
- Valle del Sol.
- Floresta.
- Calle Hidalgo y Bejuco.
- Carmelitas II

XIII.2.2 Recorrido e inspección de cauces 2024

Un cauce sano y estable es resiliente a perturbaciones; éste se define como un canal de drenaje natural de los escurrimientos perennes o intermitentes de una cuenca, y su comportamiento de un cauce o sistema de ríos obedece a un proceso físico de escurrimientos provenientes de lluvias o del drenaje subterráneo de un acuífero hacia un cauce. Un sistema de corrientes, o cauces, está sujeto a ajustes permanentes de un equilibrio dinámico natural entre los caudales líquido (Q) y sólido (Q_s), carga de sedimento (D), pendiente del cauce (S), como se indica en la siguiente figura:

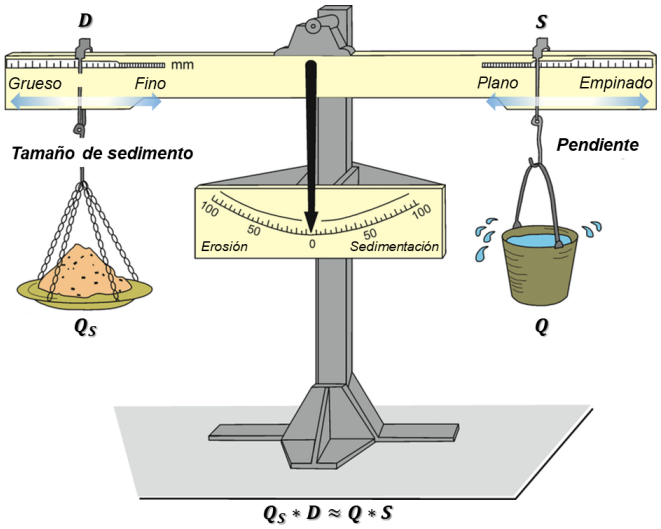


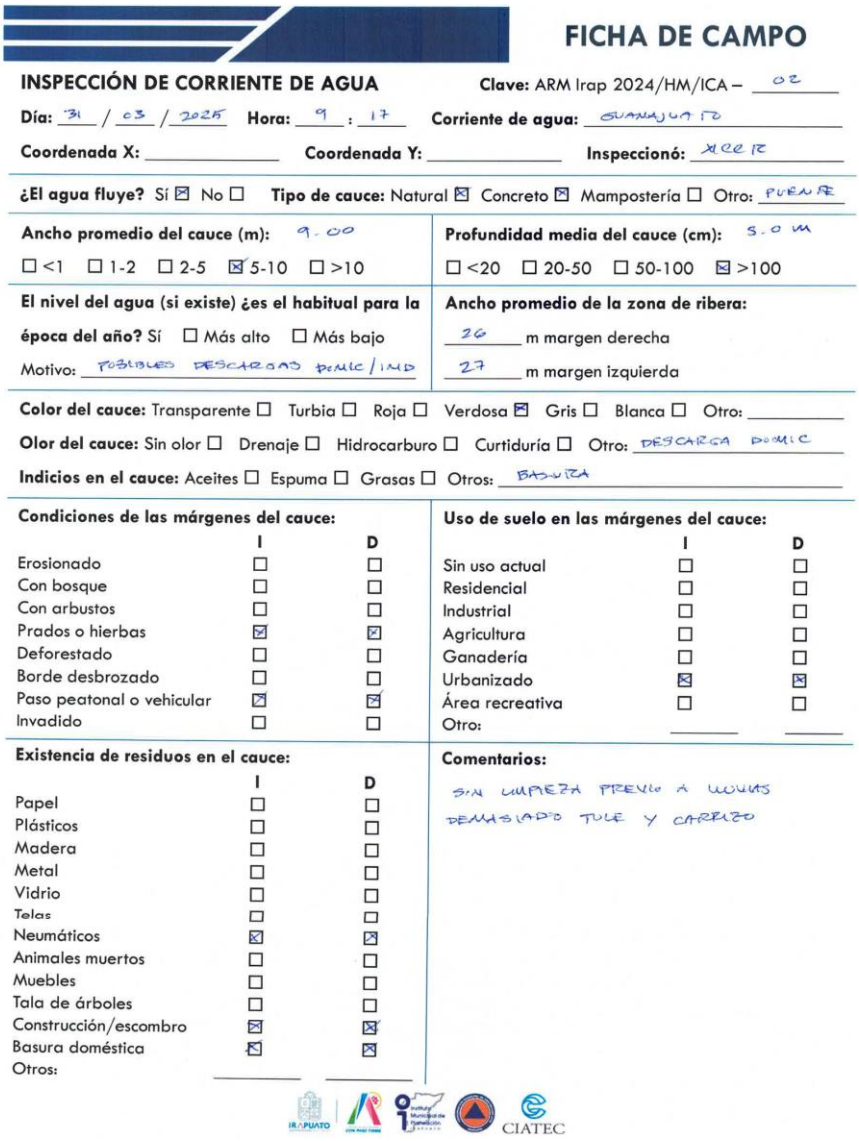
Figura 68: Analogía de la balanza de Lane.
Fuente: (IMTA, Cursos, 2011).

Las lluvias tienen efectos benéficos, sin embargo, también pueden afectar zonas no deseadas debido a su intensidad y la concentración de los escurrimientos. Por lo anterior, es necesario prevenir eventuales incidentes como la falla de una presa, deslizamientos, o inundaciones por avenidas ordinarias y extraordinarias producidas por las descargas de las presas o por desbordamiento de arroyos, ríos y lagunas, o por un drenaje deficiente, que pueda afectar a la población en general y en particular, a la asentada en las márgenes de los ríos, (IMTA, CENCA, 2011).

Los riesgos de inundación se incrementan con la modificación desfavorable del funcionamiento natural de los cauces y sistemas fluviales, ya que muchas veces son alterados por actividades antropogénicas, entre éstas por la construcción de presas, bordos, presas de jales, derivadoras, puentes, vados, cruces de autopistas carreteras, caminos, líneas vitales (tuberías, gasoductos, oleoductos, acueductos) que modifican el régimen natural en unos sitios de manera favorable con beneficios a la población, en otros sitios afectan de manera desfavorable debido principalmente al crecimiento desordenado de la urbanización en zonas sujetas a inundaciones.

Los principales daños a la población son producidos por inundaciones, desbordamientos, deslizamientos y avalanchas de sedimentos, tanto en las zonas urbanas como en las rurales originadas por insuficiencia hidráulica de los cauces atribuida a obstrucciones por: azolve, obras sin capacidad hidráulica adecuada, basura, invasión de las zonas federales y de protección, y en menor medida por la concentración de lluvias torrenciales o falla de estructuras.

En consideración a lo anterior, se realizó un recorrido de varios puntos sobre los cauces con el fin de identificar alguna problemática mencionada en el taller participativo, así como dimensionar obras de infraestructura para la modelación de estos elementos. La siguiente imagen presenta las anotaciones de la inspección realizada a los cauces; las fichas de campo se pueden consultar en el Anexo 2 del presente documento electrónico:



FICHA DE CAMPO

INSPECCIÓN DE CORRIENTE DE AGUA **Clave:** ARM Irap 2024/HM/ICA – 02

Día: 31 / 03 / 2025 **Hora:** 9 : 17 **Corriente de agua:** GUANAJUATO

Coordenada X: _____ **Coordenada Y:** _____ **Inspeccionó:** MCCR

¿El agua fluye? Sí ☒ No ☐ **Tipo de cauce:** Natural ☒ Concreto ☒ Mampostería ☐ Otro: PUENTE

Ancho promedio del cauce (m): 9.00
☐ <1 ☐ 1-2 ☐ 2-5 ☒ 5-10 ☐ >10

Profundidad media del cauce (cm): 5.0 M
☐ <20 ☐ 20-50 ☐ 50-100 ☒ >100

El nivel del agua (si existe) ¿es el habitual para la época del año? Sí ☐ Más alto ☐ Más bajo
Motivo: POSIBLES DESCARGAS DOMIC / IND

Ancho promedio de la zona de ribera:
26 m margen derecha
27 m margen izquierda

Color del cauce: Transparente ☐ Turbia ☐ Roja ☐ Verdosa ☒ Gris ☐ Blanca ☐ Otro: _____

Olor del cauce: Sin olor ☐ Drenaje ☐ Hidrocarburo ☐ Curtiduría ☐ Otro: DESCARGA DOMIC

Indicios en el cauce: Aceites ☐ Espuma ☐ Grasas ☐ Otros: BASURA

Condiciones de las márgenes del cauce:

	I	D
Erosionado	☐	☐
Con bosque	☐	☐
Con arbustos	☐	☐
Prados o hierbas	☒	☒
Deforestado	☐	☐
Borde desbrozado	☐	☐
Paso peatonal o vehicular	☒	☒
Invadido	☐	☐

Uso de suelo en las márgenes del cauce:

	I	D
Sin uso actual	☐	☐
Residencial	☐	☐
Industrial	☐	☐
Agricultura	☐	☐
Ganadería	☐	☐
Urbanizado	☒	☒
Área recreativa	☐	☐
Otro:	_____	_____

Existencia de residuos en el cauce:

	I	D
Papel	☐	☐
Plásticos	☐	☐
Madera	☐	☐
Metal	☐	☐
Vidrio	☐	☐
Telas	☐	☐
Neumáticos	☒	☒
Animales muertos	☐	☐
Muebles	☐	☐
Tala de árboles	☐	☐
Construcción/escombro	☒	☒
Basura doméstica	☒	☒
Otros:	_____	_____

Comentarios:
SIN LIMPIEZA PREVIO A LLUVIAS
DEMASIADO TULE Y CARRIZO

Figura 69: Ejemplo de ficha de campo para recorridos de cauces.
Fuente: elaboración propia.

Camino a San Cayetano de Luna

P. del Río / Fuente Barroca

Av. Ignacio García Téllez / Valle de los Alcatraces

Carr. Irapuato – Abasolo (cercanía Fabrica de Transformadores BUVE SA de CV)

Localidad Aldama

Vía del FFCC (cercanía PTAR 1° de Mayo)

P. del Río / Antiguo Camino a Las Ánimas

Silao – Irapuato (Parador El Rey de las Fresas)

Cuanta Brigada (cercanía Granja Santa Rosa de Lima)

Ciudad Indusrial Irapuato

Castro del Río

Camino al Carrizal

Com. El Barrial

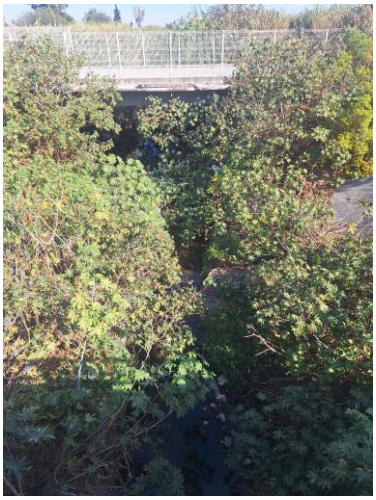
Camino a San Roque

R. Silao (cercanía Rancho Nuevo Dolores)

P.I. Castro del Río

A. Temascatío

Camino Carrizales



Blvd. San Roque / P. Floresta

Figura 70: Evidencias de recorrido de cauces.

Con base en la evidencia recabada durante los recorridos, se observa la importancia del mantenimiento rutinario de los cauces con el fin de prevenir cualquier tipo de evento, y no únicamente previo a la temporada de lluvias, ya que durante la temporada de secas son recurrentes los incendios premeditados.

XIII.2.3 Resultados del componente en el atlas de riesgos 2013

Con base en la información consultada en dependencias oficiales, así como en las simulaciones elaboradas en la versión de HEC-RAS disponible en 2013, se realizó en análisis de inundaciones, donde se cuantificaron 95,966 habitantes en zona urbana y 16,642 a nivel localidad.

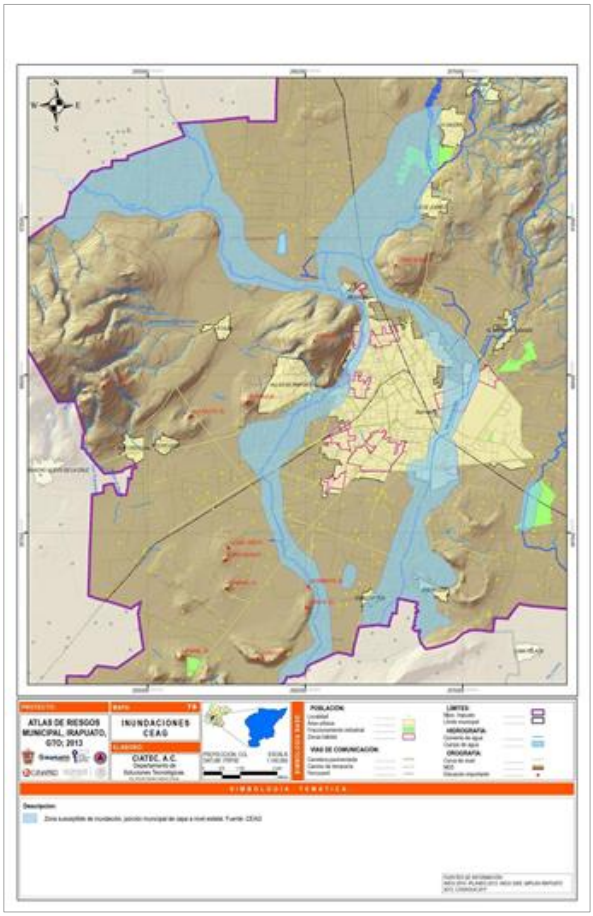


Figura 71: Mapa de llanura de inundación para el municipio de Irapuato 2013.
Fuente: (IMPLAN, 2013)

XIII.3 Evolución del software HEC-RAS en la modelación de inundaciones en una y dos dimensiones

El software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) representa hoy en día una de las herramientas más robustas y ampliamente utilizadas para el análisis hidráulico y la modelación de inundaciones. Desde su desarrollo inicial por el U.S. Army Corps of Engineers, HEC-RAS ha experimentado una evolución constante, incorporando innovaciones tecnológicas y metodológicas que lo han convertido en un pilar esencial en la gestión del riesgo hídrico y la planificación territorial.

En sus primeras versiones, HEC-RAS estaba diseñado principalmente para modelar flujos en una dimensión (1D), lo que permitía realizar cálculos de perfiles de flujo en ríos y canales considerando únicamente variaciones longitudinales. Este enfoque, aunque útil, presentaba limitaciones significativas para representar fenómenos complejos como las expansiones laterales del flujo durante eventos de crecida, desbordamientos y la interacción con planicies inundables. La evolución hacia la modelación en dos dimensiones (2D), incorporada en versiones más recientes, marcó un punto de inflexión al permitir simular el flujo de agua en ambas direcciones horizontales (longitudinal y transversal). Esta capacidad 2D ha posibilitado representar con mayor precisión los patrones espaciales del flujo, las zonas de inundación y la velocidad de propagación del agua sobre superficies irregulares.

La innovación en HEC-RAS no se ha limitado solo a la geometría del flujo. Con el tiempo, se ha incorporado la compatibilidad con Modelos Digitales de Elevación (MDE) de alta resolución, facilitando la definición detallada de la topografía del terreno y mejorando la exactitud en la identificación de áreas vulnerables. Los MDE permiten captar microvariaciones del relieve que son determinantes para modelar trayectorias del flujo superficial y zonas de acumulación. Gracias a estas mejoras, los ingenieros y especialistas pueden diseñar medidas de mitigación más precisas, como obras de protección, sistemas de drenaje o zonas de amortiguamiento.

Otro avance crucial ha sido la integración de datos climatológicos históricos y escenarios futuros de precipitación y temperatura. La incorporación de series históricas de lluvia y caudales permite calibrar y validar los modelos con base en eventos pasados, asegurando que las simulaciones reproduzcan con fidelidad el comportamiento hidrológico real. Asimismo, el uso de proyecciones climatológicas contribuye a la planeación preventiva,

anticipando los efectos de eventos extremos vinculados al cambio climático y evaluando el desempeño de infraestructuras ante posibles escenarios futuros.

Además, HEC-RAS ha adoptado interfaces gráficas y motores de cálculo más potentes, optimizando el tiempo de simulación y facilitando la interpretación de resultados mediante mapas y animaciones dinámicas. Estas herramientas visuales son fundamentales para comunicar riesgos a tomadores de decisiones y comunidades vulnerables, promoviendo una gestión del riesgo más participativa e inclusiva.

La evolución de HEC-RAS hacia la modelación 2D, sumada a la integración de MDE de alta resolución y datos climatológicos históricos, refuerza su papel como herramienta estratégica en la planificación hídrica y la reducción de riesgos por inundaciones. Gracias a estas innovaciones, hoy es posible simular escenarios con un nivel de detalle que facilita tomar decisiones informadas y diseñar soluciones resilientes frente a eventos hidrometeorológicos extremos.

En conclusión, la transformación de HEC-RAS es un claro ejemplo de cómo la tecnología y la ciencia pueden converger para fortalecer la gestión de los recursos hídricos y proteger vidas y bienes. La capacidad de integrar información topográfica precisa y datos climáticos confiables no solo mejora la exactitud de las simulaciones, sino que también contribuye a construir comunidades más seguras y adaptadas al futuro.

XIII.3.1 Simulaciones hidrológicas: evaluación de los procesos de escorrentía

Las simulaciones hidrológicas son procesos computacionales que buscan modelar el ciclo del agua en una cuenca hidrográfica. Estas simulaciones ayudan a comprender cómo se distribuyen y se mueven las precipitaciones sobre un territorio, y cómo estas se convierten en escorrentía, un factor clave en el comportamiento de las inundaciones fluviales. En términos sencillos, las simulaciones hidrológicas permiten estimar el volumen de agua que fluye a través de un río o arroyo debido a la lluvia, teniendo en cuenta variables como el uso del suelo, la cobertura vegetal, la topografía y las características del suelo.

El modelado hidrológico es fundamental para prever los caudales que podrían generarse en una cuenca en función de las lluvias intensas. Estos modelos, al ser alimentados con datos meteorológicos y topográficos, permiten estimar los caudales de diseño, es decir, los flujos de agua asociados a distintos eventos de lluvia, en distintas zonas geográficas y en diferentes periodos de tiempo. Esto ayuda a los responsables de la gestión de cuencas a

identificar las zonas vulnerables y a implementar medidas preventivas o de mitigación de riesgos, como la construcción de embalses, presas o diques, así como la planificación urbana adecuada.

XIII.3.2 Simulaciones hidráulicas: predicción del comportamiento del agua en el terreno

Por otro lado, las simulaciones hidráulicas se centran en el análisis del comportamiento del agua en un sistema fluvial, una vez que esta ha sido generada por las precipitaciones. A través de modelos hidráulicos, se pueden predecir los niveles de agua en ríos y arroyos, la velocidad con la que fluye el agua, y la manera en que se distribuye a lo largo de las márgenes fluviales. Los modelos hidráulicos permiten simular la inundación de áreas adyacentes a los ríos y evaluar la profundidad y velocidad del agua en diferentes puntos.

Los modelos hidráulicos son esenciales para conocer los posibles impactos de las inundaciones, especialmente en áreas urbanas o de alta densidad poblacional. Estos modelos pueden simular diferentes condiciones de flujo, tales como flujos laminares o turbulentos, y considerar la influencia de barreras naturales o artificiales, como puentes o presas, que puedan modificar el comportamiento del agua. Al combinar las simulaciones hidrológicas e hidráulicas, se obtiene una visión más completa del riesgo de inundaciones, lo que permite la planificación de medidas adecuadas para la protección de las personas, las infraestructuras y el medio ambiente.

XIII.3.3 Integración de simulaciones en la gestión del riesgo de inundaciones

La integración de simulaciones hidrológicas e hidráulicas en la gestión del riesgo de inundaciones fluviales resulta indispensable para la toma de decisiones informadas en términos de prevención y respuesta ante estos fenómenos. Los resultados de las simulaciones proporcionan información crucial sobre las áreas de alto riesgo de inundación, lo que facilita la elaboración de mapas de inundación detallados. Estos mapas son herramientas clave para la planificación urbana y rural, ya que permiten identificar zonas que deben ser evitadas para la construcción de viviendas o infraestructuras.

Además, las simulaciones permiten evaluar la efectividad de diferentes estrategias de mitigación, como la construcción de obras hidráulicas, el cambio en el uso del suelo o la implementación de sistemas de drenaje eficientes. Estas herramientas también son valiosas en el diseño de sistemas de alerta temprana, que pueden emitir notificaciones a las autoridades y a la población en áreas de riesgo, permitiendo la evacuación oportuna y la preparación para el evento de inundación.

XIII.3.4 Beneficios de las simulaciones en la planificación urbana y la adaptación al cambio climático

Uno de los mayores beneficios de las simulaciones hidrológicas e hidráulicas es que ayudan a prever el impacto de eventos climáticos extremos, como las lluvias intensas y los huracanes, que son cada vez más frecuentes debido al cambio climático. Al contar con modelos predictivos precisos, los urbanistas y responsables de la gestión ambiental pueden planificar de manera más eficiente las ciudades y las infraestructuras, teniendo en cuenta no solo los patrones históricos de inundación, sino también los posibles escenarios futuros bajo condiciones climáticas cambiantes.

De esta manera, las simulaciones no solo sirven para mitigar los riesgos inmediatos, sino que también constituyen una herramienta clave en los esfuerzos de adaptación al cambio climático, ayudando a crear ciudades más resilientes y sostenibles. Además, permiten tomar decisiones más informadas sobre el uso del suelo, la construcción de infraestructuras de drenaje y la restauración de ecosistemas que ayudan a regular el flujo del agua, como los humedales y las zonas forestales.

XIII.4 Metodología

La GCMEANR, en su apartado relativo al componente de inundaciones fluviales, menciona que se deberán incluir mapas de inundaciones fluviales calculadas con el tránsito hidráulico de hidrogramas de escurrimiento directo, asociados a los periodos de retorno siguientes: 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años, donde el parámetro de intensidad es el tirante de agua o profundidad de inundación. Por otro lado, el Anexo 10, menciona el posible uso de información topográfica a detalle para mejores resultados; en este aspecto cabe hacer mención que se utilizaron los Continuos de Elevaciones (CEM) disponibles para consulta y descarga por parte de INEGI, dado que el municipio no cuenta de dicha información.

XIII.5 Peligro por inundaciones fluviales

Las inundaciones pluviales, al originarse por la acumulación de escorrentía superficial asociada a precipitaciones intensas y a la capacidad de drenaje del terreno, presentan un componente topográfico sumamente relevante. La identificación de zonas deprimidas donde converge el agua es el principal criterio para determinar áreas propensas a este fenómeno. Dado que el municipio de Irapuato carece de información topográfica a

detalle sobre el sistema de drenaje artificial, el estudio de las inundaciones pluviales se centra en el reconocimiento de las zonas topográficas donde se acumula y circula el agua, con el fin de evaluar la susceptibilidad geomorfológica ante dicho evento.

Es fundamental considerar que existen factores de origen humano en las inundaciones pluviales, como las redes de drenaje artificial y la modificación del flujo superficial mediante infraestructuras construidas por el ser humano, los cuales influyen directamente en el comportamiento de los resultados obtenidos. No obstante, la susceptibilidad identificada refleja la intensidad del fenómeno a partir de condiciones geográficas propias del entorno territorial de la ciudad de Irapuato.

Dado que el análisis se basa principalmente en la topografía, es necesario realizar un preacondicionamiento del terreno para generar un Modelo Digital de Elevación hidrológicamente coherente, es decir, libre de vacíos de información, ya que estos pueden alterar significativamente los resultados del modelo de flujo. Una vez preparado el terreno con herramientas que permiten identificar y rellenar sumideros, se continúa con los procesos hidráulicos correspondientes.

XIII.5.1 Delimitación de microcuencas

XIII.5.1.1 Cuenca, región y localidad

El municipio de Irapuato se encuentra ubicado entre los paralelos 20°51' y 20°30' de latitud norte, los meridianos 101°08' y 101°33' de longitud oeste y con una altitud sobre el nivel del mar de 2,400 m. Colinda al norte con los municipios de Romita, Silao y Guanajuato, al este con el municipio de Salamanca, al sur con los municipios Salamanca, Pueblo Nuevo y Abasolo, y al oeste con los municipios de Abasolo y Romita. Por otro lado, el municipio de Irapuato ocupa cerca del 2.78% de la superficie de estado, cuenta con 571 localidades y una población total de 529,440 habitantes.

En cuanto a fisiografía se refiere, la región se encuentra en la provincia del eje Neovolcánico (98.78%) y Mesa del Centro (1.22%). Su sistema de topoformas se integra por llanura aluvial (66.27%), Meseta basáltica con lomerío (16.25%), sierra volcánica de laderas tendidas (6.45%), lomerío de basalto (4.99%), lomerío de aluvión antiguo con mesetas (4.82%) y sierra alta escarpada (1.22%).

La región tiene un clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (95.01%), templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad (2.69%) y

templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media (2.30%). Su temperatura oscila entre los 16 y 22 °C, su precipitación media anual se encuentra entre los 600 y 900 mm.

Una región hidrográfica se define como el área determinada por una divisoria que agrupa por lo menos dos cuencas hidrográficas, cuyas aguas fluyen en un cauce principal. La cobertura nacional asciende a 37 divisiones en las cuales se denota por el prefijo "RH" y los números del "01" al "37". Ejemplo "RH12".

Una cuenca hidrográfica es la superficie delimitada por una línea divisoria cuyas aguas fluyen hacia una corriente principal o cuerpo de agua; constituye una subdivisión de la región hidrográfica. La clave se compone de dos dígitos de la región hidrográfica y una letra mayúscula de la "A" a la "Z", ejemplo "RH12Kf", se define también como un área drenada por un rio canal y/o arroyo, con límites definidos que facilitan la planificación y el aprovechamiento de sus recursos, los límites de la cuenca dependen de su topografía y están determinados por la línea divisoria (Parteaguas) de los escurrimientos pluviales superficiales las cuales comúnmente son utilizadas como unidades para la planificación territorial y se subdividen en áreas menores llamadas subcuencas y micro cuencas, para el presente estudio se entenderá como microcuencas a las cuencas urbanas.

Una subcuenca hidrográfica es el área constituida como una subdivisión de la cuenca hidrográfica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. Su clave es el resultado de la concatenación de la clave de la región hidrográfica más la clave de la cuenca y una letra mayúscula de la "a" a la "Z". Ejemplo: "RH12Kf".

Las cuencas con injerencia en la zona de estudio pertenecen a la región hidrográfica RH12 (Lerma – Santiago) en su totalidad y a la cuenca B (R. Lerma – Salamanca), cabe señalar que la zona de estudio colinda al norte con la cuenca R. Verde Grande, al este con la cuenca R. Laja y al Oeste con la cuenca R. Lerma – Chapala. Por otro lado, la microcuenca de la región está dividida en tres subcuencas la cuales son las siguientes:

- Subcuenca del río Guanajuato (61.91%).
- Subcuenca del río Temascatío (25.56%).
- Subcuenca del río Turbio-Corralejo (12.53%).

En cuanto lo que respecta a las corrientes de agua, la que corresponde al río Guanajuato es de tipo Perene, mientras las que corresponden al río Temascatío y la Lobera son de tipo intermitente.

XIII.5.2 Partes de una cuenca

El presente estudio las microcuencas son consideradas cuencas urbanas o cuencas pequeñas, por ello son válidas las tres consideraciones siguientes:

- La lluvia se puede aceptar distribuida uniformemente en el tiempo
- La lluvia puede considerar distribuida uniformemente en el espació
- La duración de la tormenta generalmente excede el tiempo de concentración, además, el escurrimiento tiene las dos siguientes características:
- Procede principalmente del flujo sobre el terreno
- Los procesos de almacenamiento en el cauce son despreciables.
- Las cuencas que poseen alguna o todas las propiedades anteriores son pequeñas en un sentido hidrológico.

En las cuencas pequeñas, debido a sus características, el escurrimiento y más específicamente sus crecientes pueden ser estimadas mediante métodos paramétricos simples, los cuales engloban a los procesos hidrológicos relevantes en pocas variantes como la intensidad de lluvia, el tamaño de la cuenca y un coeficiente que toma en cuenta evapotranspiración, infiltración y otras pérdidas, lo anterior explica que el método racional es aplicable.

XIII.5.2.1 Cuenca alta

Es la parte alta de la cuenca hidrográfica, en esta región se da la mayor captación del agua de lluvias y ayuda con la regulación y suministro de agua durante el resto del año a las otras partes de la cuenca. Todas las acciones que se hagan en esta parte de la cuenca sean de carácter favorable o desfavorable, tendrán sus repercusiones en el resto de la cuenca.

XIII.5.2.2 Cuenca media

En esta zona se dan mayormente actividades productivas y es la región en donde se ejerce mayor presión hacia la parte alta de la cuenca. Esta región es una zona de

amortiguamiento entre las acciones de la parte alta de la cuenca y los efectos que se evidencian en la parte baja de la cuenca.

XIII.5.2.3 Cuenca baja

Esta parte generalmente se encuentra cercana a los poblados. En esta zona se evidencian los impactos positivos o negativos de las acciones que se hacen en la parte alta de la cuenca.

XIII.5.3 División de la cuenca hidrográfica

La diferencia entre una cuenca rurales y una urbana, radica en que la simulación de crecientes tiene cierta semejanza hidráulica entre ambas, existe similitud en el ciclo hidrológico y además ambas se dividen en sub cuencas, cuyas características hidrológicas e hidráulicas son homogéneas y están conectadas por cauces o conductos. Sin embargo, sus diferencias son sustanciales en los siguientes aspectos siguientes:

- En sus dimensiones generalmente las cuencas rurales tienen áreas de varios kilómetros cuadrados y pueden llegar a cientos y miles de Kilómetros Cuadrados, en cambio las cuencas urbanas son de varias hectáreas y difícilmente llegan a decenas de kilómetros cuadrados.
- Asociado con el tamaño el tiempo de respuesta de las cuencas rurales a una tormenta es de varias horas y hasta días, en cambio en cuencas urbanas es de unos minutos y a lo máximo de una hora.
- En las cuencas rurales las pendientes y los cauces definen el patrón de escurrimiento, en cambio, en las cuencas urbanas el modelo natural es modificado por calles, muros y otros obstáculos, incluso puede cambiar debido a los sistemas de alcantarillado y las obras de encauzamiento o rectificación de los cauces naturales.

Por otro lado, una cuenca hidrográfica se divide por sus características de la siguiente manera:

XIII.5.3.1 Cuenca

Se define como la unidad de drenaje de menor superficie que una cuenca y que forma parte de ésta. Presenta un rango de área de 5,000 a 50,000 hectáreas.

XIII.5.3.2 Subcuenca

Se define como la unidad mínima de drenaje dentro de una cuenca, y es tributaria de una subcuenca. Presenta rangos de área inferiores a 5,000 hectáreas.

XIII.5.3.3 Microcuenca (cuenca urbana)

Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca. Varias quebradas pueden conformar una microcuenca.

XIII.5.4 Metodología para la delimitación de cuencas

La delimitación del territorio municipal a partir de sus cuencas de injerencia para este estudio se realizó mediante el uso de un Modelo Digita de Elevación (MDE) de una resolución de 5.0 m, obtenido del repositorio de información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), ello con la finalidad de contar con la información de topografía adecuada. Para lograr la delimitación de las microcuencas en función de los cauces de estudio en el presente trabajo, se elaboró un tratamiento especial al MDE, el cual se desarrolló bajo las siguientes etapas:

- Identificación de depresiones topográficas del terreno: debido a que uno de los principales problemas al momento de usar MDE es la calidad de los datos, en particular a las pequeñas variaciones de elevación en terrenos planos las cuales pueden generar cambios importantes en el análisis hidrológico, fue necesario identificar aquellas anomalías sobre el terreno que de pasarse por alto podían generar que la red de drenaje sea defectuosa.
- Rellenado de depresiones: con el objetivo de corregir aquellas anomalías identificadas en el MDE, se solucionó el problema de terreno rellenando estas depresiones que se presentan especialmente en zonas relativamente planas.
- Identificación de la dirección del flujo: esta acción se realizó debido a que la identificación de la dirección del flujo es una de las claves para definir las características de una cuenca a través de un MDE.
- Identificación de la acumulación del flujo: en esta etapa se calculó el flujo acumulado de cada una de las celdas que conforman el MDE; las celdas con grandes acumulaciones de flujo se usaron para identificar corrientes y cursos de flujo que pueden ser necesarias para identificar el parteaguas de una cuenca.
- Obtención de la red de drenaje: mediante el uso de la información de acumulación de flujo, se obtuvo la definición de cada uno de los cauces que conforman la zona de estudio agrupando aquellas zonas que presentaban una mayor acumulación de flujo.

XIII.5.4.1 Delimitación de cuencas urbanas

De acuerdo con los alcances del estudio, la zona de interés se dividió en tres microcuencas, la primera la del arroyo Zarco, la cual drena sus escurrimientos hacia el río Guanajuato, la segunda la del río Guanajuato en su lado poniente, y la tercera (que a su vez se encuentra dividida en dos microcuencas), la del río Guanajuato a su paso por la Ciudad de Irapuato y que se localiza en la parte oriente del mismo cauce. En las siguientes tablas, se muestran la caracterización de cada una de ellas:

Tabla 55: Microcuenca del arroyo Zarco.

Parámetro	Unidad	Valor
Perímetro	km	39.410
Área	km²	37.997
Longitud del cauce principal	km	16.750
Altura máxima	m	2,019.540
Altura mínima	m	1,771.290
Pendiente promedio del cauce	m/m	0.015
Tiempo de concentración	min	176.497

Fuente: elaboración propia.

Tabla 56: Microcuenca del arroyo Silao.

Parámetro	Unidad	Valor
Perímetro	km	78.290
Área	km²	97.260
Longitud del cauce principal	km	16.440
Altura máxima	m	1,731.00
Altura mínima	m	1,716.00
Pendiente promedio del cauce	m/m	0.009
Tiempo de concentración	min	210.812

Fuente: elaboración propia.

Tabla 57: Microcuenca 1 del arroyo Guanajuato.

Parámetro	Unidad	Valor
Perímetro	km	40.510
Área	km²	26.060
Longitud del cauce principal	km	13.970
Altura máxima	m	1,841.00
Altura mínima	m	1,729.00
Pendiente promedio del cauce	m/m	0.008
Tiempo de concentración	min	194.551

Fuente: elaboración propia.

Tabla 58: Microcuenca 2 del arroyo Guanajuato.

Parámetro	Unidad	Valor
Perímetro	km	93.450
Área	km²	96.340
Longitud del cauce principal	km	36.050
Altura máxima	m	2,220.00
Altura mínima	m	1,729.00
Pendiente promedio del cauce	m/m	0.014
Tiempo de concentración	min	329.026

Fuente: elaboración propia.

XIII.5.5 Número de curva

El número de curva (CN) es un parámetro adimensional desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) el cual se utiliza para estimar la escorrentía directa (runoff) resultante de una lluvia sobre una cuenca hidrográfica. Este número depende de diversos factores tales como el tipo de suelo, el cual se caracteriza de acuerdo con su capacidad de infiltración en grupos hidrológicos (A, B, C o D), el uso y cobertura del suelo (bosque, cultivo, urbano, etc.), el estado de humedad antecedente y las prácticas de conservación del suelo. El número de curva varía típicamente entre valores de 30 (alta infiltración, baja escorrentía) y 100 (impermeable alta escorrentía).

De acuerdo con lo anterior para la determinación del número de curva, fue necesario caracterizar el tipo de suelo en la zona de estudio. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, la edafología del municipio está compuesta por Vertisol (65.11%), Phaeozem (18.66%), Cambisol (3.89%), Chernozem (2.78%) y Regosol (0.33%). En lo que respecta a la vegetación la zona está conformada por pastizales (10.75%), selva caducifolia (9.12%), bosque (3.30%) y matorral (1.04%).

Por otro lado, el uso de suelo corresponde en mayor medida a la agricultura (66.55%) mientras que para la zona urbana corresponde a un 8.32% del total del territorio municipal. El uso potencial de la tierra se destina a la agricultura mecanizada continua (66.44%), agricultura con tracción animal continua (0.48%), agricultura manual estacional (22.33%) y tierras no aptas para la agricultura (10.75%). Para la actividad pecuaria el uso potencial de la tierra se clasifica en praderas cultivadas (66.44%), aprovechamiento de la vegetación natural (31.85%) y tierras para el aprovechamiento natural únicamente por el ganado caprino (1.71%).

Referente a las zonas urbanas, las mismas se encuentran desarrollándose sobre suelos y rocas ígneas y sedimentarias del cuaternario, terciario-cuaternario y neógeno en llanura aluvial, lomerío de aluvión antiguo con mesetas, sierra volcánica de laderas tendidas y meseta basáltica con lomerío. El crecimiento a su vez se desarrolla sobre áreas originalmente ocupadas por suelos denominados phaeozem, vertisol y chernozem, también se observa que el desarrollo urbano actualmente se encuentra creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, pastizal, matorral y selva. Para la estimación de la escorrentía directa en la cuenca objeto de estudio, se utilizó el método del Número de Curva, el cual es ampliamente aceptado y usado por su simplicidad y precisión razonable en estudios hidrológicos de planeación y diseño. La selección del número de curva se realizó considerando los siguientes factores:

- Tipo de suelo: Mediante la revisión cartográfica, edafológica y clasificación según grupos hidrológicos (A, B, C o D), se determinó que las cuencas se encuentran predominantemente sobre suelos del grupo hidrológico B y C, caracterizado por su media capacidad de infiltración.
- Uso y cobertura de suelo: Con base en análisis de imágenes satelitales recientes, así como verificaciones en campo, se identificaron coberturas dominantes de tipo pastizal, Selva caducifolia, vegetación inducida, bosque de encino y asentamientos humanos. Estas fueron asociadas a las categorías propuestas en las tablas del manual del SCS para determinar el CN representativo.
- Condición del terreno: Se evaluó el estado del suelo (bueno, regular o malo) en términos de prácticas de conservación y cobertura vegetal, lo cual influye directamente en el valor del CN.
- Condiciones de humedad antecedente (AMC): Se consideró la condición promedio (AMC II), correspondiente a una humedad típica del suelo antes de una tormenta, en ausencia de sequía o saturación reciente. Esta es la condición recomendada por defecto cuando no se cuenta con información específica sobre eventos de lluvia.

De acuerdo con lo anterior y con base en las tablas del National Engineering Handbook, section 4 – Hydrology (USDA SCS, 1972), se seleccionó el número de curva para las microcuencas de la zona de estudio como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 59: Número de curva para la microcuenca del arroyo Zarco.

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
C	79	9.081	717.399	78
B	79	19.747	1,560.013	

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
C	79	2.349	185.571	
B	78	3.840	299.520	
B	70	2.229	156.030	
C	79	0.509	40.211	
C	79	0.105	8.295	
C	90	0.137	12.330	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 60: Número de curva para la microcuenca del río Silao.

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
C	79	50.775	4,011.225	
B	70	14.883	1,041.810	
B	70	0.145	10.150	
B	70	0.277	19.390	
D	100	0.151	15.100	
D	100	2.104	210.400	
B	70	11.980	838.600	
C	90	1.310	117.900	
D	100	0.082	8.200	
B	70	2.183	152.810	
C	79	2.617	206.743	78
C	90	3.885	349.650	
C	90	0.371	33.390	
D	100	0.646	64.600	
C	90	2.862	257.580	
C	90	0.955	85.950	
C	90	0.000	0.000	
C	90	0.719	64.710	
C	90	0.890	80.100	
C	90	0.431	38.790	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 61: Número de curva para la microcuenca uno del río Guanajuato (oriente).

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
C	79	20.001	1,580.079	
B	79	0.266	21.014	77
B	70	0.613	42.910	

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
B	70	3.916	274.120	
B	70	0.040	2.800	
C	90	0.267	24.030	
B	70	1.077	75.390	
C	90	0.004	0.360	
C	90	0.295	26.550	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 62: Número de curva para la microcuenca dos del río Guanajuato (oriente).

Grupo	CN	Área (km2)	Ai * CNi	CN ponderado
C	79	37.922	2,995.838	
B	79	20.920	1,652.680	
B	78	8.690	677.820	
B	78	13.064	1,018.992	
C	79	0.940	74.260	
B	70	2.954	206.780	
C	79	0.292	23.068	
C	79	0.830	65.570	
B	70	0.090	6.300	
C	79	1.164	91.956	78
B	70	1.736	121.520	
B	79	2.402	189.758	
B	79	0.111	8.769	
C	79	0.373	29.467	
B	79	0.807	63.753	
B	70	1.495	104.650	
B	70	1.163	81.410	
C	90	0.115	10.350	
C	90	1.267	114.030	

Fuente: elaboración propia.

XIII.6 Análisis hidrometeorológico

XIII.6.1 Estaciones climatológicas

Para el presente trabajo, se utilizó como insumo base la información histórica de precipitación máxima diaria proveniente de las siguientes estaciones climatológicas de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA):

- Estación climatológica Aldama (11004).
- Estación climatológica El Chapín (11124).
- Estación climatológica Irapuato (11028).
- Estación climatológica San Juan Temascatío (11168).
- Estación climatológica El Conejo (11134).

De estas estaciones, se analizaron las series de tiempo de precipitación contemplando la injerencia de cada una sobre las cuencas de estudio. Primeramente, se analizó cada una de las series de tiempo calculando que el periodo mínimo de recolección de datos no fuera inferior a 30 años; posteriormente se determinaron los valores de precipitación máxima mensual para cada una de las estaciones y se verificó que la información faltante de precipitación no excediera el 10% del total de información registrada.

Una vez que se verificó el criterio anteriormente descrito, se procedió a llenar los datos faltantes de información, es decir se estimaron los datos faltantes de precipitación máxima mensual para cada una de las estaciones, para ello se tomaron como referencia las estaciones climatológicas vecinas que presentaran la totalidad de registros máximos mensuales y a partir de ellos se procedió a utilizar la metodología de la recta de regresión.

XIII.6.2 Polígonos de Thiessen

Con el objetivo de conocer la precipitación media en una cuenca, es necesario analizar los registros pluviométricos de las estaciones climatológicas dentro de la zona de estudio. Para ello es necesario contar con una buena cantidad de estaciones pluviométricas, distribuidas convenientemente; con ello es posible determinar de manera adecuada la precipitación media de acuerdo a diferentes criterios. Para el presente estudio se utilizó el criterio de polígonos de Thiessen, el cual consiste en trazar triángulos que ligan las estaciones más próximas entre sí y formar polígonos cuyas caras son las líneas bisectoras de los lados de los triángulos. A continuación, se mencionan las estaciones utilizadas para dicho fin:

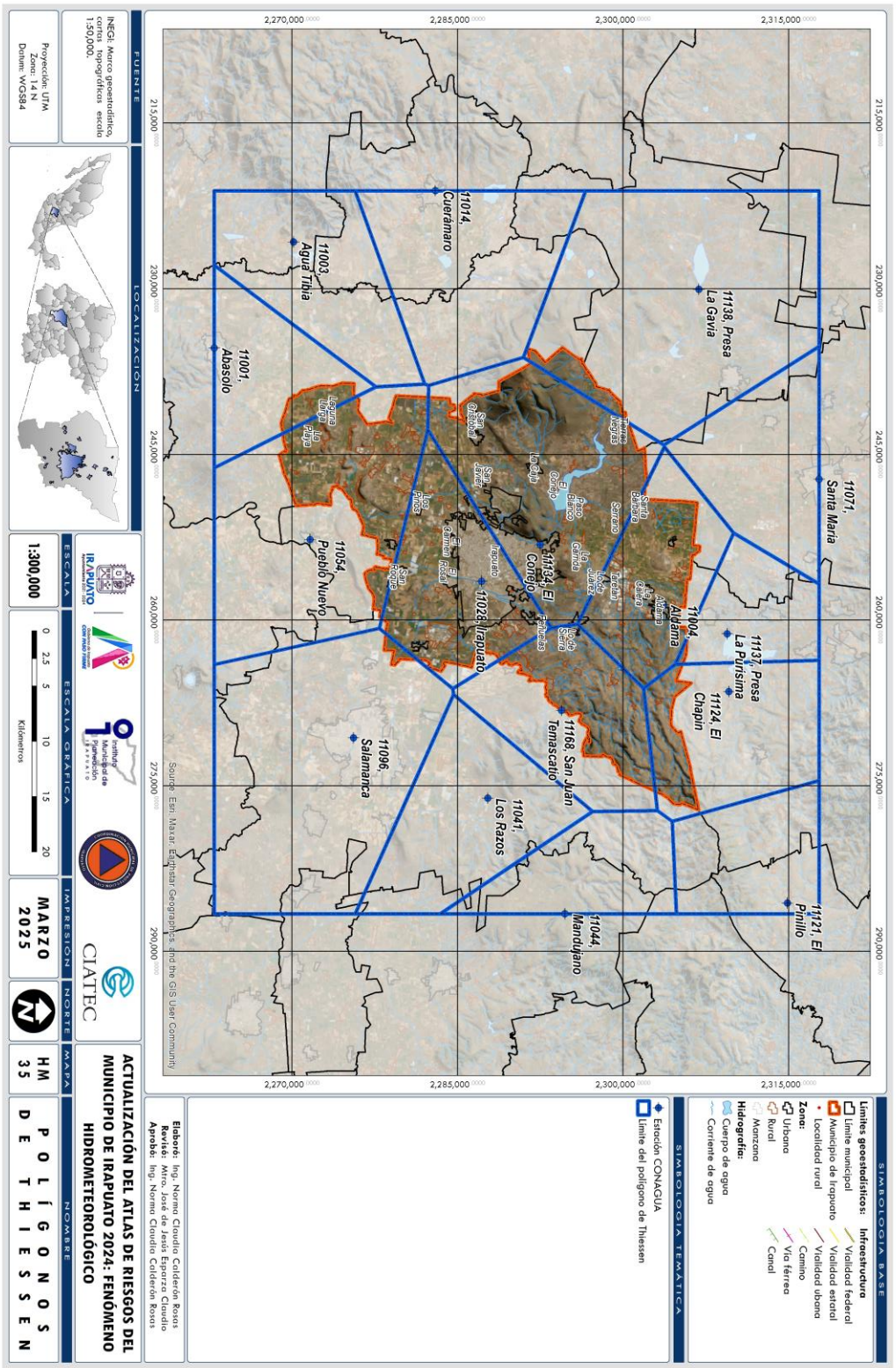
- Estación climatológica Cuerámaro.
- Estación climatológica Presa la Gavia.
- Estación climatológica Abasolo.
- Estación climatológica Agua Tibia.
- Estación climatológica Pueblo Nuevo.
- Estación climatológica El Conejo.

- Estación climatológica Santa María.
- Estación climatológica Presa La Purísima.
- Estación climatológica Salamanca.
- Estación climatológica Aldama.
- Estación climatológica Irapuato.
- Estación climatológica San Juan Temascatío.
- Estación climatológica El Chapín.
- Estación climatológica El Pinillo.
- Estación climatológica Los Razos.
- Estación climatológica Mandujano.

Para la utilización de este método, es necesario conocer la localización de las estaciones que se encuentran en la zona de estudio, puesto que son necesarias para su aplicación; se requiere además delimitar la zona de influencia de cada estación dentro del conjunto de estaciones bajo los siguientes pasos:

- Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos.
- Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos (por geometría elemental, las mediatrices correspondientes a cada triángulo, convergen en un solo punto).
- Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por líneas del polígono. El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.

En el siguiente mapa, se aprecia la distribución de las estaciones climatológicas usadas en el presente estudio, así como los polígonos de Thiessen obtenidos.



Mapa 35: Polígonos de Thiessen.

XIII.6.3 Precipitación

Una vez realizada la delimitación de injerencia de estaciones climatológicas para la zona de estudio por medio de la generación de Polígonos de Thiessen, se determinó que estaciones cumplían con los requisitos para su análisis, resultando las siguientes:

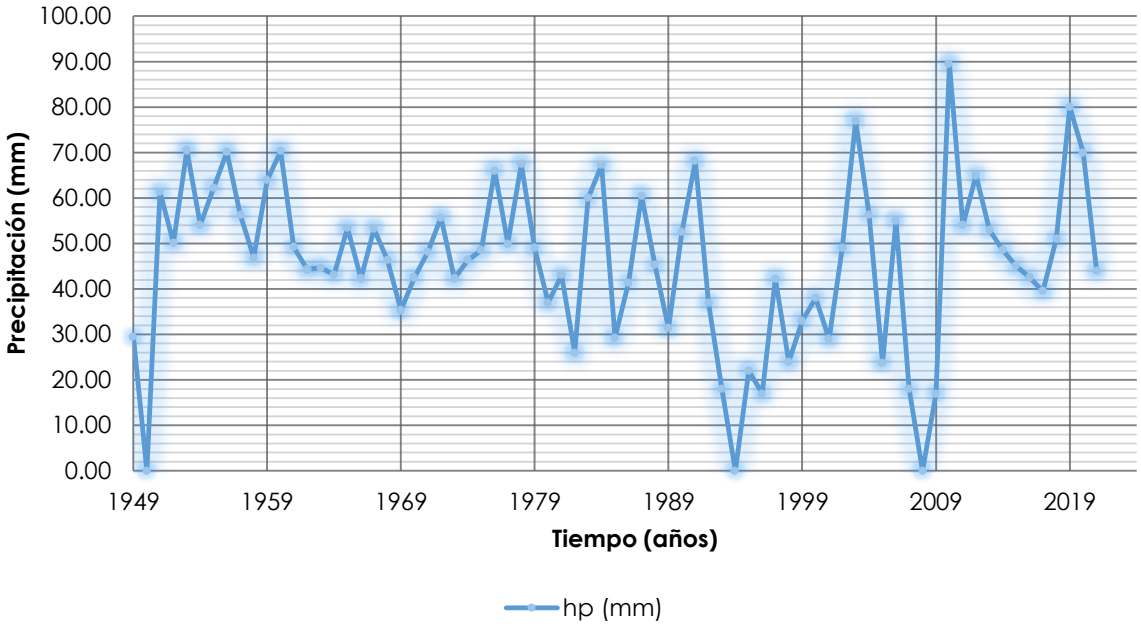
Tabla 63: Estaciones climatológicas de injerencia en la zona de estudio

Clave	Nombre	Periodo de registro
11004	Aldama	1949 - 2021
11134	El Conejo	1977 - 2022
11124	El Chapín	1978 - 2021
11168	San Juan Temascatío	1993 - 2022
11028	Irapuato	1959 - 2023

Fuente: elaboración propia.

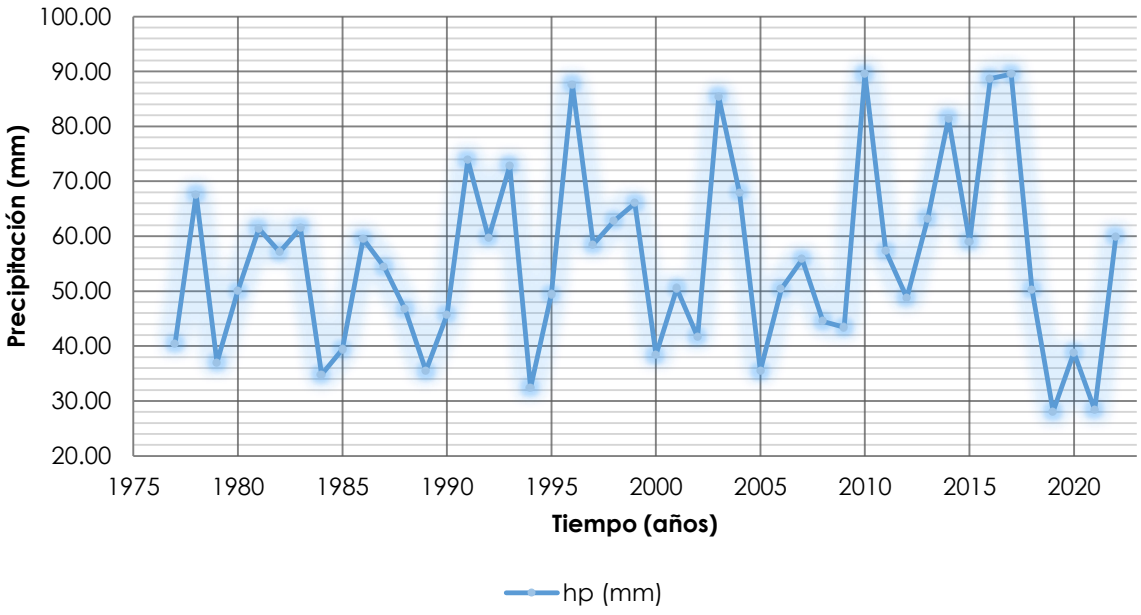
De estas estaciones se analizaron las series de tiempo de precipitación de cada una de ellas contemplando la injerencia de las mismas estaciones sobre las cuencas de estudio. Primeramente, se analizó cada una de las series de tiempo calculando que el periodo mínimo de recolección de datos no fuera inferior a 30 años, posteriormente se determinaron los valores de precipitación máxima mensual para cada una de las estaciones y se verificó que la información faltante de precipitación no excediera el 10% del total de información registrada.

Una vez que se verificó el criterio anteriormente descrito, se procedió a llenar los datos faltantes de información, es decir se estimaron los datos faltantes de precipitación máxima mensual para cada una de las estaciones, para ello se tomaron como referencia las estaciones climatológicas vecinas que presentaran la totalidad de registros máximos mensuales y a partir de ellos se procedió a utilizar la metodología de la recta de regresión.



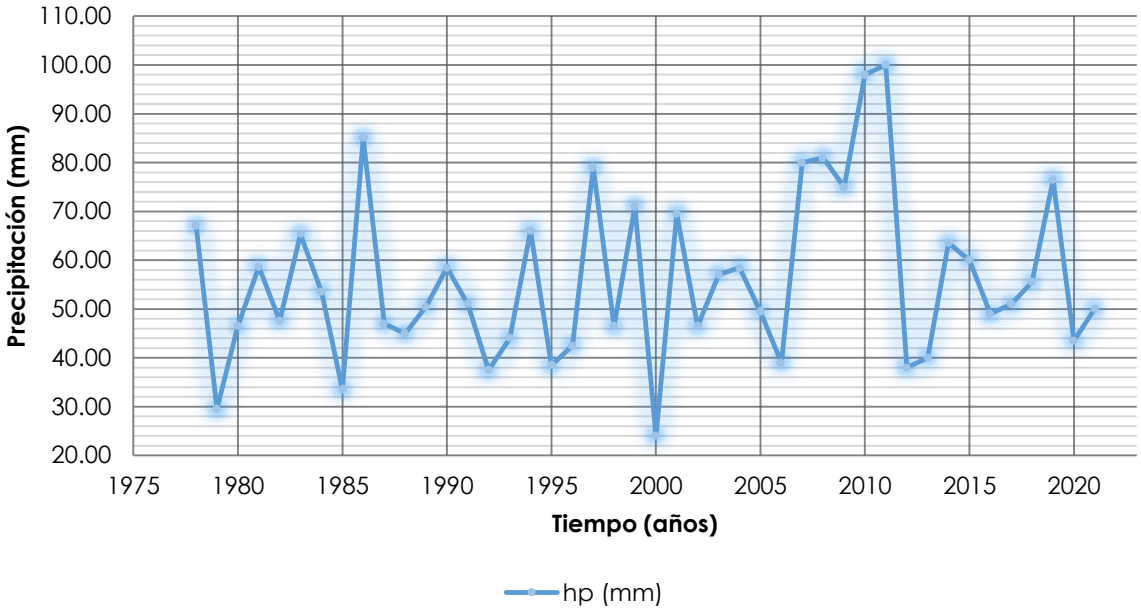
Gráfica 10: Series de tiempo de la estación Aldama.

Fuente: elaboración propia.

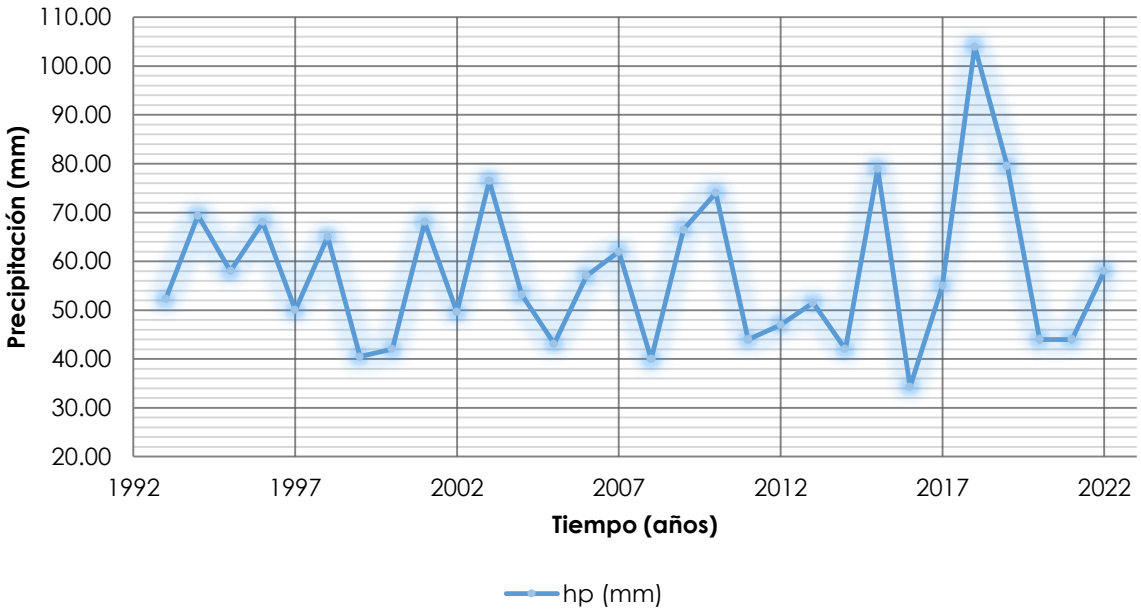


Gráfica 11: Series de tiempo de la estación El Conejo.

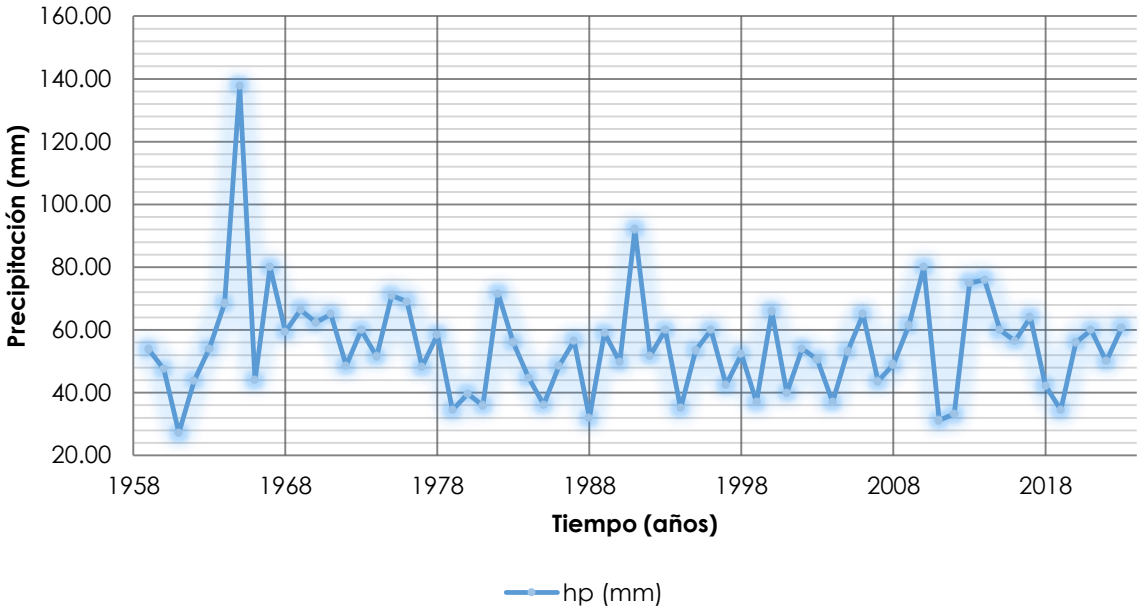
Fuente: elaboración propia.



Gráfica 12: Series de tiempo de la estación El Chapín.
Fuente: elaboración propia.



Gráfica 13: Series de tiempo de la estación San Juan Temascatío.
Fuente: elaboración propia.



Gráfica 14: Series de tiempo de la estación Irapuato.
Fuente: elaboración propia.

XIII.6.3.1 Análisis probabilístico de la precipitación máxima

Una vez obtenidos los valores de precipitación máxima diaria para cada una de las estaciones climatológicas anteriormente citadas, se procedió a realizar el ajuste de la información obtenida y a ordenarla, posteriormente se realizó un análisis probabilístico mediante el ajuste de la información a una distribución de probabilidad.

Es importante señalar que una distribución de probabilidad señala el rango de valores que pueden llegar a presentarse como resultado de un experimento dado, en otras palabras, describe la probabilidad de que un evento se presente en el futuro, convirtiendo así esta función en una herramienta para el diseño de escenarios futuros. Para el presente estudio se utilizaron las siguientes funciones de distribución de probabilidades:

- Función de distribución de probabilidad Normal.
- Función de distribución de probabilidad Log Normal.
- Función de distribución de probabilidad Exponencial dos parámetros.
- Función de distribución de probabilidad Gamma.
- Función de distribución de probabilidad Gamma dos parámetros.
- Función de distribución de probabilidad Gumbel.
- Función de distribución de probabilidad Gumbel dos parámetros.
- Función de distribución de probabilidad Nash.

- Función de distribución de probabilidad Pearson III.

Una vez analizadas cada una de las distribuciones de probabilidad para cada conjunto de información, se utilizó el criterio del coeficiente de determinación R2, así como la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov – Smirnov para determinar cuál de las funciones de distribución de probabilidad era la que tenía un mejor ajuste, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 64: Funciones de distribución de probabilidad utilizadas para cada estación climatológica.

No. Estación	Nombre	Función de probabilidad con mejor ajuste	Coeficiente R^2
11004	Aldama	Normal	0.985897
11134	El Conejo	Gamma	0.992571
11124	El Chapín	Gumbel	0.993365
11168	San Juan Temascatío	Gumbel	0.987555
11028	Irapuato	Gumbel	0.990518

Fuente: elaboración propia.

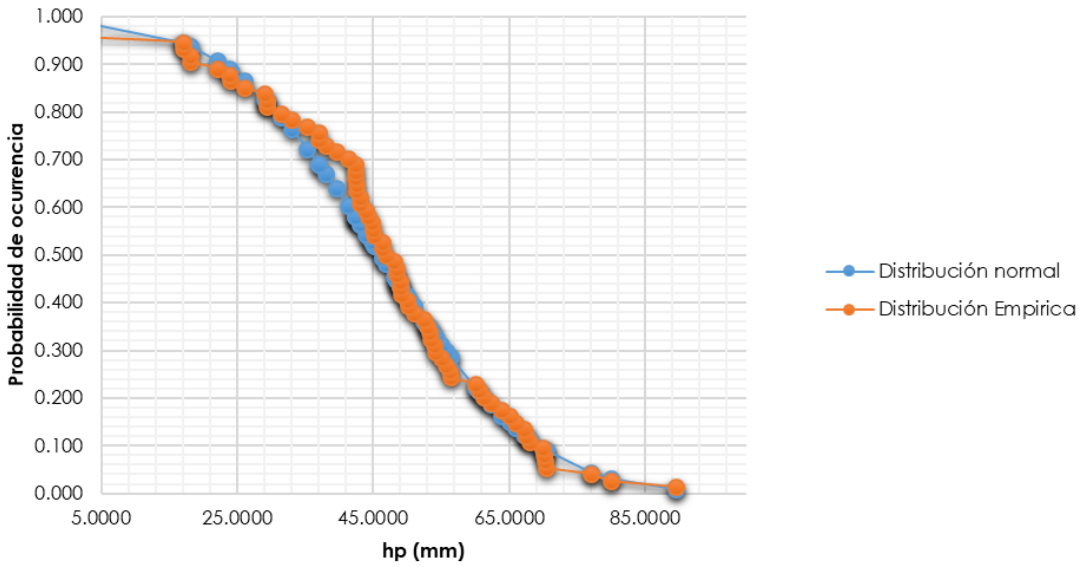
Tabla 65: Distribución Normal para la estación Aldama.

X	Z	F(z)	q (x>1)	Tr (años)
89.51000	2.38742	0.99152	0.00848	117.87631
80.00000	1.86480	0.96890	0.03110	32.14936
77.00000	1.69993	0.95543	0.04457	22.43572
70.50000	1.34272	0.91032	0.08968	11.15067
70.30000	1.33173	0.90853	0.09147	10.93206
70.10000	1.32074	0.90671	0.09329	10.71883
70.00000	1.31525	0.90579	0.09421	10.61418
68.10000	1.21083	0.88702	0.11298	8.85112
67.50000	1.17786	0.88057	0.11943	8.37334
67.20000	1.16137	0.87725	0.12275	8.14694
66.00000	1.09542	0.86333	0.13667	7.31715
65.00000	1.04047	0.85094	0.14906	6.70867
63.90000	0.98002	0.83646	0.16354	6.11477
62.30000	0.89209	0.81383	0.18617	5.37137
61.30000	0.83714	0.79874	0.20126	4.96874
60.50000	0.79317	0.78616	0.21384	4.67641
60.00000	0.76569	0.77807	0.22193	4.50594
56.31960	0.56344	0.71343	0.28657	3.48956
56.30000	0.56236	0.71306	0.28694	3.48510
55.70000	0.52939	0.70173	0.29827	3.35268

X	Z	F(z)	q (x>1)	Tr (años)
55.00000	0.49092	0.68826	0.31174	3.20778
54.10000	0.44146	0.67056	0.32944	3.03545
54.00000	0.43596	0.66857	0.33143	3.01721
53.40000	0.40299	0.65652	0.34348	2.91139
53.20000	0.39200	0.65247	0.34753	2.87745
53.00000	0.38101	0.64840	0.35160	2.84415
52.50000	0.35353	0.63815	0.36185	2.76361
51.00000	0.27110	0.60684	0.39316	2.54350
50.20000	0.22713	0.58984	0.41016	2.43807
50.00000	0.21614	0.58556	0.41444	2.41290
49.20000	0.17218	0.56835	0.43165	2.31670
49.00000	0.16119	0.56403	0.43597	2.29372
49.00000	0.16119	0.56403	0.43597	2.29372
48.50000	0.13371	0.55318	0.44682	2.23805
48.50000	0.13371	0.55318	0.44682	2.23805
48.10000	0.11173	0.54448	0.45552	2.19529
46.90000	0.04578	0.51826	0.48174	2.07580
46.30000	0.01281	0.50511	0.49489	2.02065
46.30000	0.01281	0.50511	0.49489	2.02065
45.20000	-0.04764	0.48100	0.51900	1.92678
45.00000	-0.05864	0.47662	0.52338	1.91066
44.70000	-0.07512	0.47006	0.52994	1.88700
44.30000	-0.09710	0.46132	0.53868	1.85640
44.00000	-0.11359	0.45478	0.54522	1.83413
43.10000	-0.16305	0.43524	0.56476	1.77066
43.00000	-0.16855	0.43308	0.56692	1.76391
42.50000	-0.19602	0.42230	0.57770	1.73099
42.50000	-0.19602	0.42230	0.57770	1.73099
42.30000	-0.20701	0.41800	0.58200	1.71821
42.30000	-0.20701	0.41800	0.58200	1.71821
42.28178	-0.20802	0.41761	0.58239	1.71706
41.30000	-0.26197	0.39667	0.60333	1.65747
39.50000	-0.36089	0.35909	0.64091	1.56028
38.00000	-0.44332	0.32877	0.67123	1.48979
37.00000	-0.49828	0.30914	0.69086	1.44748
37.00000	-0.49828	0.30914	0.69086	1.44748
35.30000	-0.59170	0.27703	0.72297	1.38317
33.00000	-0.71810	0.23635	0.76365	1.30950
31.40000	-0.80603	0.21011	0.78989	1.26600
29.40000	-0.91594	0.17985	0.82015	1.21929
29.30000	-0.92143	0.17841	0.82159	1.21716
29.00000	-0.93792	0.17414	0.82586	1.21086

X	Z	F(z)	q (x>1)	Tr (años)
26.00000	-1.10279	0.13506	0.86494	1.15615
24.00000	-1.21270	0.11262	0.88738	1.12692
23.77725	-1.22494	0.11030	0.88970	1.12397
22.00000	-1.32261	0.09298	0.90702	1.10252
18.00000	-1.54243	0.06148	0.93852	1.06551
18.00000	-1.54243	0.06148	0.93852	1.06551
17.00000	-1.59738	0.05509	0.94491	1.05830
17.00000	-1.59738	0.05509	0.94491	1.05830
0.00000	-2.53162	0.00568	0.99432	1.00571
0.00000	-2.53162	0.00568	0.99432	1.00571
0.00000	-2.53162	0.00568	0.99432	1.00571

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 15: Función de distribución de probabilidad para la estación Aldama.

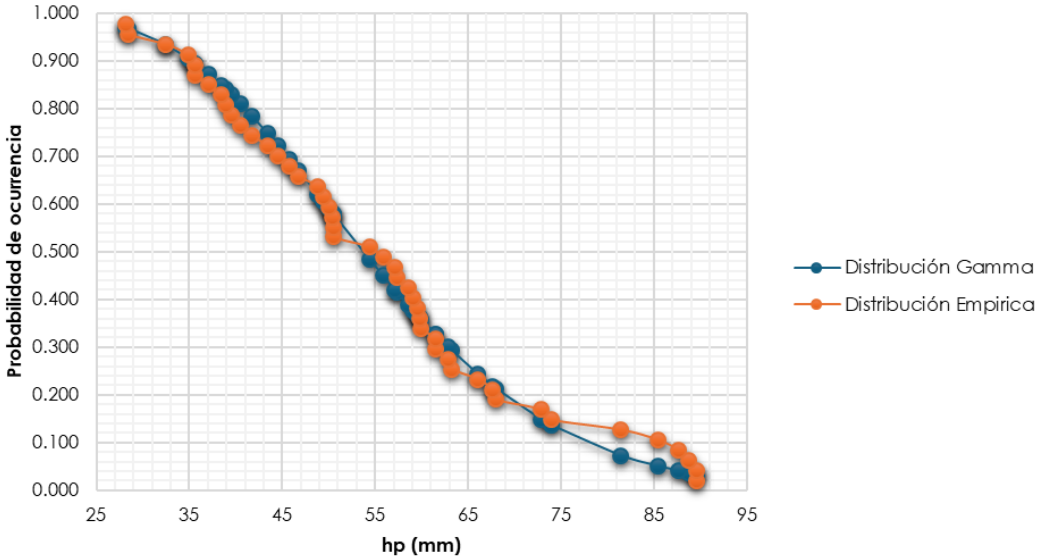
Fuente: elaboración propia.

Tabla 66: Distribución Gamma para la estación El Conejo.

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
89.50000	0.96472	0.03528	28.34140
89.50000	0.96472	0.03528	28.34140
88.70000	0.96193	0.03807	26.26743
87.60000	0.95778	0.04222	23.68518
85.40000	0.94826	0.05174	19.32667
81.40000	0.92606	0.07394	13.52529
73.90000	0.86244	0.13756	7.26977
72.80000	0.85019	0.14981	6.67513

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
67.90000	0.78508	0.21492	4.65291
67.60000	0.78051	0.21949	4.55606
66.00000	0.75498	0.24502	4.08128
63.20000	0.70558	0.29442	3.39655
62.80000	0.69805	0.30195	3.31176
61.50000	0.67274	0.32726	3.05566
61.40000	0.67074	0.32926	3.03713
59.90000	0.63996	0.36004	2.77747
59.70000	0.63574	0.36426	2.74531
59.50000	0.63150	0.36850	2.71369
59.00000	0.62078	0.37922	2.63697
58.50000	0.60990	0.39010	2.56344
57.30000	0.58320	0.41680	2.39922
57.10000	0.57867	0.42133	2.37344
55.80000	0.54875	0.45125	2.21605
54.40000	0.51568	0.48432	2.06477
50.50000	0.42066	0.57934	1.72612
50.40000	0.41820	0.58180	1.71881
50.30000	0.41574	0.58426	1.71157
50.00000	0.40835	0.59165	1.69019
49.40000	0.39359	0.60641	1.64904
48.80000	0.37885	0.62115	1.60993
46.70000	0.32785	0.67215	1.48777
45.70000	0.30407	0.69593	1.43693
44.50000	0.27616	0.72384	1.38152
43.40000	0.25130	0.74870	1.33565
41.70000	0.21458	0.78542	1.27320
40.40000	0.18812	0.81188	1.23171
39.40000	0.16884	0.83116	1.20314
38.80000	0.15776	0.84224	1.18731
38.40000	0.15058	0.84942	1.17727
37.00000	0.12682	0.87318	1.14524
35.50000	0.10384	0.89616	1.11588
35.50000	0.10384	0.89616	1.11588
34.80000	0.09402	0.90598	1.10378
32.40000	0.06474	0.93526	1.06922
28.40000	0.03051	0.96949	1.03147
28.10000	0.02861	0.97139	1.02946

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 16: Función de distribución de probabilidad para la estación El Conejo.

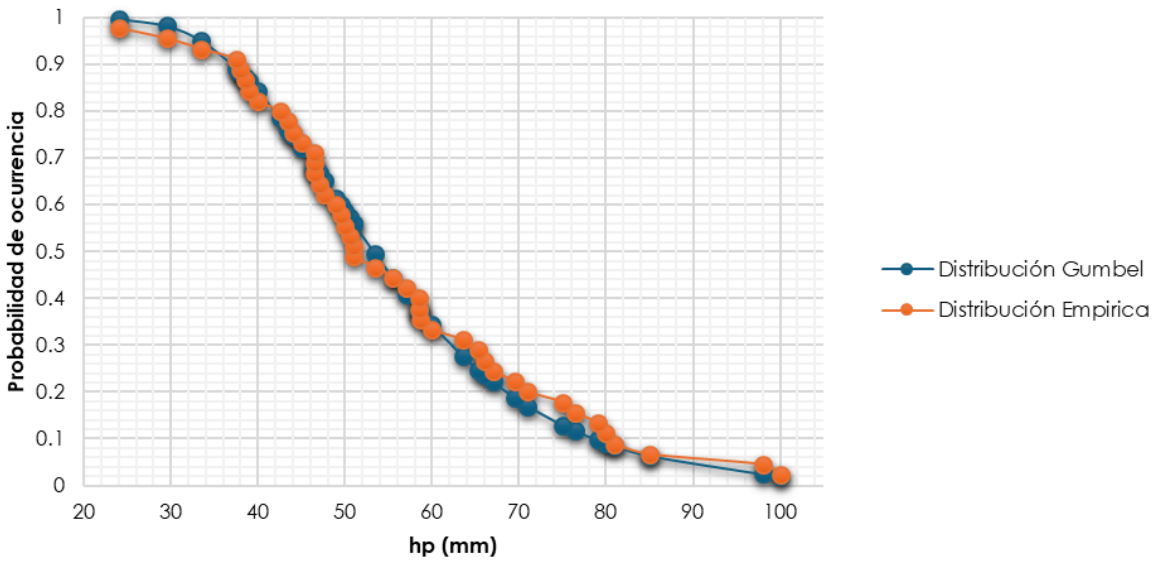
Fuente: elaboración propia.

Tabla 67: Distribución Gumbel para la estación El Chapín.

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
100.00000	0.97861	0.02139	46.74702
98.00000	0.97523	0.02477	40.36998
85.00000	0.93631	0.06369	15.70184
81.00000	0.91526	0.08474	11.80149
80.00000	0.90904	0.09096	10.99444
79.00000	0.90239	0.09761	10.24518
76.50000	0.88370	0.11630	8.59854
75.00000	0.87093	0.12907	7.74789
71.00000	0.83033	0.16967	5.89365
69.50000	0.81235	0.18765	5.32903
67.00000	0.77866	0.22134	4.51794
66.00000	0.76380	0.23620	4.23371
65.30000	0.75291	0.24709	4.04708
63.50000	0.72299	0.27701	3.60996
60.00000	0.65669	0.34331	2.91284
58.70000	0.62932	0.37068	2.69772
58.50000	0.62497	0.37503	2.66648
58.50000	0.62497	0.37503	2.66648
57.00000	0.59133	0.40867	2.44697
55.50000	0.55587	0.44413	2.25158
53.50000	0.50603	0.49397	2.02442
51.00000	0.44044	0.55956	1.78712
51.00000	0.44044	0.55956	1.78712

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
50.50000	0.42700	0.57300	1.74520
50.00000	0.41349	0.58651	1.70499
49.50000	0.39991	0.60009	1.66643
49.00000	0.38630	0.61370	1.62946
47.60000	0.34810	0.65190	1.53399
47.00000	0.33178	0.66822	1.49651
46.50000	0.31823	0.68177	1.46676
46.50000	0.31823	0.68177	1.46676
46.50000	0.31823	0.68177	1.46676
45.00000	0.27810	0.72190	1.38523
44.00000	0.25200	0.74800	1.33689
43.50000	0.23921	0.76079	1.31442
42.50000	0.21425	0.78575	1.27268
40.00000	0.15652	0.84348	1.18556
39.00000	0.13569	0.86431	1.15699
38.50000	0.12582	0.87418	1.14393
38.00000	0.11634	0.88366	1.13166
37.50000	0.10726	0.89274	1.12014
33.50000	0.04959	0.95041	1.05218
29.50000	0.01757	0.98243	1.01788
24.00000	0.00229	0.99771	1.00230

Fuente: elaboración propia.



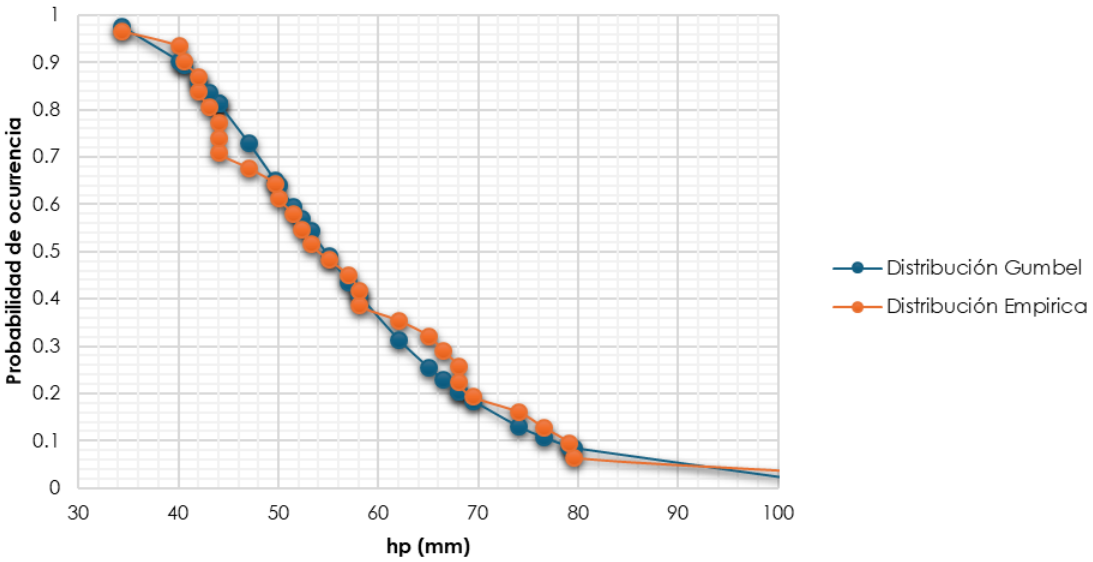
Gráfica 17: Función de distribución de probabilidad para la estación El Chapín.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 68: Distribución Gumbel para la estación San Juan Temascatío.

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
104.00000	0.98841	0.01159	86.29890
79.50000	0.91504	0.08496	11.77012
79.00000	0.91161	0.08839	11.31326
76.50000	0.89239	0.10761	9.29291
74.00000	0.86930	0.13070	7.65138
69.40000	0.81460	0.18540	5.39362
68.00000	0.79430	0.20570	4.86149
68.00000	0.79430	0.20570	4.86149
66.50000	0.77045	0.22955	4.35641
65.00000	0.74431	0.25569	3.91100
62.00000	0.68479	0.31521	3.17244
58.00000	0.59009	0.40991	2.43954
58.00000	0.59009	0.40991	2.43954
57.00000	0.56380	0.43620	2.29250
55.00000	0.50845	0.49155	2.03440
53.20000	0.45603	0.54397	1.83834
52.30000	0.42913	0.57087	1.75170
51.50000	0.40495	0.59505	1.68053
50.00000	0.35928	0.64072	1.56074
49.60000	0.34709	0.65291	1.53161
47.00000	0.26912	0.73088	1.36821
44.00000	0.18579	0.81421	1.22819
44.00000	0.18579	0.81421	1.22819
44.00000	0.18579	0.81421	1.22819
43.10000	0.16309	0.83691	1.19487
42.00000	0.13717	0.86283	1.15897
42.00000	0.13717	0.86283	1.15897
40.50000	0.10545	0.89455	1.11788
40.00000	0.09588	0.90412	1.10604
34.30000	0.02327	0.97673	1.02383

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 18: Función de distribución de probabilidad para la estación San Juan Temascatío.

Fuente: elaboración propia.

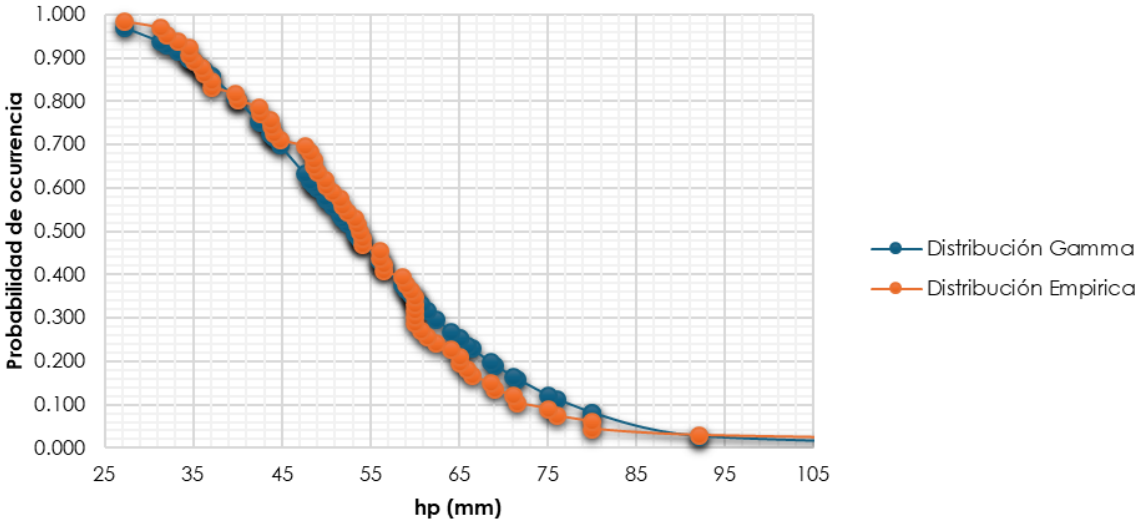
Tabla 69: Distribución Gamma para la estación Irapuato.

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
137.80000	0.99984	0.00016	6127.67381
92.00000	0.97259	0.02741	36.48833
80.00000	0.91878	0.08122	12.31167
80.00000	0.91878	0.08122	12.31167
76.00000	0.88709	0.11291	8.85671
75.00000	0.87775	0.12225	8.17975
71.50000	0.84003	0.15997	6.25101
71.00000	0.83396	0.16604	6.02281
69.00000	0.80795	0.19205	5.20684
68.50000	0.80099	0.19901	5.02481
66.40000	0.76974	0.23026	4.34297
65.90000	0.76182	0.23818	4.19846
65.00000	0.74708	0.25292	3.95380
65.00000	0.74708	0.25292	3.95380
64.00000	0.72999	0.27001	3.70356
62.40000	0.70110	0.29890	3.34563
61.40000	0.68210	0.31790	3.14567
60.70000	0.66838	0.33162	3.01552
60.00000	0.65432	0.34568	2.89288
60.00000	0.65432	0.34568	2.89288
60.00000	0.65432	0.34568	2.89288

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
60.00000	0.65432	0.34568	2.89288
60.00000	0.65432	0.34568	2.89288
59.50000	0.64408	0.35592	2.80962
59.00000	0.63367	0.36633	2.72981
58.50000	0.62311	0.37689	2.65329
56.50000	0.57937	0.42063	2.37737
56.50000	0.57937	0.42063	2.37737
56.00000	0.56809	0.43191	2.31530
56.00000	0.56809	0.43191	2.31530
54.00000	0.52182	0.47818	2.09127
54.00000	0.52182	0.47818	2.09127
53.80000	0.51711	0.48289	2.07085
53.50000	0.51000	0.49000	2.04084
53.20000	0.50287	0.49713	2.01156
52.30000	0.48132	0.51868	1.92798
51.80000	0.46926	0.53074	1.88417
51.50000	0.46200	0.53800	1.85874
50.60000	0.44013	0.55987	1.78614
50.00000	0.42551	0.57449	1.74067
49.80000	0.42063	0.57937	1.72601
49.00000	0.40111	0.59889	1.66975
48.60000	0.39136	0.60864	1.64300
48.50000	0.38892	0.61108	1.63645
48.20000	0.38162	0.61838	1.61713
47.50000	0.36463	0.63537	1.57389
44.80000	0.30031	0.69969	1.42921
44.00000	0.28182	0.71818	1.39240
43.80000	0.27725	0.72275	1.38360
43.60000	0.27270	0.72730	1.37494
42.50000	0.24812	0.75188	1.32999
42.30000	0.24373	0.75627	1.32228
40.00000	0.19553	0.80447	1.24305
39.70000	0.18957	0.81043	1.23391
37.00000	0.13990	0.86010	1.16266
37.00000	0.13990	0.86010	1.16266
36.20000	0.12666	0.87334	1.14502
35.90000	0.12187	0.87813	1.13879
35.00000	0.10814	0.89186	1.12125
34.50000	0.10091	0.89909	1.11224
34.50000	0.10091	0.89909	1.11224
33.20000	0.08349	0.91651	1.09109
32.00000	0.06916	0.93084	1.07430

X	f (x)	p (x>1)	Tr (años)
31.20000	0.06054	0.93946	1.06444
27.20000	0.02801	0.97199	1.02882

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 19: Función de distribución de probabilidad para la estación Irapuato.

Fuente: elaboración propia.

XIII.7 Curvas Intensidad – Duración – Periodo de Retorno

La lluvia se encuentra definida por tres variables la primera magnitud, la segunda por la duración y la tercera por la frecuencia. La magnitud de la lluvia se refiere a la lámina total ocurrida en milímetros (litros por metro cuadrado) en la duración de la tormenta, la frecuencia de la lluvia es expresada por su periodo de retorno o intervalo de recurrencia, el cual se refiere a la cantidad de tiempo en años que debe pasar para que un evento sea igualado o superado. Estas tres variables se expresan en una gráfica en la cual se concentran las características de las tormentas de la zona con respecto a sus variables de magnitud, duración y frecuencia.

Las lluvias se caracterizan por su variación dentro de la cuenca respecto a la duración de las tormentas que las generan con diferentes periodos de retorno. La intensidad de lluvia es la relación entre el incremento de la altura de la precipitación ocurrida y el tiempo de duración que la generó.

En general los registros de lluvia de corta duración son muy escasos, sin embargo, los registros de precipitación máxima diaria tienen una gran densidad de información en sus registros. Con el objetivo de obtener las curvas de Intensidad – Duración – Periodo de Retorno (I-D-T), fue necesario transformar los datos de lluvias máximas en de 24 horas en diferentes periodos de duración, por lo cual primeramente se obtuvieron las curvas Precipitación – Duración – Periodo de Retorno.

Una vez obtenida esta información se calculó la intensidad por periodo de retorno para cada tiempo de duración (1, 2, 3,4, 5, 6, 8, 12, 18 y 24 horas) de lluvia mediante la siguiente expresión:

$$I = \frac{P\ (mm)}{t_{duración}(hr)}$$

Donde:

I: Es la intensidad de lluvia en milímetros por hora.

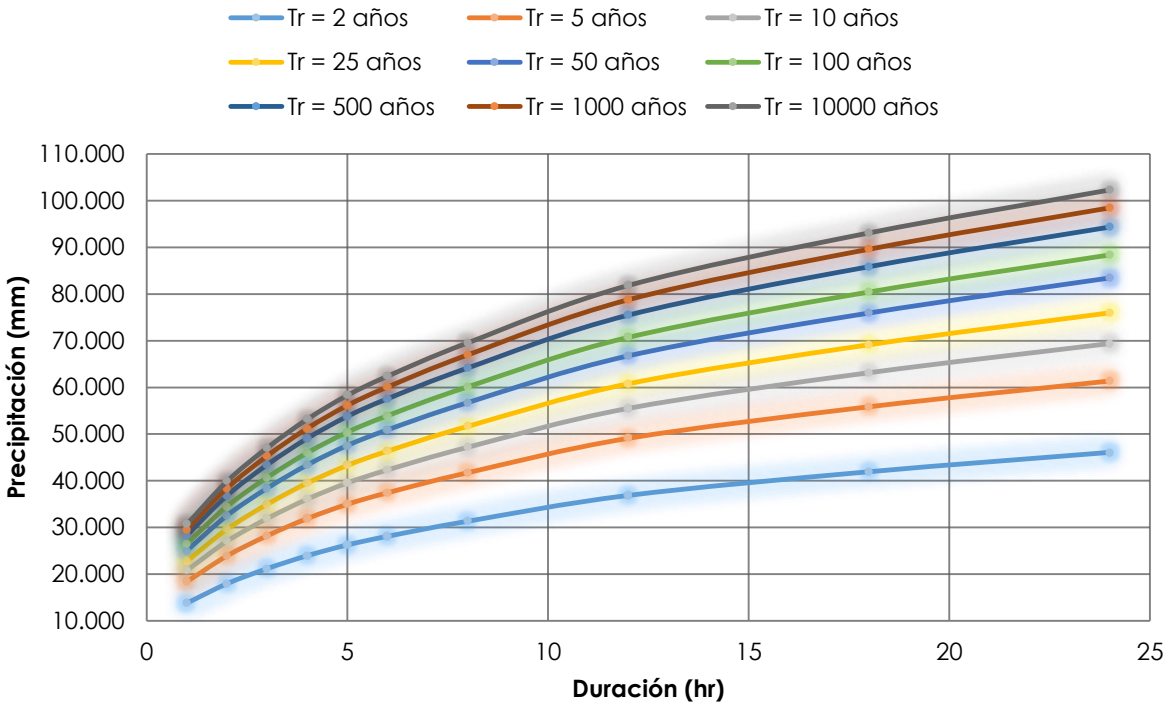
P: Es la precipitación dada en milímetros.

t: Es la duración de la tormenta en horas.

Tabla 70: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación Aldama.

Tiempo de duración (hr)	Cociente	Precipitación máxima hp (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
24	X24	46.067	61.382	69.387	75.998	83.438	88.399	94.326	98.440	102.299
18	X18 = 91%	41.921	55.857	63.142	69.158	75.929	80.443	85.836	89.580	93.092
12	X12 = 80%	36.854	49.105	55.509	60.798	66.751	70.719	75.461	78.752	81.839
8	X08 = 68%	31.326	41.740	47.183	51.678	56.738	60.111	64.141	66.939	69.563
6	X06 = 61%	28.101	37.443	42.326	46.359	50.897	53.923	57.539	60.048	62.402
5	X05 = 57%	26.258	34.988	39.551	43.319	47.560	50.387	53.766	56.111	58.310
4	X04 = 52%	23.955	31.918	36.081	39.519	43.388	45.967	49.049	51.189	53.195
3	X03 = 46%	21.191	28.236	31.918	34.959	38.382	40.663	43.390	45.282	47.057
2	X02 =39%	17.966	23.939	27.061	29.639	32.541	34.475	36.787	38.392	39.897
1	X01 =30%	13.820	18.414	20.816	22.799	25.031	26.520	28.298	29.532	30.690

Fuente: elaboración propia.



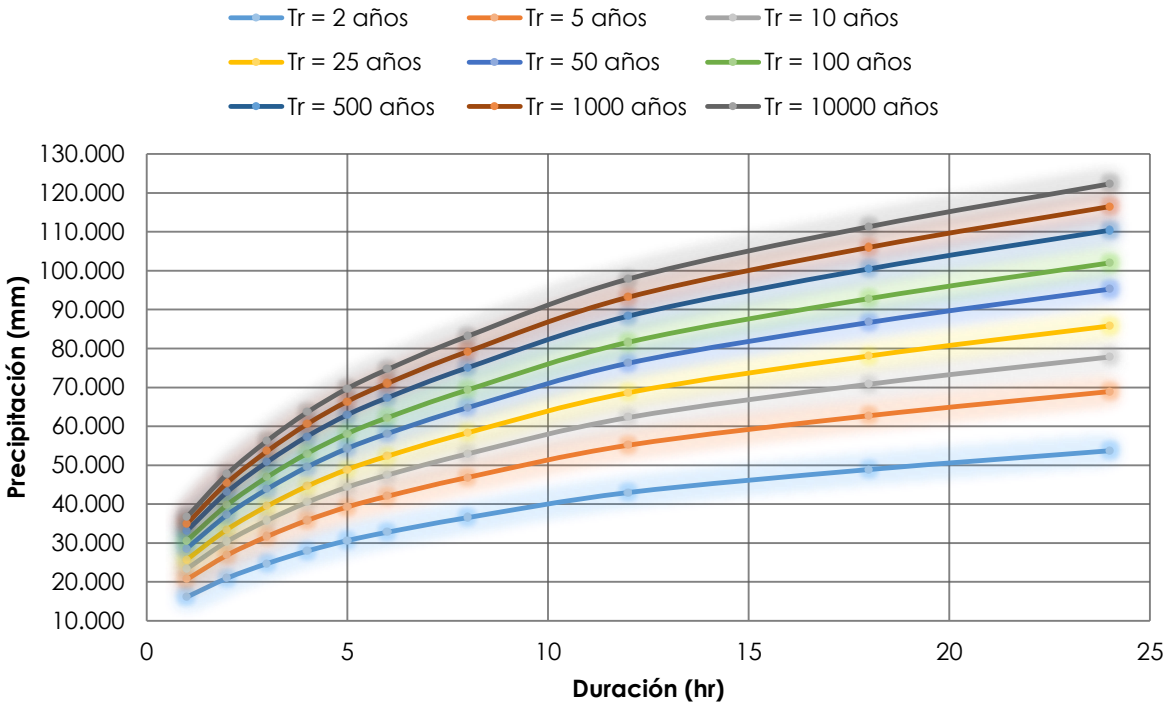
Gráfica 20: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación Aldama.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 71: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación El Conejo.

Tiempo de duración (hr)	Cociente	Precipitación máxima hp (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
24	X24	53.746	68.913	77.851	85.774	95.290	101.993	110.384	116.457	122.339
18	X18 = 91%	48.909	62.711	70.845	78.055	86.714	92.814	100.450	105.975	111.328
12	X12 = 80%	42.997	55.130	62.281	68.619	76.232	81.594	88.307	93.165	97.871
8	X08 = 68%	36.548	46.861	52.939	58.326	64.797	69.355	75.061	79.190	83.190
6	X06 = 61%	32.785	42.037	47.489	52.322	58.127	62.216	67.334	71.039	74.627
5	X05 = 57%	30.635	39.280	44.375	48.891	54.315	58.136	62.919	66.380	69.733
4	X04 = 52%	27.948	35.835	40.483	44.603	49.551	53.036	57.400	60.557	63.616
3	X03 = 46%	24.723	31.700	35.812	39.456	43.834	46.917	50.777	53.570	56.276
2	X02 =39%	20.961	26.876	30.362	33.452	37.163	39.777	43.050	45.418	47.712
1	X01 =30%	16.124	20.674	23.355	25.732	28.587	30.598	33.115	34.937	36.702

Fuente: elaboración propia.



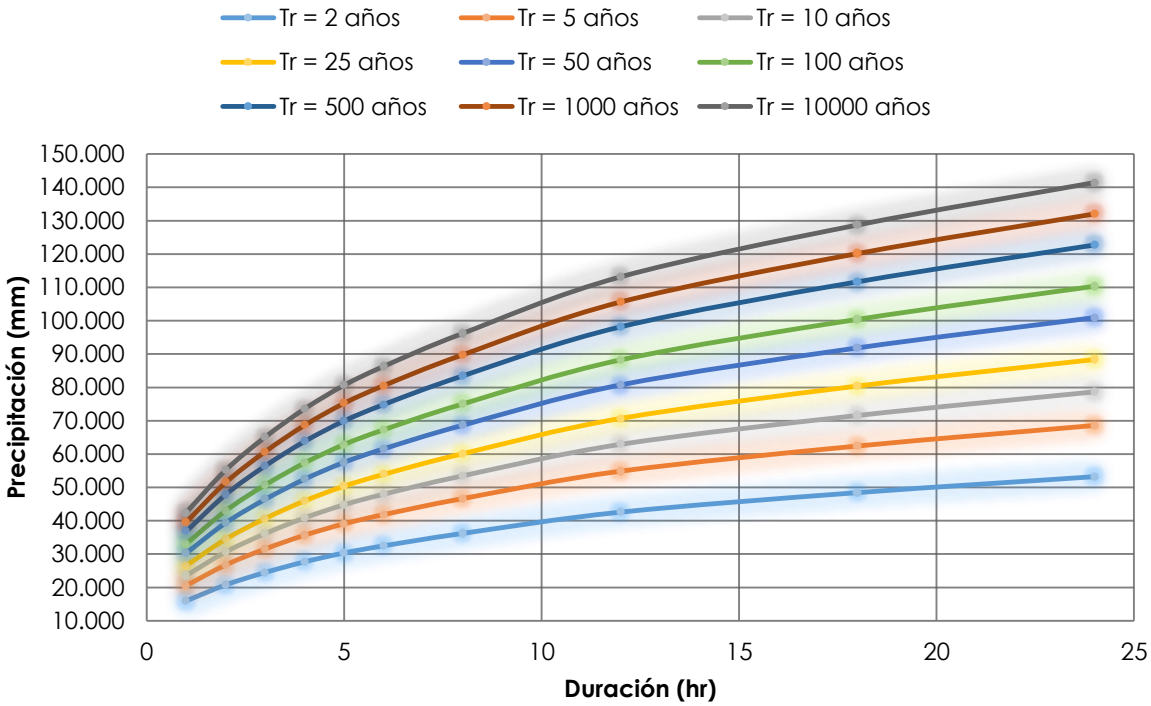
Gráfica 21: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación El Conejo.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 72: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación El Chapín.

Tiempo de duración (hr)	Cociente	Precipitación máxima hp (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
24	X24	53.265	68.541	78.656	88.358	100.916	110.327	122.718	132.074	141.423
18	X18 = 91%	48.471	62.373	71.577	80.406	91.834	100.398	111.673	120.187	128.695
12	X12 = 80%	42.612	54.833	62.925	70.686	80.733	88.262	98.174	105.659	113.138
8	X08 = 68%	36.220	46.608	53.486	60.083	68.623	75.022	83.448	89.810	96.167
6	X06 = 61%	32.492	41.810	47.980	53.898	61.559	67.299	74.858	80.565	86.268
5	X05 = 57%	30.361	39.069	44.834	50.364	57.522	62.886	69.949	75.282	80.611
4	X04 = 52%	27.698	35.642	40.901	45.946	52.476	57.370	63.813	68.678	73.540
3	X03 = 46%	24.502	31.529	36.182	40.645	46.421	50.750	56.450	60.754	65.054
2	X02 =39%	20.773	26.731	30.676	34.460	39.357	43.028	47.860	51.509	55.155
1	X01 =30%	15.979	20.562	23.597	26.507	30.275	33.098	36.815	39.622	42.427

Fuente: elaboración propia.



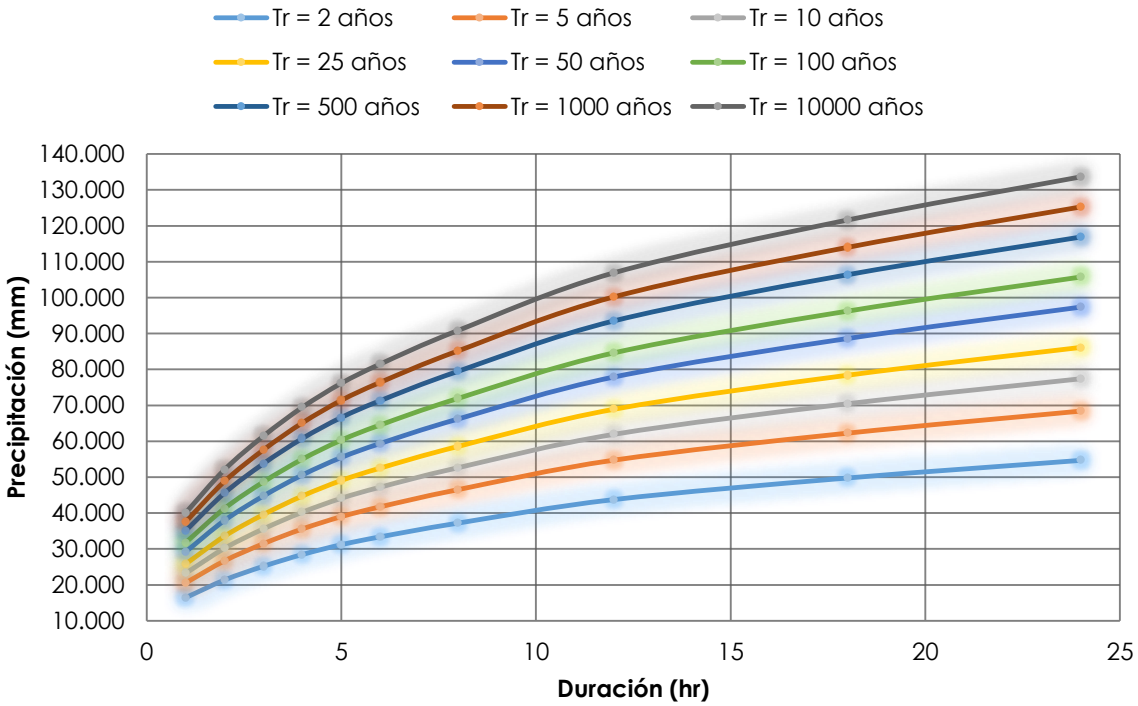
Gráfica 22: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación El Chapín.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 73: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación San Juan Temascatío.

Tiempo de duración (hr)	Cociente	Precipitación máxima hp (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
24	X24	54.705	68.380	77.435	86.121	97.363	105.788	116.880	125.256	133.625
18	X18 = 91%	49.781	62.226	70.466	78.370	88.600	96.267	106.361	113.983	121.599
12	X12 = 80%	43.764	54.704	61.948	68.896	77.890	84.630	93.504	100.205	106.900
8	X08 = 68%	37.199	46.499	52.656	58.562	66.207	71.936	79.478	85.174	90.865
6	X06 = 61%	33.370	41.712	47.235	52.534	59.391	64.530	71.297	76.406	81.511
5	X05 = 57%	31.182	38.977	44.138	49.089	55.497	60.299	66.622	71.396	76.166
4	X04 = 52%	28.446	35.558	40.266	44.783	50.629	55.010	60.778	65.133	69.485
3	X03 = 46%	25.164	31.455	35.620	39.615	44.787	48.662	53.765	57.618	61.468
2	X02 =39%	21.335	26.668	30.200	33.587	37.972	41.257	45.583	48.850	52.114
1	X01 =30%	16.411	20.514	23.231	25.836	29.209	31.736	35.064	37.577	40.088

Fuente: elaboración propia.



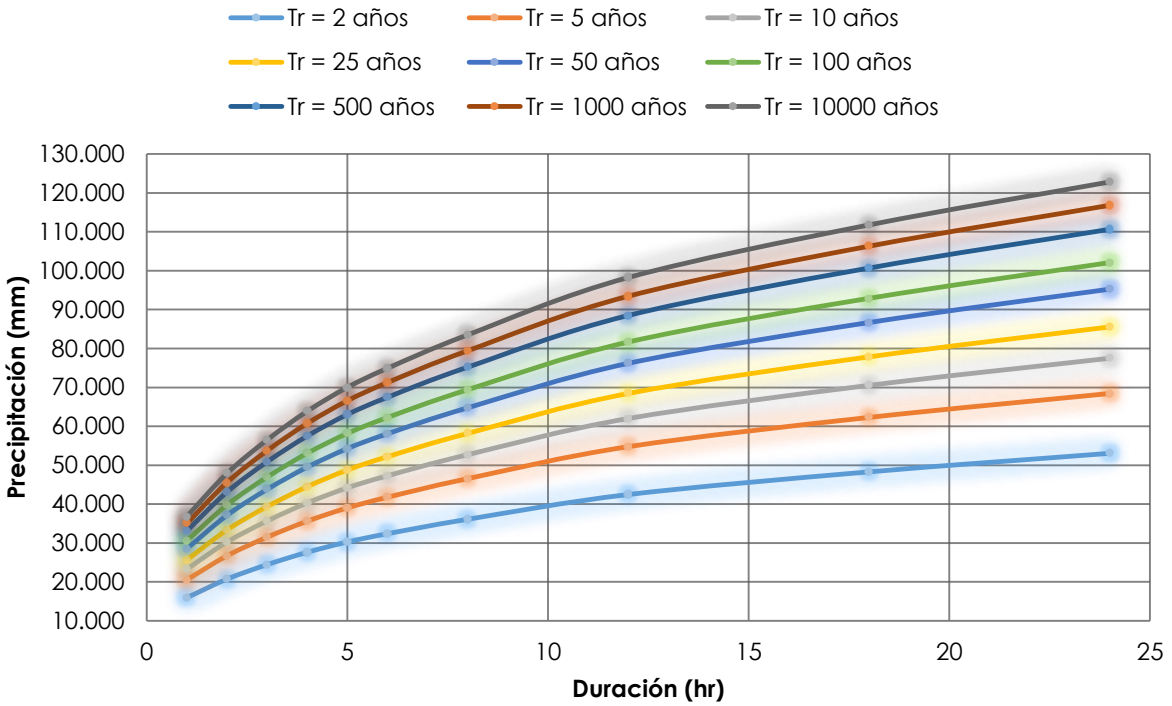
Gráfica 23: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación San Juan Temascatío.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 74: Precipitación - Duración - Periodo de retorno estación Irapuato.

Tiempo de duración (hr)	Cociente	Precipitación máxima hp (mm) por tiempos de duración								
		2 años	5 años	10 años	20 años	50 años	100 años	250 años	500 años	1000 años
24	X24	53.079	68.430	77.500	85.550	95.231	102.056	110.608	116.801	122.802
18	X18 = 91%	48.302	62.271	70.525	77.851	86.660	92.871	100.653	106.289	111.750
12	X12 = 80%	42.464	54.744	62.000	68.440	76.185	81.645	88.487	93.441	98.242
8	X08 = 68%	36.094	46.532	52.700	58.174	64.757	69.398	75.214	79.425	83.506
6	X06 = 61%	32.378	41.742	47.275	52.186	58.091	62.254	67.471	71.248	74.910
5	X05 = 57%	30.255	39.005	44.175	48.764	54.282	58.172	63.047	66.576	69.997
4	X04 = 52%	27.601	35.584	40.300	44.486	49.520	53.069	57.516	60.736	63.857
3	X03 = 46%	24.417	31.478	35.650	39.353	43.806	46.946	50.880	53.728	56.489
2	X02 =39%	20.701	26.688	30.225	33.365	37.140	39.802	43.137	45.552	47.893
1	X01 =30%	15.924	20.529	23.250	25.665	28.569	30.617	33.182	35.040	36.841

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 24: Precipitación - Duración - Periodo de retorno, Estación Irapuato.
Fuente: elaboración propia.

A partir de este valor obtenido y mediante la implementación de una regresión potencial se obtiene la constante de regresión K de una cuenca en particular, con la cual se puede obtener la intensidad de precipitación en milímetros por hora y construir con ello las curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno para una duración de tormenta de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 y 60 minutos, la expresión utilizada para el cálculo de la intensidad fue la siguiente:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde:

I: Es la intensidad de precipitación en milímetros por hora.

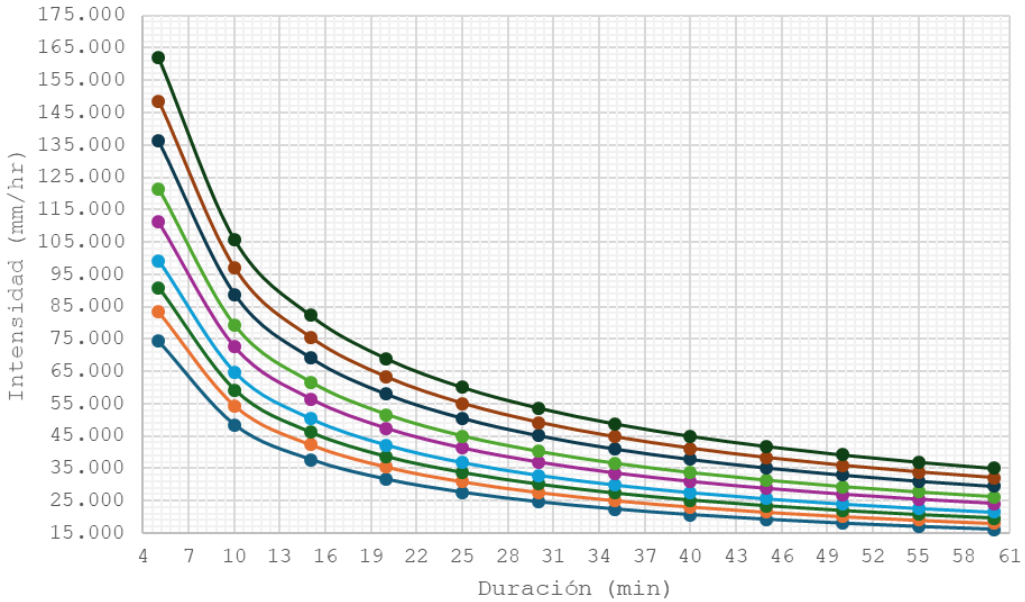
T: Periodo de retorno en años.

t: Tiempo de duración de precipitación en minutos.

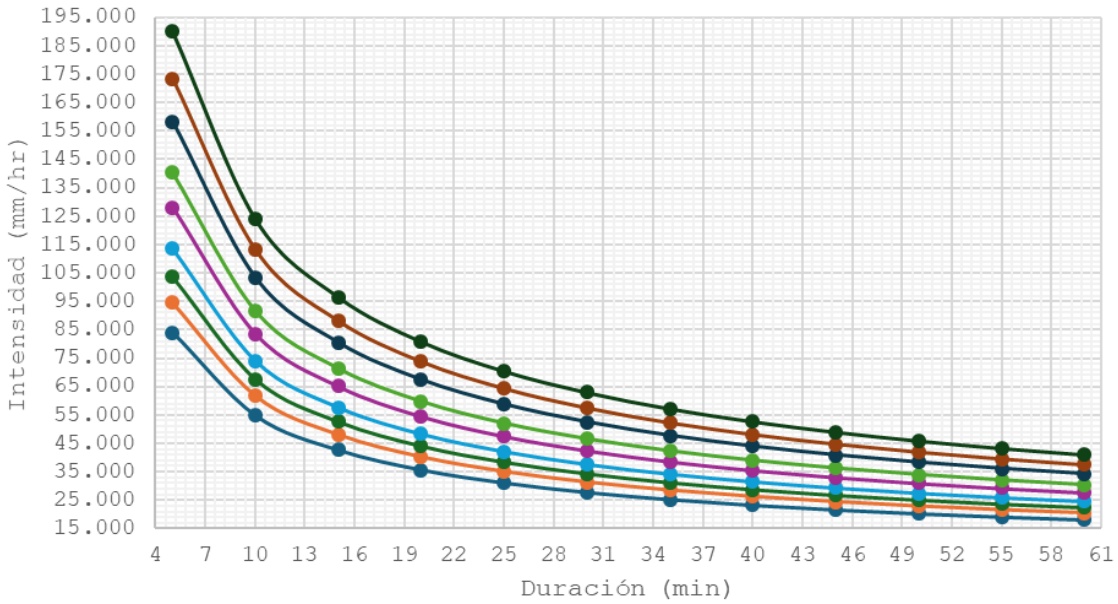
K: Constante de regresión de la cuenca.

n: Coeficiente de regresión.

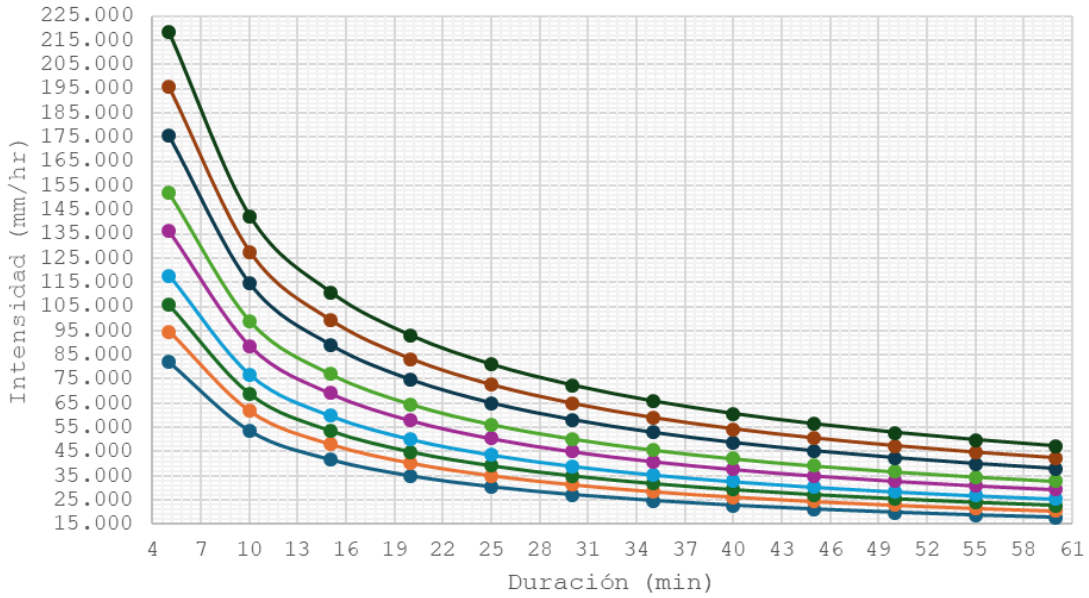
En las siguientes gráficas se muestran las curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno:



Gráfica 25: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación Aldama.
Fuente: elaboración propia.

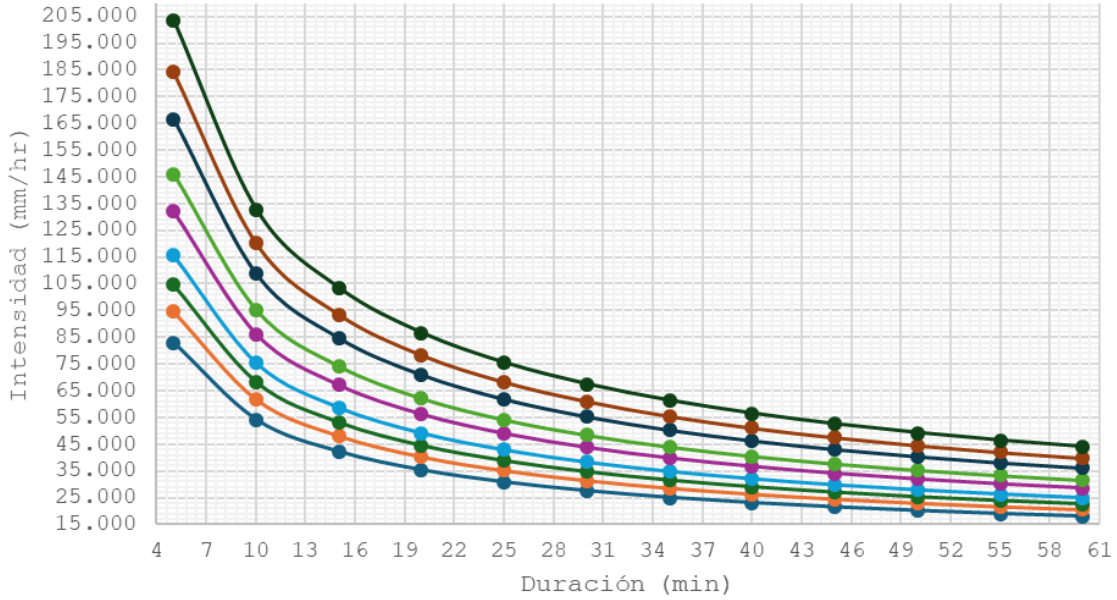


Gráfica 26: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación El Conejo.
Fuente: elaboración propia.



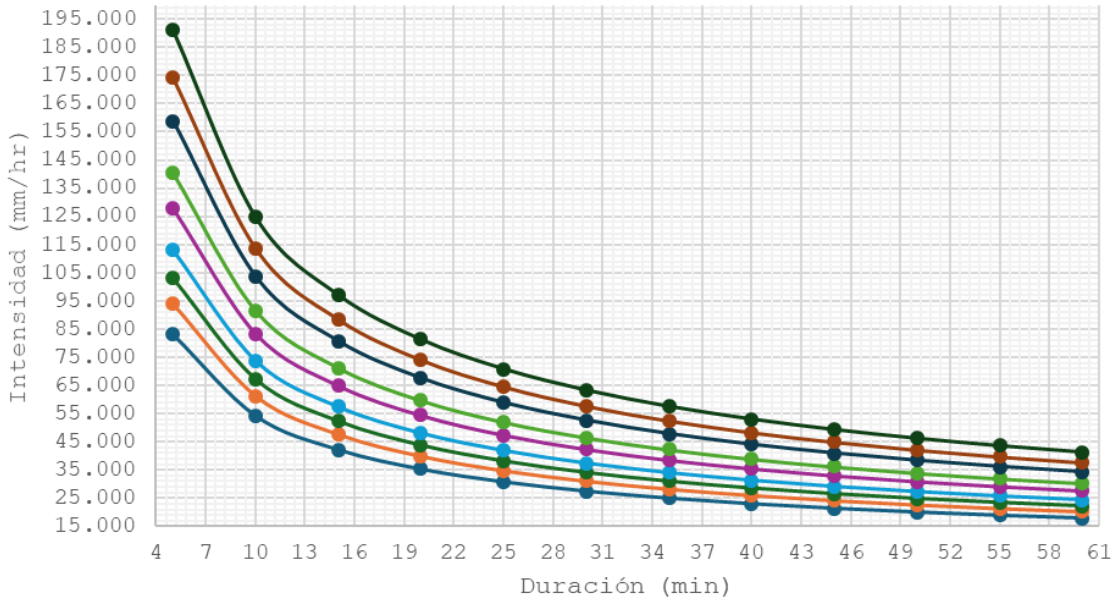
Gráfica 27: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación El Chapín.

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 28: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación San Juan Temascatío.

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 29: Curvas Precipitación - Duración - Periodo de retorno, estación Irapuato.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 75: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación Aldama.

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
5	74.279	83.331	90.905	99.167	111.252	121.363	136.152	148.526	162.025
10	48.453	54.357	59.298	64.687	72.570	79.165	88.813	96.884	105.689
15	37.738	42.337	46.185	50.382	56.522	61.659	69.173	75.459	82.317
20	31.606	35.457	38.680	42.195	47.337	51.640	57.933	63.198	68.941
25	27.544	30.901	33.709	36.773	41.254	45.004	50.488	55.077	60.082
30	24.617	27.616	30.126	32.864	36.869	40.220	45.122	49.222	53.696
35	22.385	25.113	27.396	29.885	33.527	36.574	41.032	44.761	48.829
40	20.617	23.129	25.231	27.524	30.878	33.685	37.790	41.224	44.971
45	19.173	21.509	23.464	25.597	28.716	31.326	35.143	38.337	41.822
50	17.967	20.157	21.989	23.987	26.910	29.356	32.934	35.927	39.192
55	16.942	19.007	20.734	22.619	25.375	27.681	31.055	33.877	36.956
60	16.057	18.014	19.651	21.437	24.050	26.236	29.433	32.108	35.026
65	15.284	17.147	18.705	20.405	22.892	24.973	28.016	30.562	33.340
70	14.602	16.381	17.870	19.494	21.870	23.858	26.765	29.198	31.851
75	13.994	15.699	17.126	18.683	20.959	22.864	25.651	27.982	30.525
80	13.448	15.087	16.458	17.954	20.142	21.973	24.650	26.891	29.335
85	12.955	14.534	15.855	17.296	19.403	21.167	23.746	25.904	28.259
90	12.507	14.031	15.306	16.697	18.732	20.434	22.924	25.008	27.280
95	12.097	13.571	14.804	16.150	18.118	19.764	22.173	24.188	26.386
100	11.720	13.148	14.343	15.647	17.554	19.149	21.483	23.435	25.565

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
105	11.373	12.759	13.918	15.183	17.034	18.582	20.846	22.741	24.808
110	11.051	12.398	13.525	14.754	16.552	18.057	20.257	22.098	24.106
115	10.753	12.063	13.159	14.355	16.105	17.569	19.709	21.501	23.455
120	10.474	11.751	12.819	13.984	15.688	17.114	19.199	20.944	22.848
125	10.214	11.459	12.500	13.636	15.298	16.688	18.722	20.424	22.280
130	9.970	11.185	12.202	13.311	14.933	16.290	18.275	19.936	21.748
135	9.741	10.928	11.921	13.004	14.589	15.915	17.855	19.477	21.248
140	9.525	10.686	11.657	12.716	14.266	15.562	17.459	19.046	20.777
145	9.321	10.457	11.407	12.444	13.961	15.229	17.085	18.638	20.332
150	9.128	10.241	11.171	12.187	13.672	14.914	16.732	18.253	19.912
155	8.946	10.036	10.948	11.943	13.398	14.616	16.397	17.887	19.513
160	8.772	9.841	10.736	11.711	13.139	14.333	16.079	17.541	19.135
165	8.608	9.656	10.534	11.491	12.892	14.064	15.777	17.211	18.775
170	8.451	9.480	10.342	11.282	12.657	13.807	15.490	16.897	18.433
175	8.301	9.313	10.159	11.082	12.433	13.563	15.215	16.598	18.107
180	8.158	9.152	9.984	10.891	12.219	13.329	14.953	16.312	17.795

Fuente: elaboración propia.

Tabla 76: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación El Conejo.

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
5	83.883	94.626	103.659	113.553	128.097	140.324	158.296	173.406	189.958
10	54.717	61.725	67.617	74.071	83.558	91.534	103.257	113.113	123.910
15	42.617	48.075	52.664	57.691	65.080	71.292	80.423	88.099	96.509
20	35.692	40.263	44.107	48.317	54.505	59.708	67.355	73.784	80.827
25	31.106	35.090	38.439	42.108	47.501	52.035	58.700	64.303	70.440
30	27.799	31.360	34.353	37.632	42.452	46.504	52.460	57.468	62.953
35	25.279	28.517	31.239	34.221	38.604	42.289	47.705	52.259	57.247
40	23.282	26.264	28.771	31.517	35.554	38.948	43.936	48.130	52.724
45	21.652	24.425	26.756	29.310	33.064	36.220	40.859	44.759	49.032
50	20.290	22.889	25.074	27.467	30.985	33.943	38.290	41.945	45.949
55	19.133	21.583	23.643	25.900	29.217	32.006	36.105	39.552	43.327
60	18.133	20.456	22.409	24.547	27.691	30.335	34.220	37.486	41.064
65	17.261	19.471	21.330	23.366	26.358	28.874	32.573	35.682	39.088
70	16.490	18.602	20.377	22.322	25.181	27.585	31.118	34.088	37.342
75	15.803	17.827	19.529	21.393	24.133	26.437	29.823	32.669	35.787
80	15.187	17.132	18.767	20.559	23.192	25.406	28.659	31.395	34.392
85	14.630	16.504	18.079	19.805	22.341	24.474	27.608	30.244	33.130

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
90	14.123	15.932	17.453	19.119	21.568	23.626	26.653	29.197	31.983
95	13.661	15.410	16.881	18.492	20.861	22.852	25.779	28.240	30.935
100	13.235	14.931	16.356	17.917	20.212	22.141	24.977	27.361	29.972
105	12.843	14.488	15.871	17.386	19.613	21.485	24.237	26.550	29.084
110	12.480	14.079	15.423	16.895	19.058	20.878	23.552	25.800	28.262
115	12.143	13.698	15.006	16.438	18.543	20.313	22.915	25.102	27.498
120	11.829	13.343	14.617	16.012	18.063	19.787	22.322	24.452	26.786
125	11.535	13.012	14.254	15.615	17.614	19.296	21.767	23.845	26.121
130	11.259	12.701	13.913	15.242	17.194	18.835	21.247	23.275	25.497
135	11.000	12.409	13.594	14.891	16.798	18.402	20.759	22.740	24.911
140	10.756	12.134	13.292	14.561	16.426	17.994	20.298	22.236	24.358
145	10.526	11.874	13.008	14.249	16.074	17.609	19.864	21.760	23.837
150	10.309	11.629	12.739	13.955	15.742	17.245	19.453	21.310	23.344
155	10.102	11.396	12.484	13.676	15.427	16.900	19.064	20.884	22.877
160	9.906	11.175	12.242	13.411	15.128	16.572	18.695	20.479	22.434
165	9.720	10.965	12.012	13.159	14.844	16.261	18.343	20.094	22.012
170	9.543	10.765	11.793	12.919	14.573	15.964	18.009	19.728	21.611
175	9.374	10.575	11.584	12.690	14.315	15.682	17.690	19.379	21.228
180	9.213	10.393	11.385	12.471	14.069	15.412	17.386	19.045	20.863

Fuente: elaboración propia.

Tabla 77: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación El Chapín.

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
5	81.895	94.631	105.565	117.763	136.077	151.801	175.409	195.677	218.287
10	53.420	61.728	68.861	76.817	88.764	99.020	114.420	127.641	142.389
15	41.607	48.077	53.633	59.830	69.135	77.123	89.117	99.414	110.901
20	34.846	40.265	44.918	50.108	57.901	64.591	74.636	83.260	92.881
25	30.368	35.091	39.146	43.669	50.460	56.291	65.045	72.561	80.946
30	27.140	31.361	34.985	39.027	45.097	50.308	58.131	64.848	72.341
35	24.680	28.518	31.814	35.490	41.009	45.748	52.862	58.970	65.784
40	22.730	26.265	29.300	32.686	37.769	42.133	48.685	54.311	60.587
45	21.139	24.426	27.248	30.397	35.124	39.183	45.276	50.508	56.344
50	19.809	22.890	25.535	28.485	32.915	36.719	42.429	47.332	52.801
55	18.679	21.584	24.078	26.860	31.037	34.624	40.008	44.631	49.788
60	17.704	20.457	22.821	25.458	29.417	32.816	37.919	42.301	47.188
65	16.851	19.472	21.722	24.232	28.001	31.236	36.094	40.264	44.917
70	16.099	18.603	20.752	23.150	26.750	29.841	34.482	38.466	42.911

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
75	15.429	17.828	19.888	22.186	25.637	28.599	33.046	36.865	41.125
80	14.827	17.133	19.113	21.321	24.637	27.483	31.758	35.427	39.521
85	14.283	16.504	18.412	20.539	23.733	26.475	30.593	34.128	38.071
90	13.789	15.933	17.774	19.828	22.912	25.559	29.534	32.946	36.753
95	13.337	15.411	17.192	19.178	22.161	24.721	28.566	31.866	35.549
100	12.922	14.931	16.657	18.581	21.471	23.952	27.677	30.875	34.442
105	12.539	14.489	16.163	18.031	20.835	23.242	26.857	29.960	33.422
110	12.184	14.079	15.706	17.521	20.246	22.585	26.098	29.113	32.477
115	11.855	13.699	15.282	17.047	19.699	21.975	25.392	28.326	31.599
120	11.548	13.344	14.886	16.606	19.189	21.406	24.735	27.593	30.781
125	11.261	13.013	14.516	16.193	18.712	20.874	24.120	26.907	30.016
130	10.992	12.702	14.169	15.807	18.265	20.375	23.544	26.265	29.299
135	10.739	12.410	13.844	15.443	17.845	19.907	23.003	25.661	28.626
140	10.501	12.135	13.537	15.101	17.449	19.466	22.493	25.092	27.991
145	10.277	11.875	13.247	14.778	17.076	19.049	22.011	24.555	27.392
150	10.064	11.629	12.973	14.472	16.723	18.655	21.556	24.047	26.826
155	9.863	11.397	12.714	14.183	16.388	18.282	21.125	23.566	26.289
160	9.672	11.176	12.467	13.908	16.071	17.928	20.716	23.109	25.780
165	9.490	10.966	12.233	13.646	15.769	17.591	20.326	22.675	25.295
170	9.317	10.766	12.010	13.398	15.481	17.270	19.956	22.262	24.834
175	9.152	10.575	11.797	13.160	15.207	16.964	19.602	21.867	24.394
180	8.994	10.393	11.594	12.934	14.945	16.672	19.265	21.491	23.974

Fuente: elaboración propia.

Tabla 78: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación San Juan Temascatío.

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
5	82.929	94.664	104.633	115.651	132.016	145.918	166.566	184.106	203.493
10	54.095	61.750	68.252	75.439	86.115	95.183	108.652	120.093	132.739
15	42.132	48.095	53.159	58.757	67.071	74.134	84.624	93.536	103.385
20	35.286	40.280	44.521	49.209	56.173	62.088	70.874	78.337	86.586
25	30.752	35.104	38.800	42.886	48.954	54.109	61.766	68.270	75.459
30	27.483	31.372	34.676	38.327	43.751	48.358	55.201	61.014	67.438
35	24.992	28.529	31.533	34.853	39.785	43.975	50.197	55.483	61.326
40	23.017	26.275	29.041	32.099	36.642	40.500	46.231	51.099	56.480
45	21.406	24.435	27.008	29.852	34.076	37.664	42.994	47.521	52.525
50	20.060	22.898	25.309	27.975	31.933	35.296	40.290	44.533	49.222

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
55	18.915	21.592	23.865	26.378	30.111	33.282	37.992	41.992	46.414
60	17.927	20.464	22.619	25.001	28.539	31.544	36.008	39.799	43.990
65	17.064	19.479	21.530	23.797	27.165	30.025	34.274	37.883	41.873
70	16.302	18.609	20.569	22.735	25.952	28.685	32.744	36.192	40.003
75	15.624	17.834	19.712	21.788	24.871	27.490	31.381	34.685	38.337
80	15.014	17.139	18.944	20.939	23.901	26.418	30.157	33.332	36.842
85	14.464	16.510	18.249	20.171	23.025	25.449	29.051	32.110	35.491
90	13.963	15.939	17.617	19.472	22.228	24.568	28.045	30.998	34.262
95	13.505	15.416	17.040	18.834	21.499	23.763	27.126	29.982	33.139
100	13.085	14.937	16.509	18.248	20.830	23.024	26.281	29.049	32.108
105	12.697	14.494	16.020	17.707	20.213	22.341	25.503	28.188	31.157
110	12.338	14.084	15.567	17.207	19.642	21.710	24.782	27.392	30.276
115	12.005	13.704	15.147	16.742	19.111	21.123	24.112	26.651	29.458
120	11.694	13.349	14.755	16.308	18.616	20.576	23.488	25.961	28.695
125	11.403	13.017	14.388	15.903	18.153	20.065	22.904	25.316	27.982
130	11.131	12.706	14.044	15.523	17.720	19.586	22.357	24.711	27.314
135	10.875	12.414	13.721	15.166	17.312	19.135	21.843	24.143	26.686
140	10.634	12.139	13.417	14.830	16.929	18.711	21.359	23.608	26.094
145	10.407	11.879	13.130	14.513	16.566	18.311	20.902	23.103	25.536
150	10.191	11.633	12.859	14.213	16.224	17.932	20.470	22.625	25.008
155	9.987	11.401	12.601	13.928	15.899	17.573	20.060	22.172	24.507
160	9.794	11.180	12.357	13.658	15.591	17.233	19.671	21.743	24.032
165	9.610	10.970	12.125	13.402	15.298	16.909	19.302	21.334	23.581
170	9.435	10.770	11.904	13.157	15.019	16.601	18.950	20.945	23.151
175	9.268	10.579	11.693	12.924	14.753	16.307	18.614	20.574	22.741
180	9.108	10.397	11.492	12.702	14.499	16.026	18.294	20.220	22.349

Fuente: elaboración propia.

Tabla 79: Valores para la curva Intensidad - Duración - Periodo de retorno, estación Irapuato.

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
5	83.055	93.914	103.063	113.104	127.892	140.351	158.703	174.164	191.130
10	54.177	61.261	67.229	73.778	83.425	91.552	103.523	113.607	124.675
15	42.196	47.714	52.362	57.463	64.976	71.306	80.630	88.484	97.104
20	35.340	39.960	43.853	48.125	54.418	59.719	67.528	74.106	81.326
25	30.798	34.825	38.218	41.941	47.425	52.045	58.850	64.584	70.875
30	27.525	31.124	34.156	37.483	42.384	46.513	52.595	57.719	63.341
35	25.030	28.303	31.060	34.085	38.542	42.297	47.828	52.487	57.600

Tabla de intensidades (mm/hr)									
Duración (minutos)	Periodo de retorno (años)								
	2	5	10	20	50	100	250	500	1,000
40	23.052	26.066	28.606	31.392	35.497	38.955	44.049	48.340	53.049
45	21.438	24.241	26.602	29.194	33.011	36.227	40.964	44.955	49.334
50	20.090	22.717	24.930	27.358	30.936	33.949	38.388	42.128	46.232
55	18.944	21.421	23.507	25.797	29.171	32.012	36.198	39.724	43.594
60	17.954	20.302	22.280	24.450	27.647	30.341	34.308	37.650	41.318
65	17.090	19.325	21.207	23.273	26.316	28.880	32.656	35.838	39.329
70	16.327	18.462	20.260	22.234	25.141	27.590	31.198	34.237	37.573
75	15.647	17.693	19.417	21.308	24.095	26.442	29.899	32.812	36.008
80	15.037	17.003	18.660	20.477	23.155	25.411	28.733	31.532	34.604
85	14.485	16.380	17.975	19.726	22.306	24.479	27.679	30.376	33.335
90	13.984	15.812	17.353	19.043	21.533	23.631	26.721	29.324	32.181
95	13.526	15.294	16.784	18.419	20.828	22.857	25.845	28.363	31.126
100	13.105	14.818	16.262	17.846	20.179	22.145	25.041	27.480	30.157
105	12.716	14.379	15.780	17.317	19.582	21.489	24.299	26.666	29.264
110	12.357	13.973	15.334	16.828	19.028	20.882	23.612	25.912	28.437
115	12.023	13.595	14.919	16.373	18.514	20.317	22.974	25.212	27.668
120	11.712	13.243	14.533	15.949	18.034	19.791	22.379	24.559	26.952
125	11.421	12.914	14.172	15.553	17.586	19.299	21.823	23.949	26.282
130	11.148	12.606	13.834	15.181	17.166	18.839	21.302	23.377	25.654
135	10.892	12.316	13.515	14.832	16.772	18.405	20.812	22.839	25.064
140	10.650	12.043	13.216	14.503	16.400	17.997	20.351	22.333	24.509
145	10.422	11.785	12.933	14.193	16.049	17.612	19.915	21.855	23.984
150	10.207	11.541	12.666	13.899	15.717	17.248	19.503	21.403	23.488
155	10.003	11.310	12.412	13.621	15.402	16.903	19.113	20.975	23.018
160	9.809	11.091	12.172	13.357	15.104	16.575	18.743	20.569	22.572
165	9.624	10.883	11.943	13.106	14.820	16.264	18.391	20.182	22.148
170	9.449	10.684	11.725	12.867	14.550	15.967	18.055	19.814	21.744
175	9.282	10.495	11.518	12.640	14.292	15.685	17.736	19.463	21.359
180	9.122	10.315	11.319	12.422	14.046	15.415	17.430	19.128	20.992

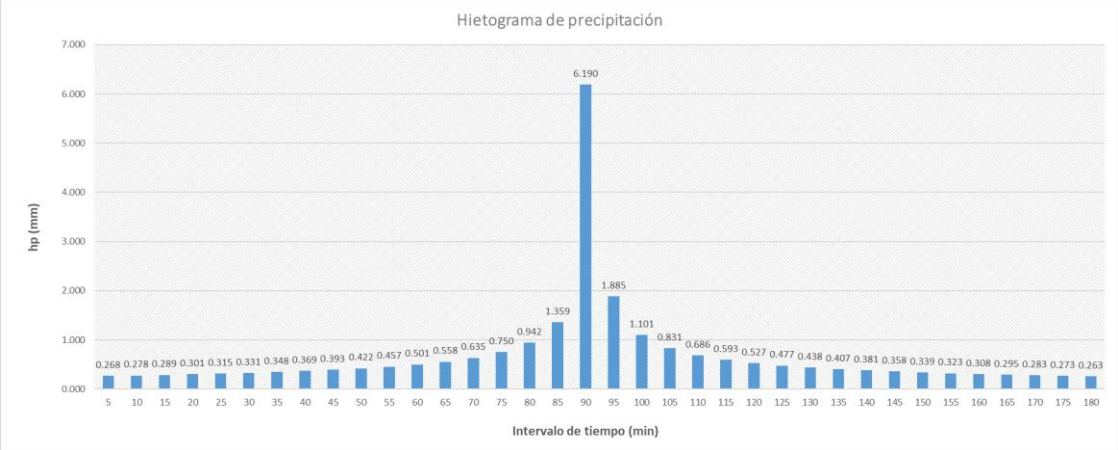
Fuente: elaboración propia.

XIII.7.1 Análisis del modelo hidrológico de avenidas

Obtenidas las curvas de Intensidad – Duración – Periodo de retorno, se procedió a realizar la construcción de hietogramas de diseño para una duración de tormenta de tres horas y para intervalos de tiempo de 5 minutos, así como para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 y 1,000 años, para cada una de las microcuencas de injerencia de cada uno de los cauces de estudio.

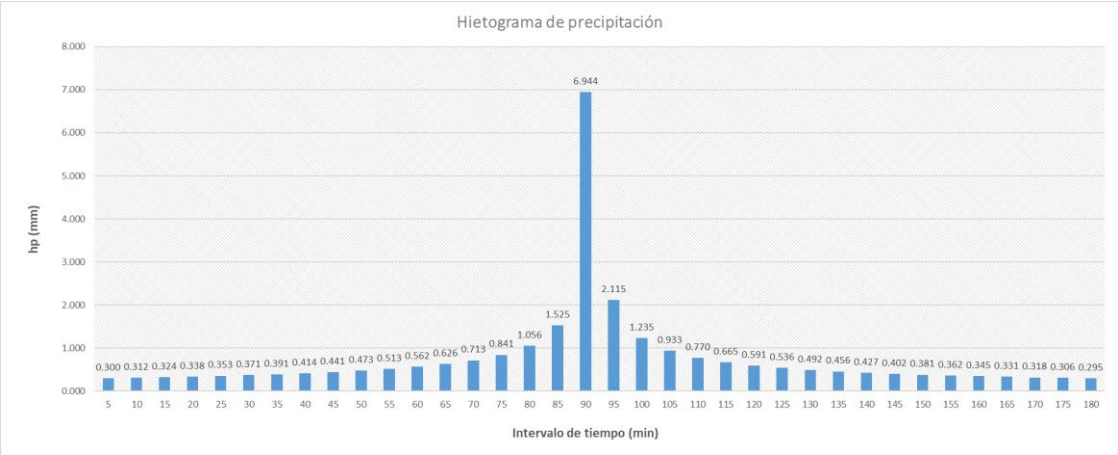
Un Hietograma de diseño es un gráfico de lámina o intensidad de lluvia en función del tiempo que generalmente se aplica en el diseño hidrológico a tormentas individuales. A partir de las curvas Intensidad – Duración – Periodo de retorno, se utilizó el método del bloque alterno, el cual es una forma simple para desarrollar hietogramas de diseño utilizando las curvas anteriormente mencionadas. El Hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt, sobre una duración $Td = n * \Delta t$.

Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva de Intensidad – Duración – Periodo de retorno para cada una de las ecuaciones $\Delta t, 2\Delta t, 3\Delta t, 4\Delta t$, y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt. Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el Hietograma de diseño.



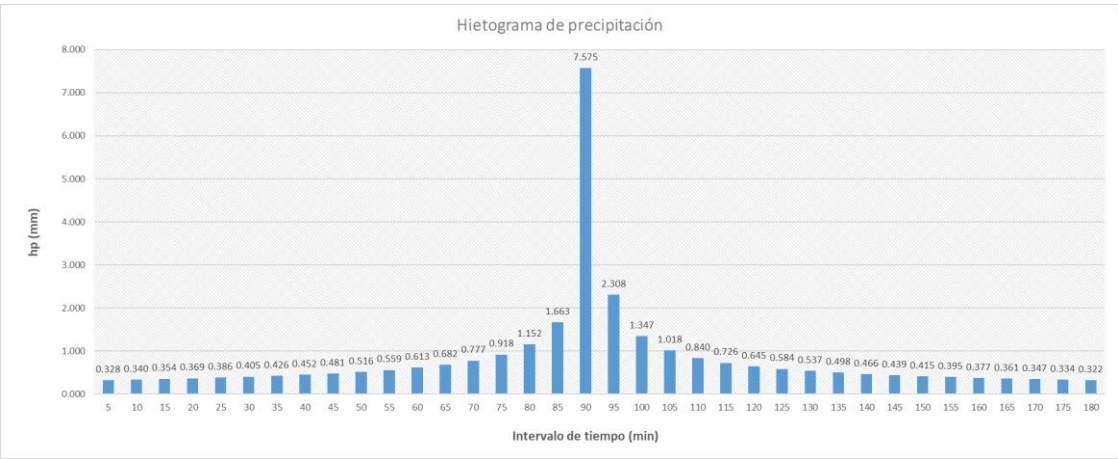
Gráfica 30. Hietograma para la estación Aldama Tr = 2 años

Fuente: elaboración propia.



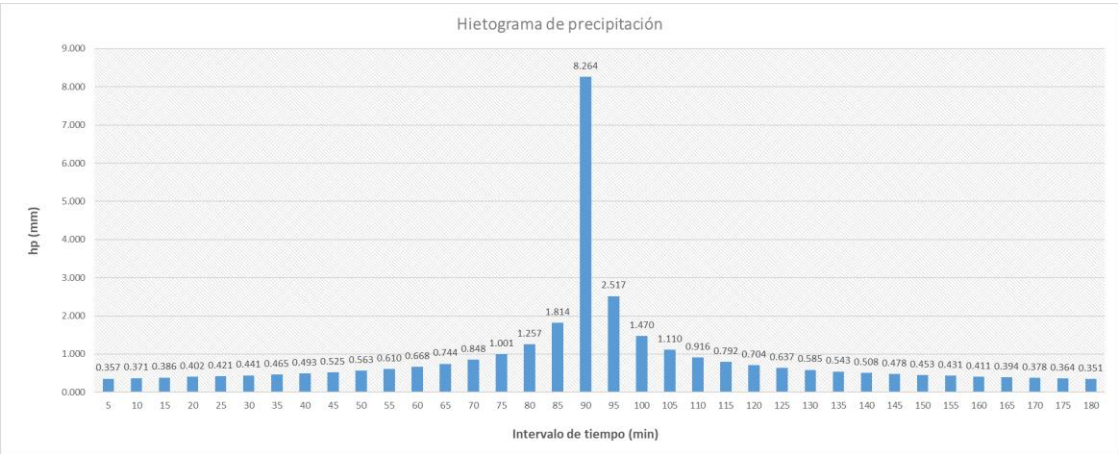
Gráfica 31. Hietograma para la estación Aldama Tr = 5 años

Fuente: elaboración propia.



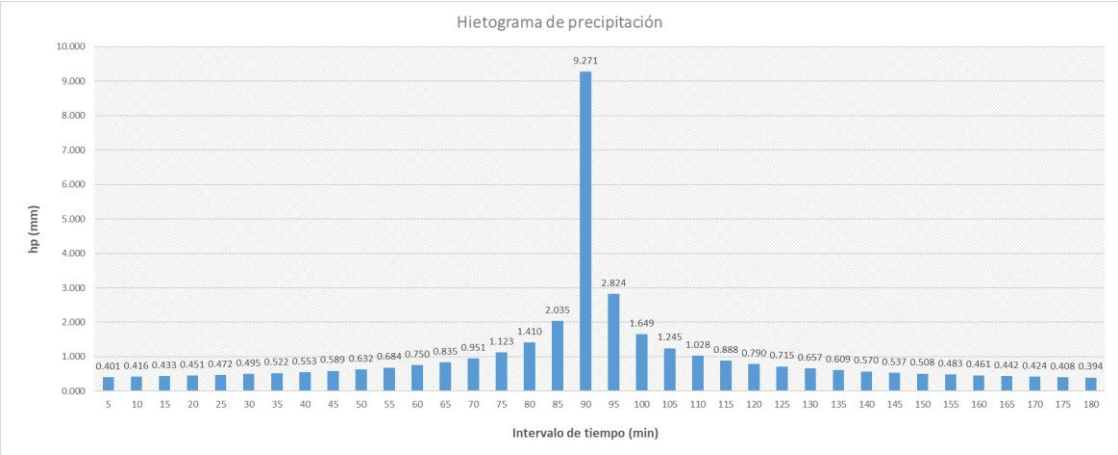
Gráfica 32. Hietograma para la estación Aldama Tr = 10 años

Fuente: elaboración propia.



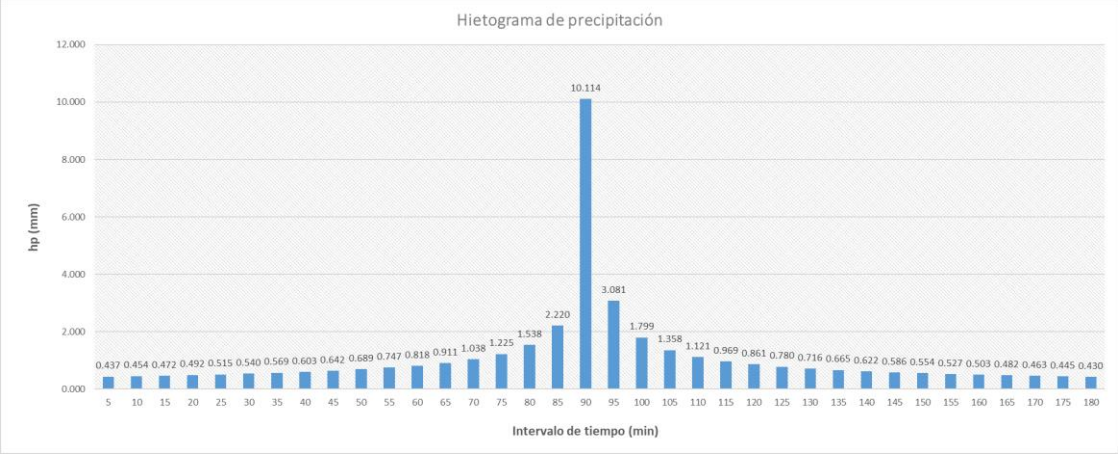
Gráfica 33. Hietograma para la estación Aldama Tr = 20 años

Fuente: elaboración propia.



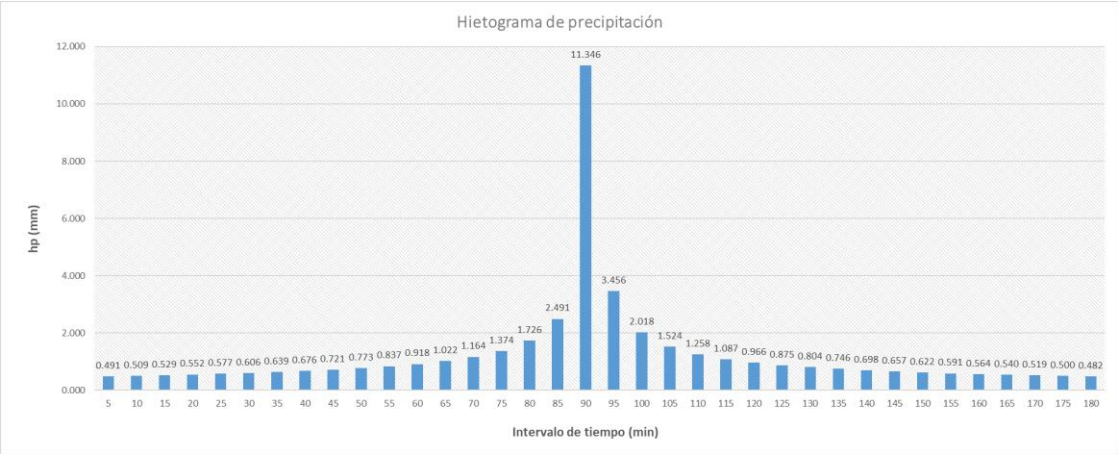
Gráfica 34. Hietograma para la estación Aldama Tr = 50 años

Fuente: elaboración propia.



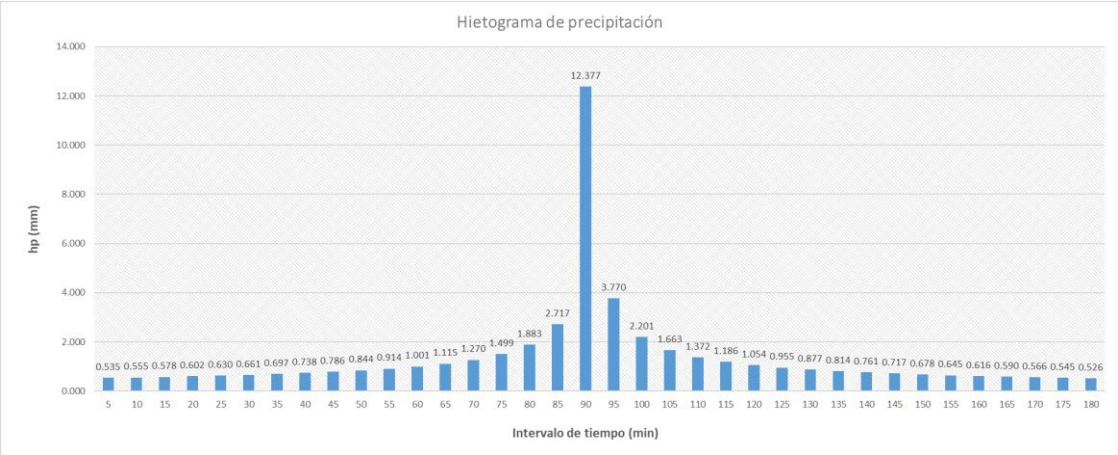
Gráfica 35. Hietograma para la estación Aldama Tr = 100 años

Fuente: elaboración propia.



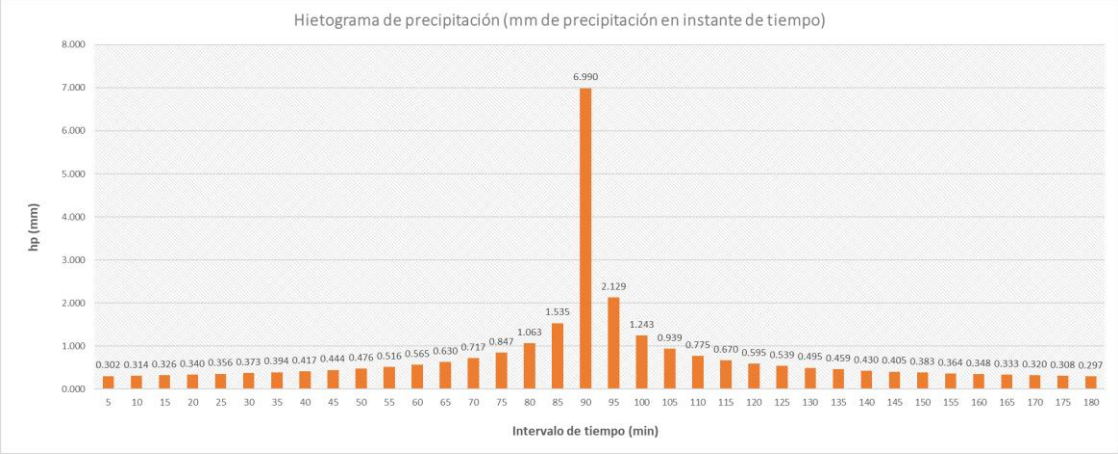
Gráfica 36. Hietograma para la estación Aldama Tr = 250 años

Fuente: elaboración propia.



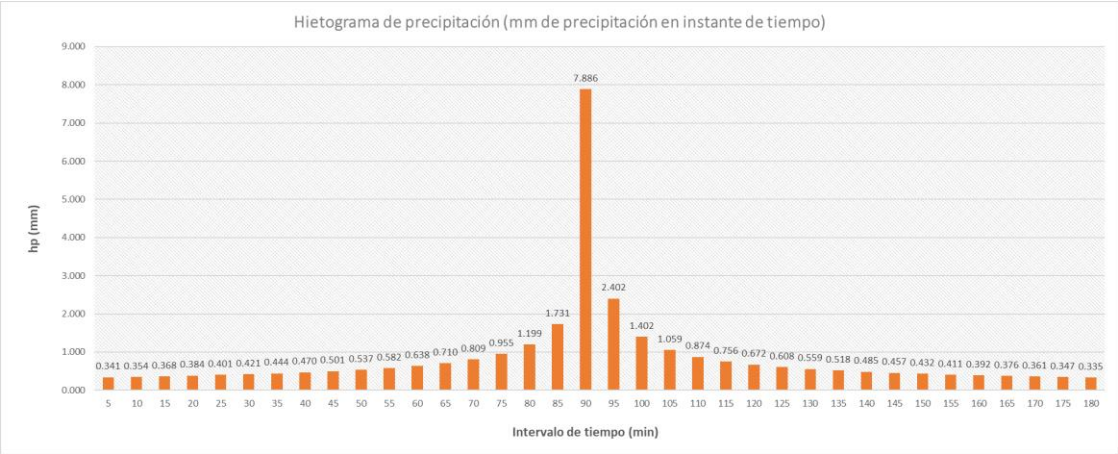
Gráfica 37. Hietograma para la estación Aldama Tr = 500 años

Fuente: elaboración propia.



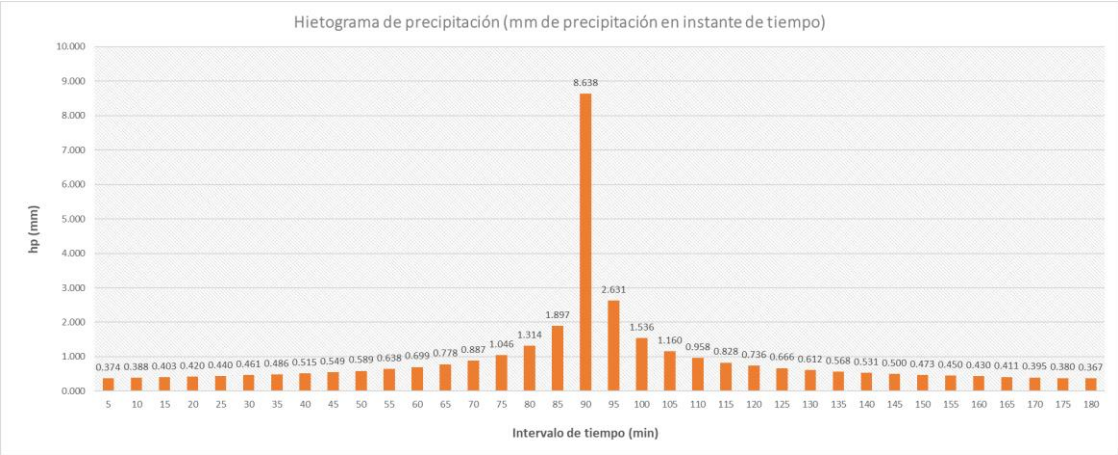
Gráfica 38. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 2 años

Fuente: elaboración propia.



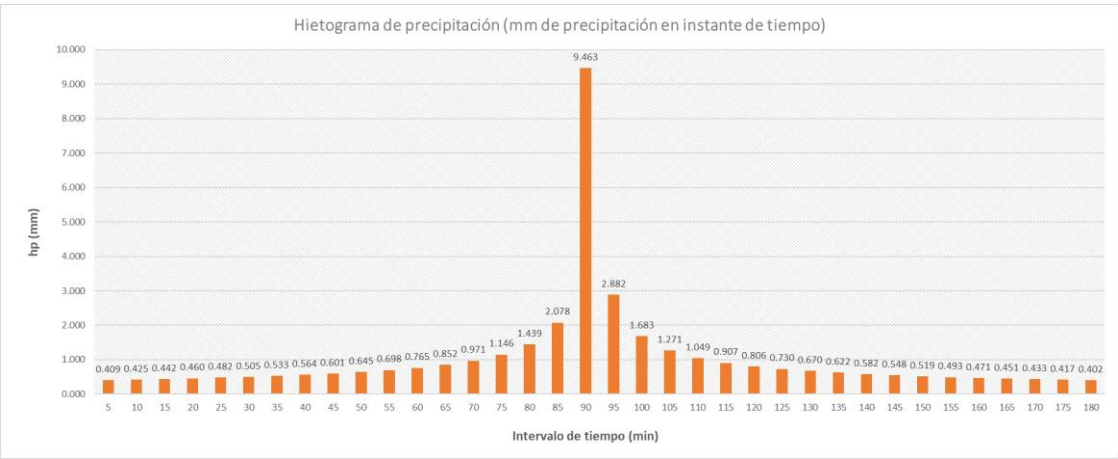
Gráfica 39. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 5 años

Fuente: elaboración propia.



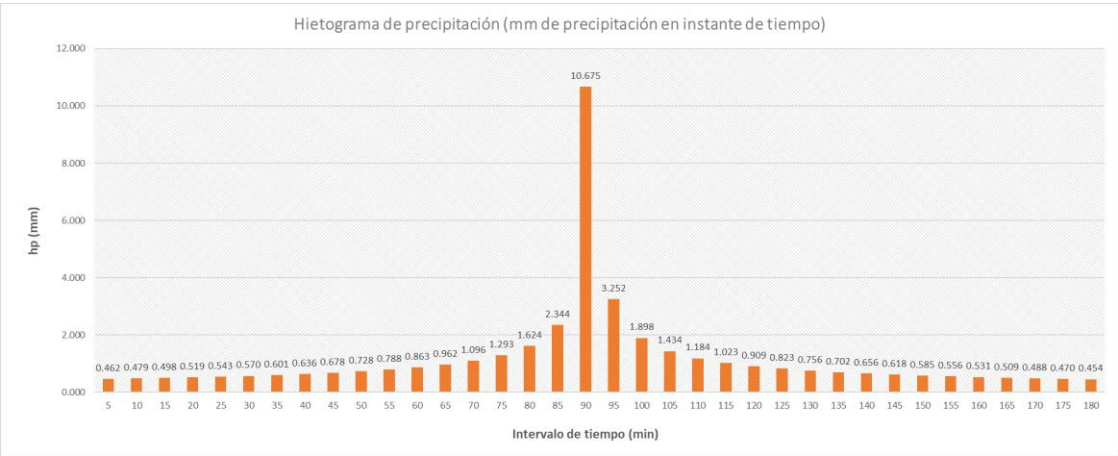
Gráfica 40. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 10 años

Fuente: elaboración propia.



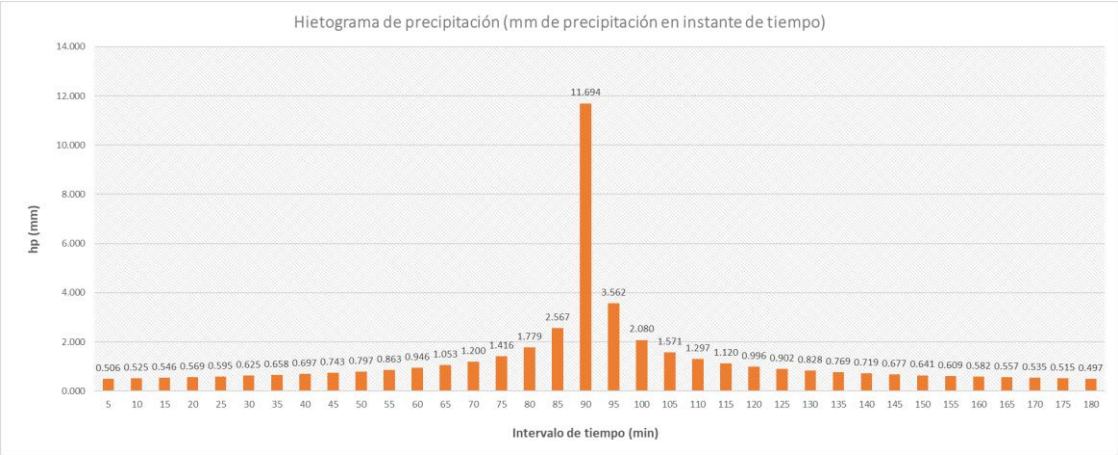
Gráfica 41. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 20 años

Fuente: elaboración propia.



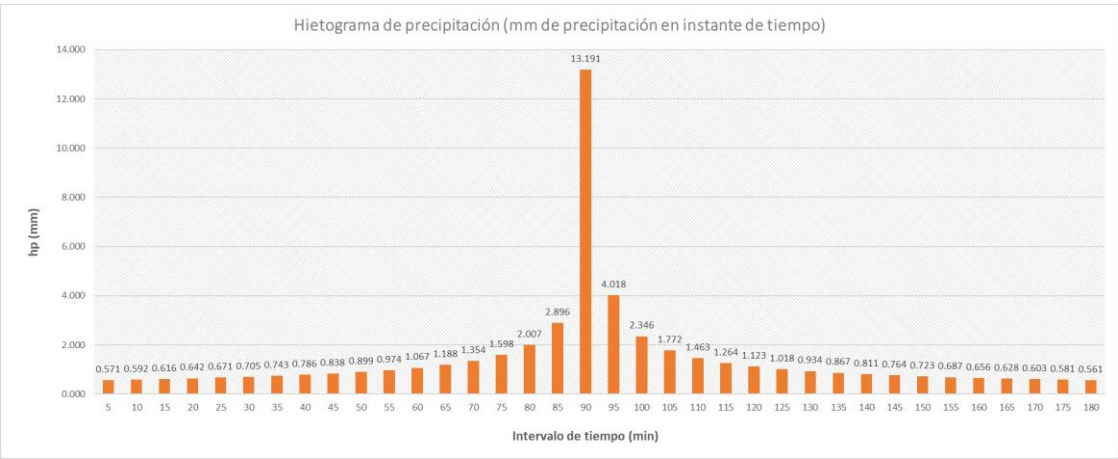
Gráfica 42. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 50 años

Fuente: elaboración propia.



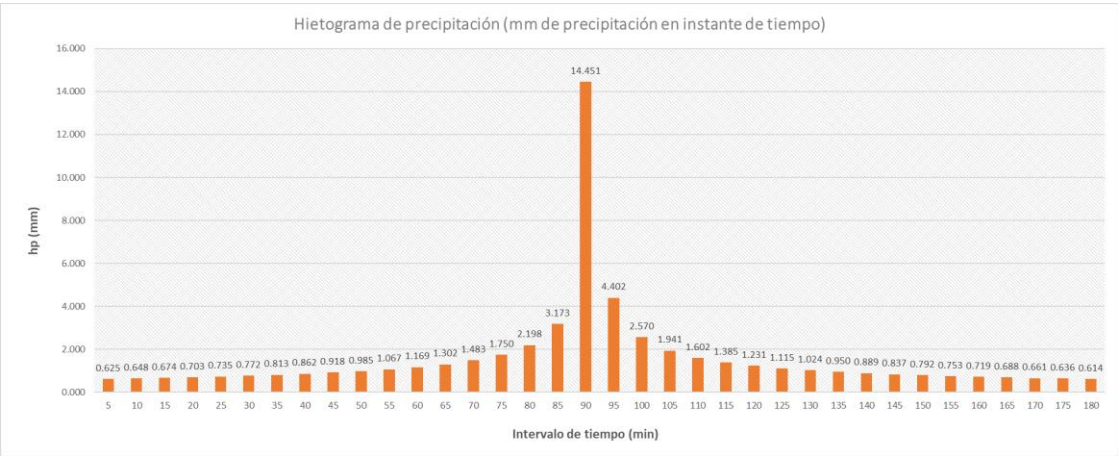
Gráfica 43. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 100 años

Fuente: elaboración propia.



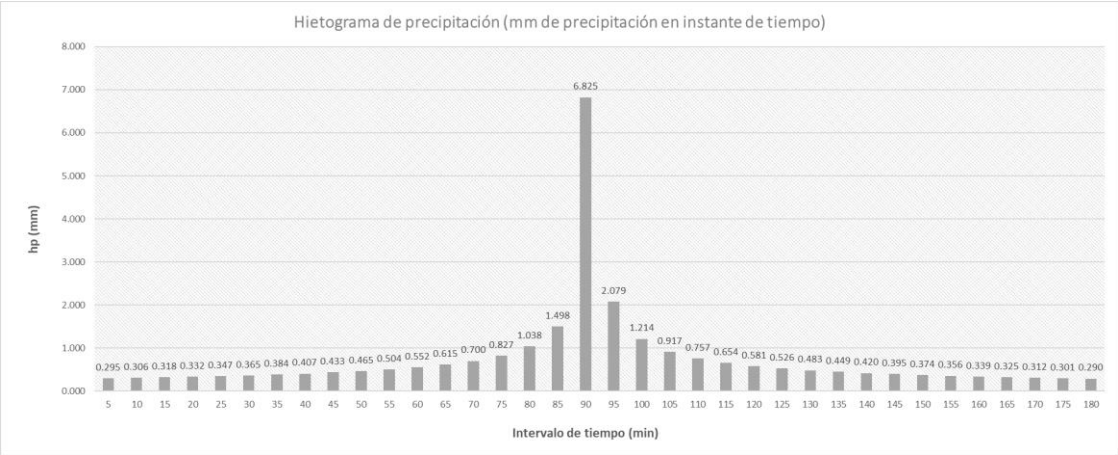
Gráfica 44. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 250 años

Fuente: elaboración propia.



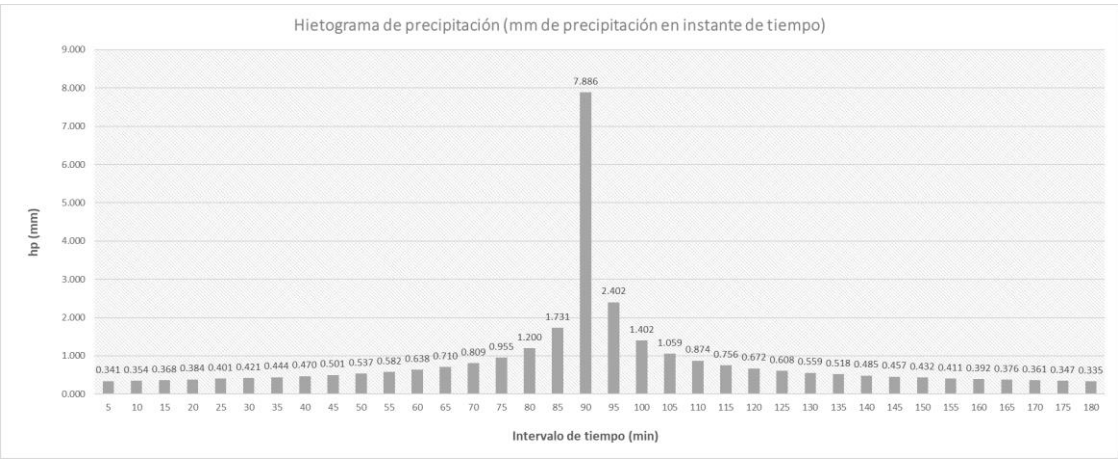
Gráfica 45. Hietograma para la estación El Conejo Tr = 500 años

Fuente: elaboración propia.



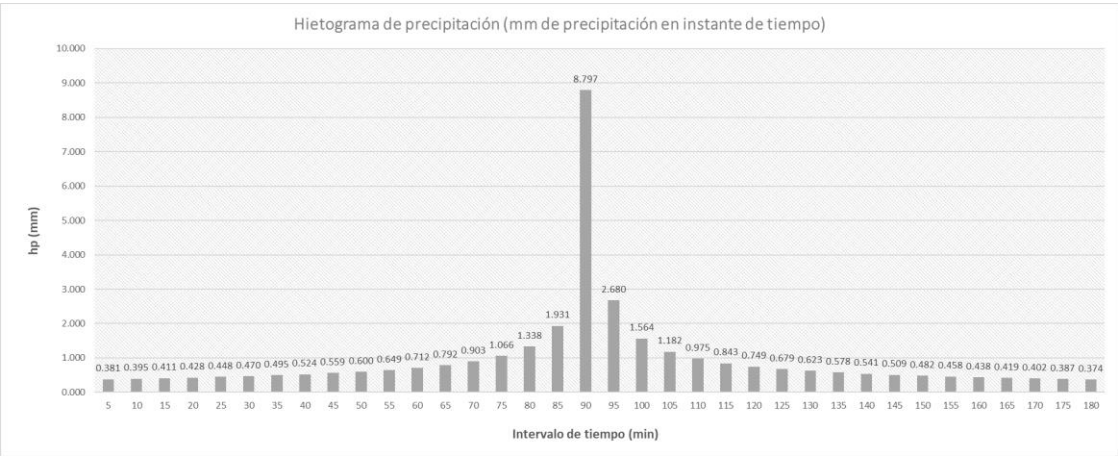
Gráfica 46. Hietograma para la estación El Chapín Tr = 2 años

Fuente: elaboración propia.



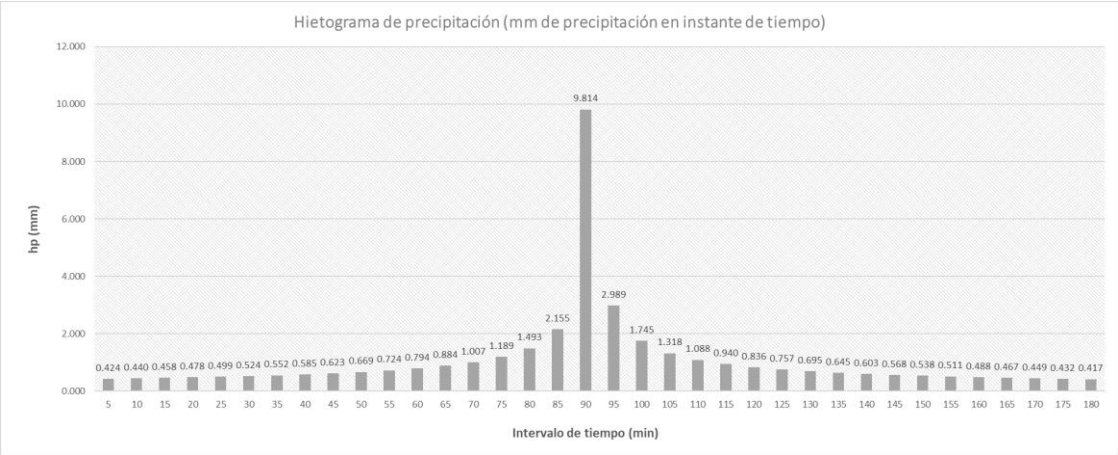
Gráfica 47. Hietograma para la estación el Chapín tr = 5 años

Fuente: elaboración propia.



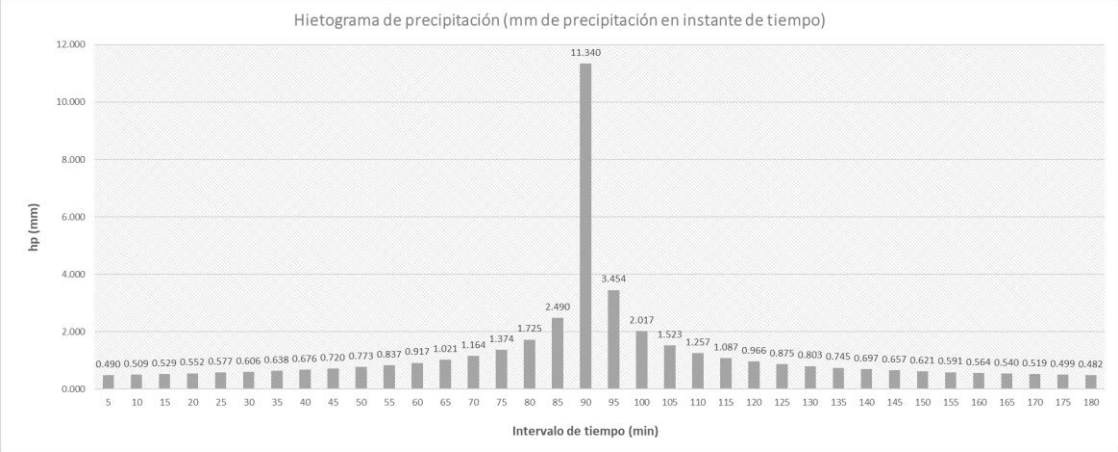
Gráfica 48. Hietograma para la estación El Chapín tr = 10 años

Fuente: elaboración propia.



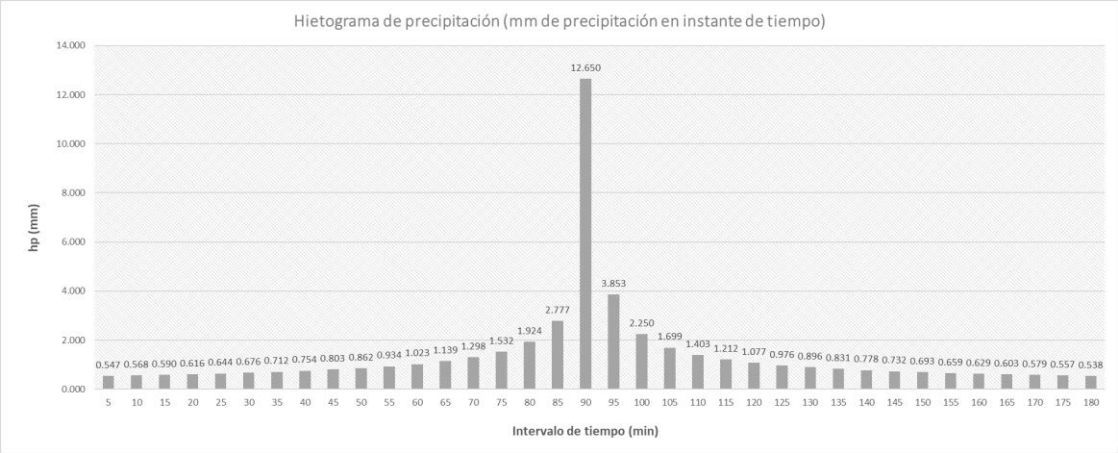
Gráfica 49. Hietograma para la estación El Chapín tr = 20 años

Fuente: elaboración propia.



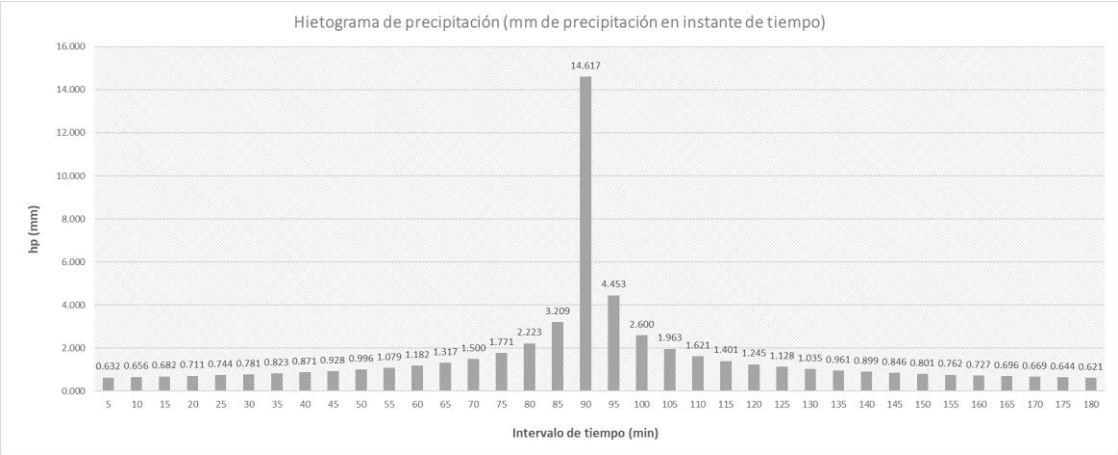
Gráfica 50. Hietograma para la estación El Chapín tr = 50 años

Fuente: elaboración propia.



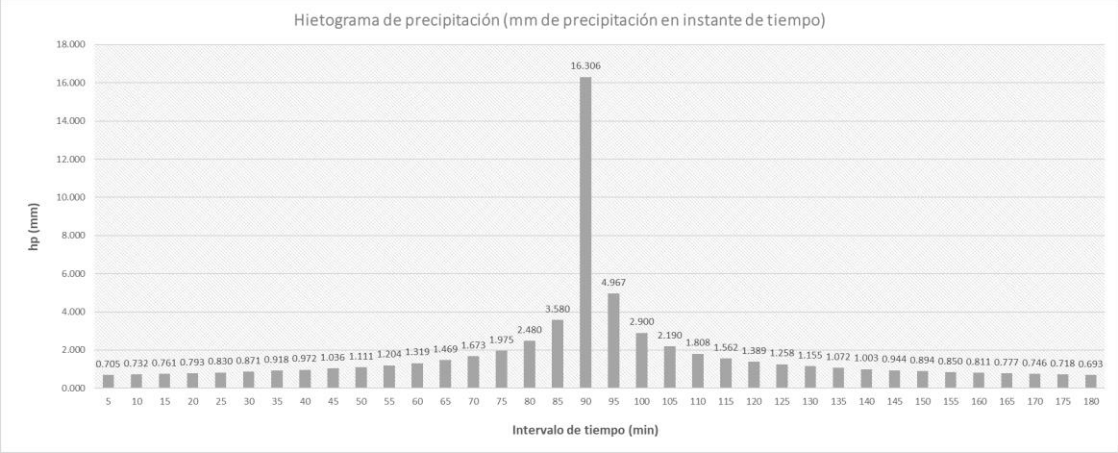
Gráfica 51. Hietograma para la estación El Chapín tr = 100 años

Fuente: elaboración propia.



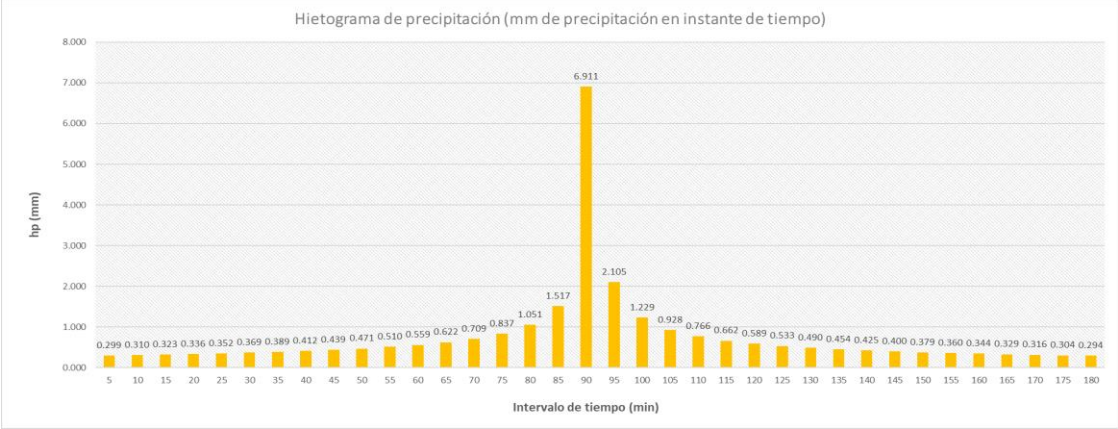
Gráfica 52. Hietograma para la estación El Chapín tr = 250años

Fuente: elaboración propia.



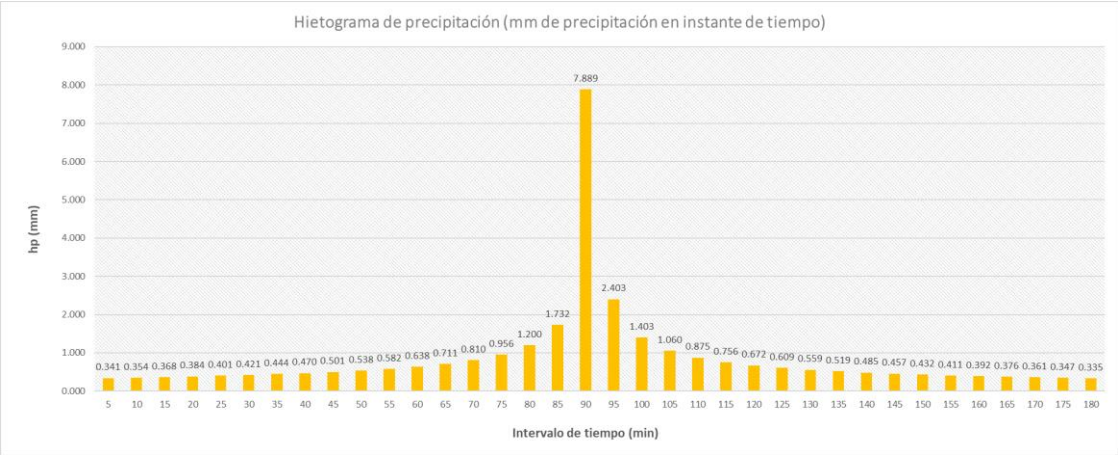
Gráfica 53. Hietograma para la estación El Chapín tr = 500 años

Fuente: elaboración propia.



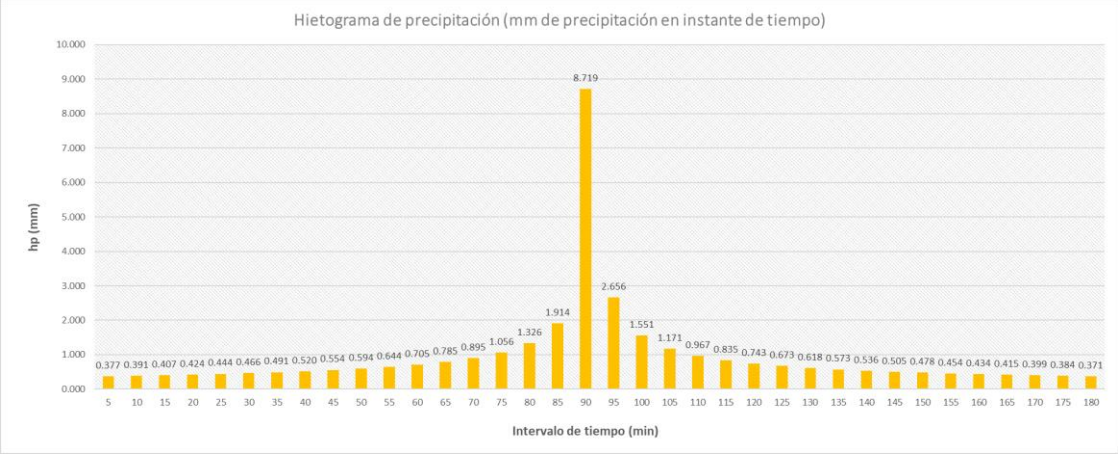
Gráfica 54. Hietograma para la estación San Juan Temascatío Tr = 2 años

Fuente: elaboración propia.



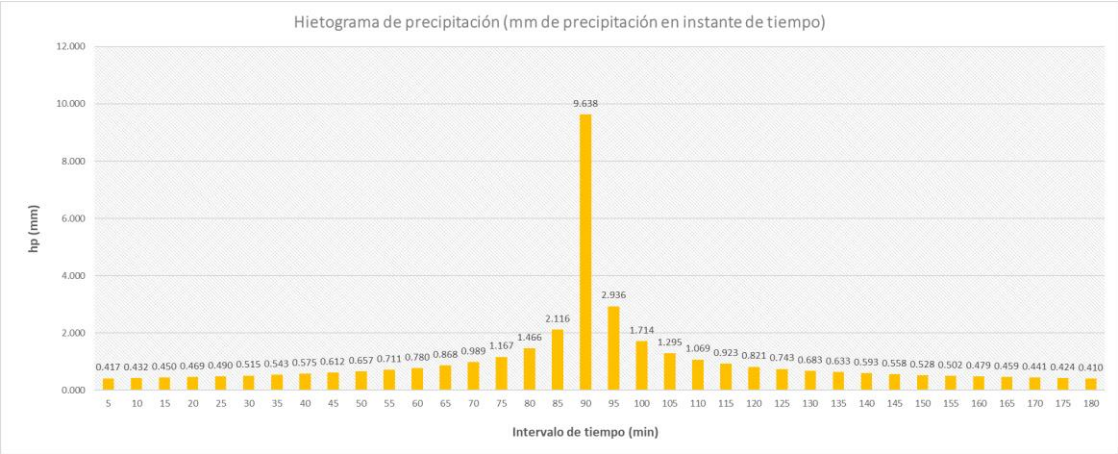
Gráfica 55. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 5 años

Fuente: elaboración propia.



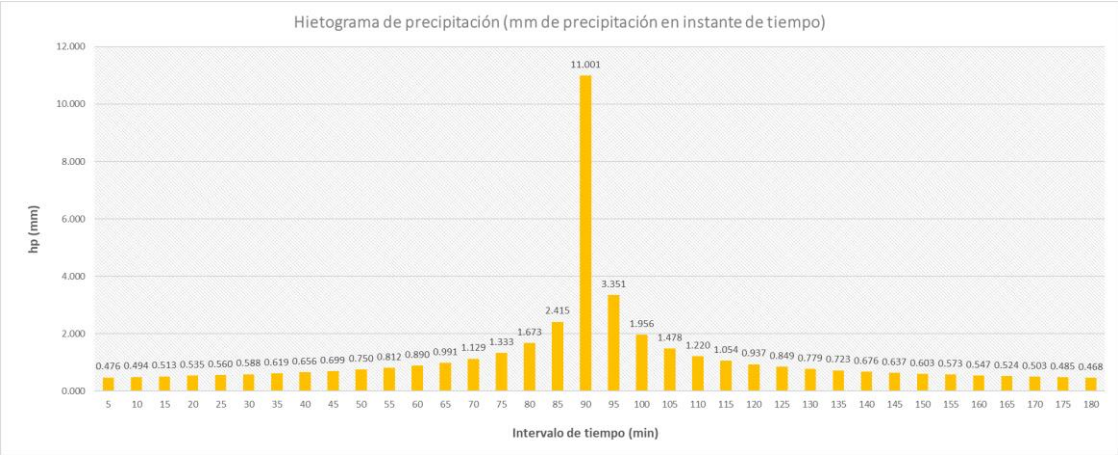
Gráfica 56. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 10 años

Fuente: elaboración propia.



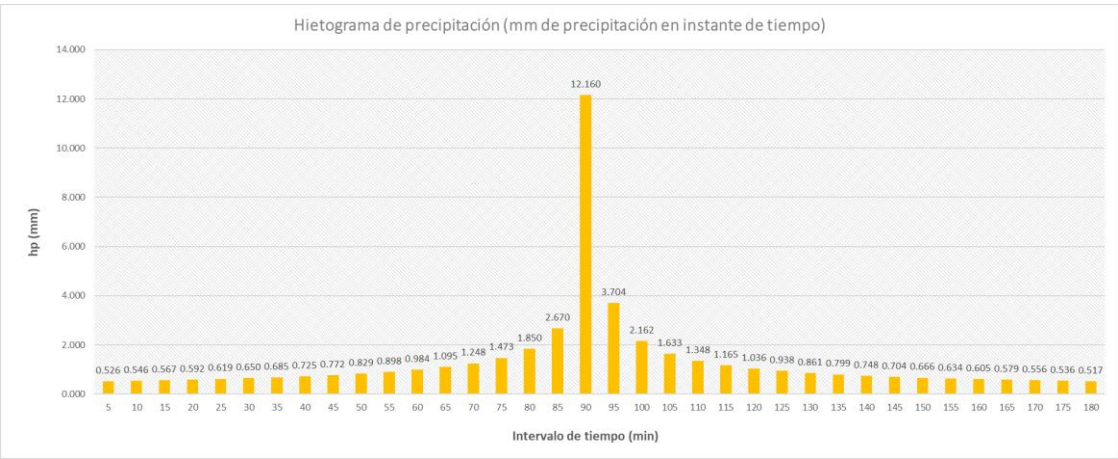
Gráfica 57. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 20 años

Fuente: elaboración propia.



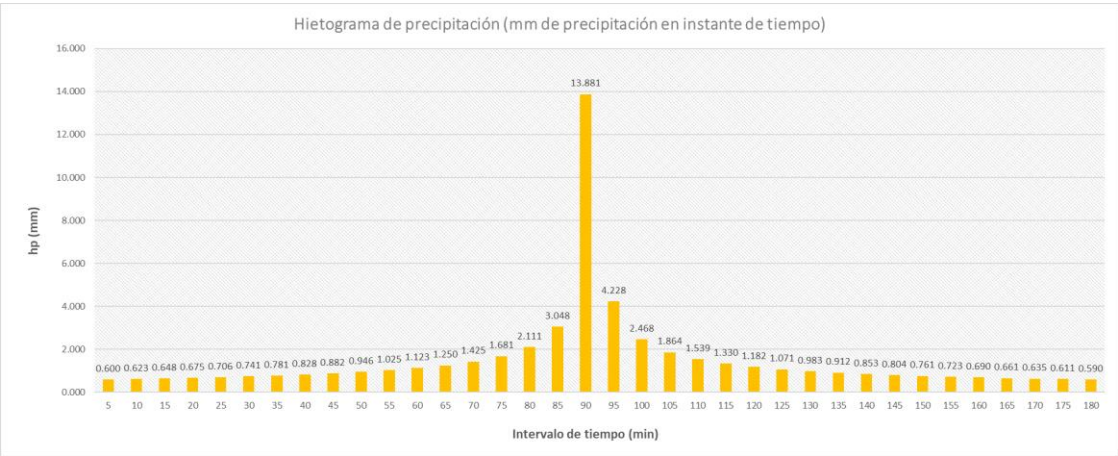
Gráfica 58. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 50 años

Fuente: elaboración propia.



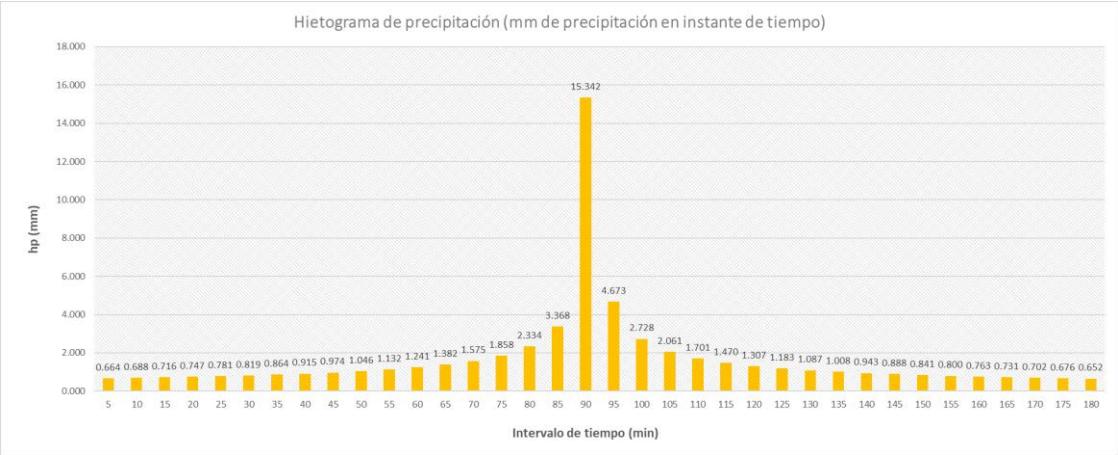
Gráfica 59. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 100 años

Fuente: elaboración propia.



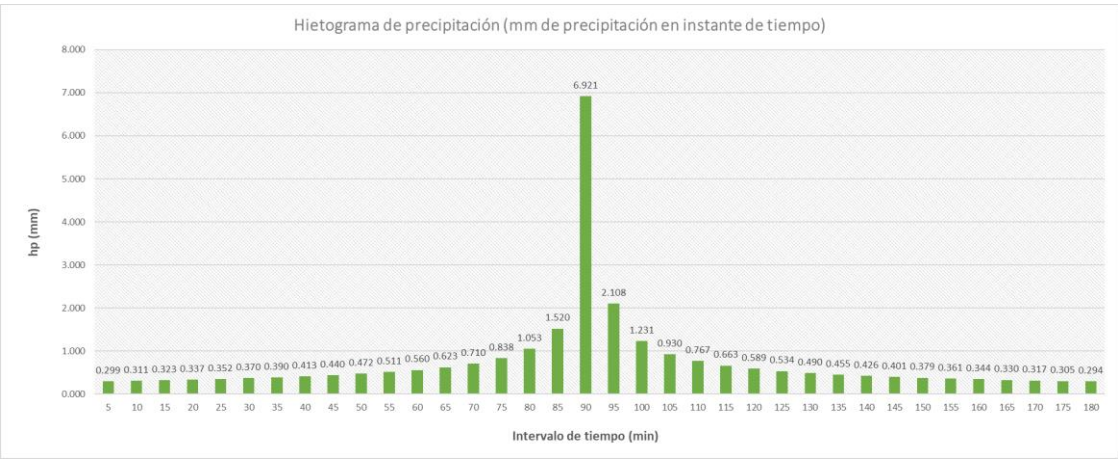
Gráfica 60. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 250 años

Fuente: elaboración propia.



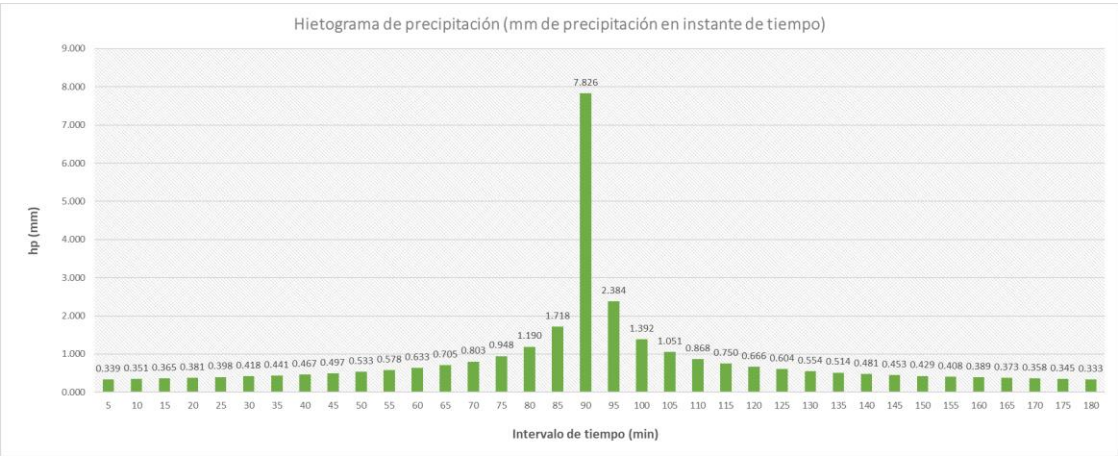
Gráfica 61. Hietograma para la estación San Juan Temascatío tr = 500 años

Fuente: elaboración propia.



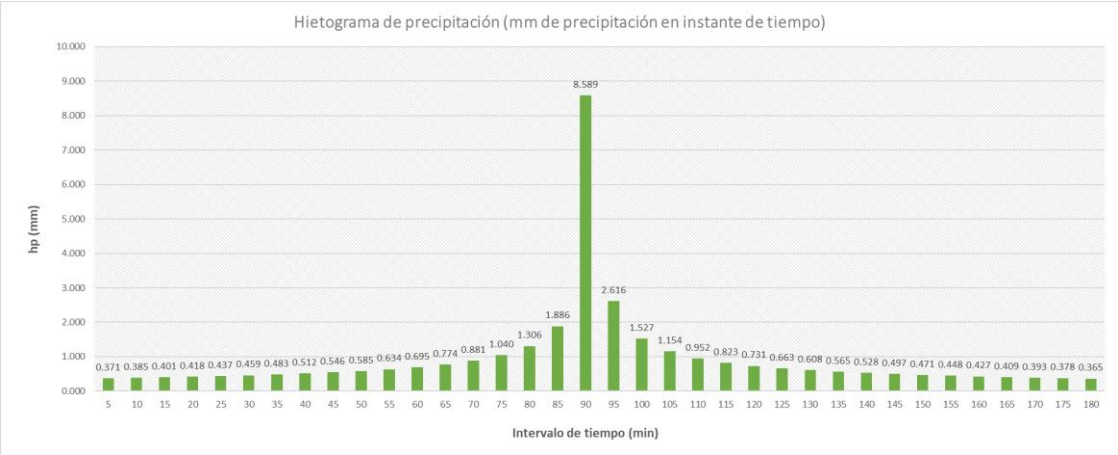
Gráfica 62. Hietograma para la estación Irapuato Tr = 2 años

Fuente: elaboración propia.



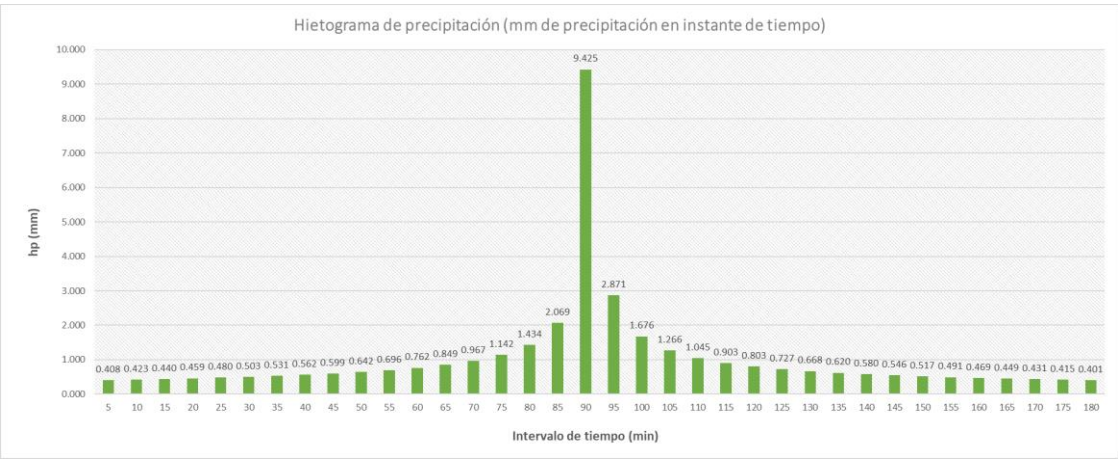
Gráfica 63. Hietograma para la estación Irapuato tr = 5 años

Fuente: elaboración propia.



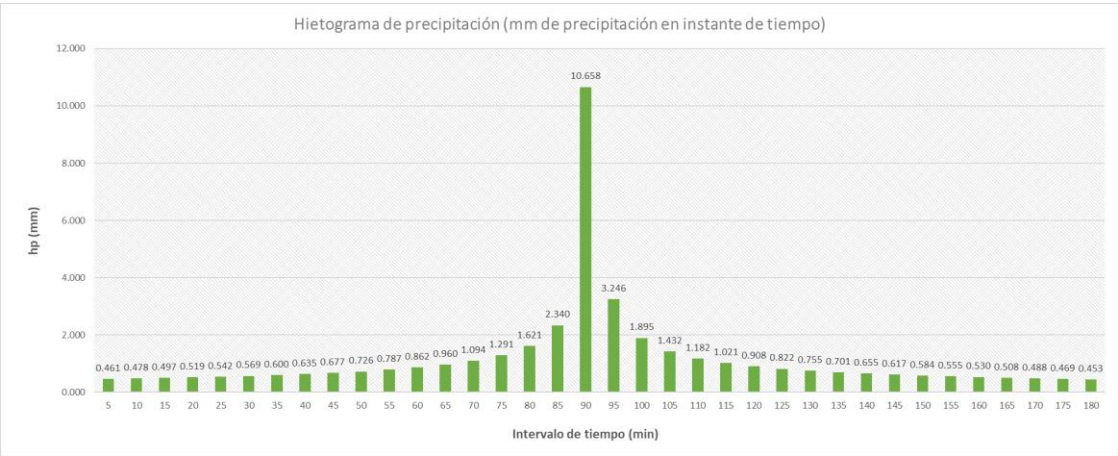
Gráfica 64. Hietograma para la estación Irapuato tr = 10 años

Fuente: elaboración propia.



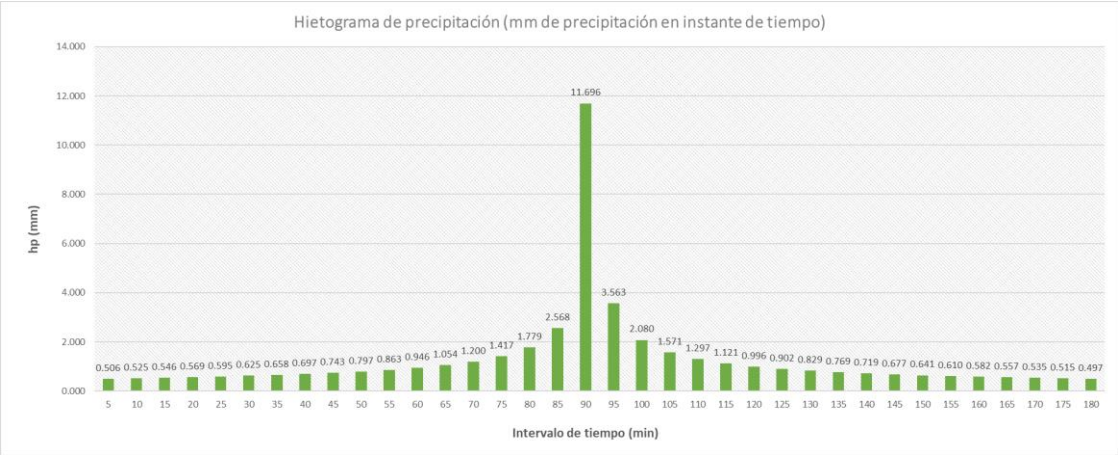
Gráfica 65. Hietograma para la estación Irapuato tr = 20 años

Fuente: elaboración propia.



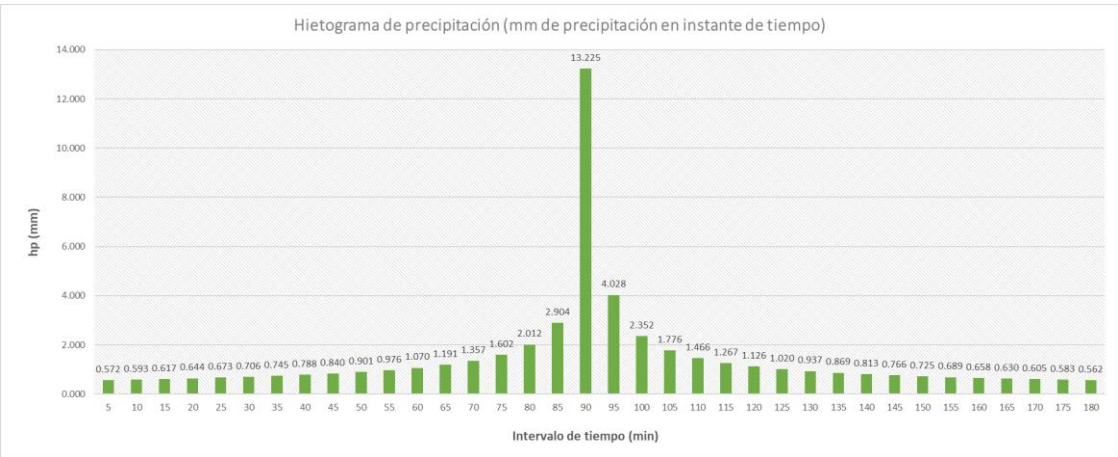
Gráfica 66. Hietograma para la estación Irapuato tr = 50 años

Fuente: elaboración propia.



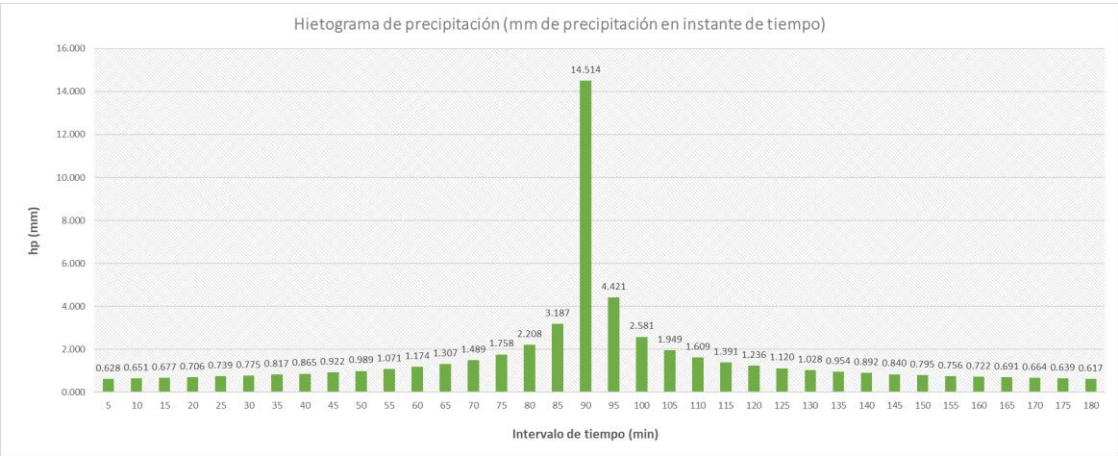
Gráfica 67. Hietograma para la estación Irapuato tr = 100 años

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 68. Hietograma para la estación Irapuato tr = 250 años

Fuente: elaboración propia.



Gráfica 69. Hietograma para la estación Irapuato tr = 500 años

Fuente: elaboración propia.

Obtenidos los hietogramas para cada uno de los periodos de retorno, así como para cada estación climatológica, se procedió a calcular los hidrogramas que habrían de representar el escurrimiento sobre los cauces de cada una de las cuencas para la zona de estudio, para realizar esta tarea se utilizó el Método del Hidrograma unitario Sintético del Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, el cual también llamado el método del "Número de Curva" y lleva a cabo la transformación de la lluvia en escurrimiento, es decir, a partir de datos de lluvia se pueden obtener datos de gasto escurrimiento.

Este método estima la fracción de agua que no se infiltra de acuerdo con los usos del suelo, su textura y la pendiente topográfica. También son útiles los parámetros de la velocidad de la corriente y la propagación de la onda de crecida. En cuanto a las lluvias, son necesarias series cronológicas que permitan calcular la precipitación según distintos períodos de retorno. Con ellas se puede diseñar tormentas hipotéticas y estimar razonadamente la cantidad e intensidad de lluvia por unidad de tiempo en cada punto de la cuenca. La distribución espacial y temporal de las precipitaciones sirve además para inquirir el desplazamiento de las células convectivas y establecer una correlación entre lluvia y escorrentía de acuerdo con las características del medio.

El método del hidrograma unitario sintético del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) fue seleccionado para la obtención de los hidrogramas de escurrimiento debido a que constituye una herramienta ampliamente aceptada, estandarizada y validada para el análisis hidrológico en cuencas. Este método permite estimar la respuesta hidrológica de unan cuenca ante un evento de precipitación, considerando parámetros físicos representativos con el tiempo de concentración, el tiempo de retraso y la pendiente media de la cuenca.

El modelo HEC-HMS incorpora este método de manera integrada, facilitando su aplicación mediante una estructura flexible que permite ajustar los parámetros a las condiciones locales del terreno. El método SCS resulta particularmente adecuado cuando no se dispone de registros hidrométricos suficientes para derivar hidrogramas unitarios observados, ya que su formulación empírica se basa en un amplo conjunto de estudios experimentales realizados por el SCS en diferentes tipos de cuencas y condiciones fisiográficas.

Asimismo, el hidrograma unitario sintético del SCS ofrece una representación razonable precisa del comportamiento del escurrimiento directo, permitiendo modelar de forma eficiente distintos escenarios de precipitación y estimar caudales pico, volúmenes de

escurrimiento y tiempos característicos del flujo superficial. Esto lo convierte en un método confiable y práctico para el diseño y análisis hidrológico en proyectos de ingeniería civil, manejo de cuencas y planificación hidráulica.

XIII.7.2 Modelación hidráulica

Cuando se desarrolla un estudio de inundación para una zona fluvial, se presentan constantemente varias incógnitas, por ejemplo, cuál será el tirante hidráulico de agua que sucederá ante una inundación, que velocidades se alcanzarán o sencillamente que dirección tomará el flujo. Para poder responder a estas dudas, actualmente se disponen de muchas herramientas informáticas específicas que permiten realizar modelaciones hidráulicas recreando con ello las condiciones de un suceso o evento de inundación, de esta manera se puede conocer cómo es el comportamiento de un río en particular y posteriormente evaluar el riesgo bajo condiciones particulares.

Gran parte de los fenómenos que se producen dentro de la naturaleza y sobre todo en el mundo de la hidráulica, son fenómenos extremadamente complejos y que por lo tanto no son fáciles de tratar y de entender cómo funcionan. Además, en muchos casos resulta muy complejo proporcionar una solución que resuelva correctamente el comportamiento de los elementos ante un evento, como por ejemplo una tormenta. Este caso se presenta constantemente en las obras hidráulicas y en los cauces de los ríos, donde el comportamiento de las estructuras y del propio cauce es extremadamente difícil de predecir y de establecer el alcance que el evento pueda tener. Por lo tanto, determinar cuál es el riesgo que existe para las estructuras que se encuentran en la zona de inundación es muy complejo.

En la actualidad, existen diversas metodologías que nos permiten conocer el comportamiento del agua y anticiparnos a sus movimientos. Por lo tanto, con este tipo de información se podrá proteger y reducir la peligrosidad y los riesgos asociados a una inundación. Existen diferentes tipos de modelos para representar la realidad hidráulica, pero éntrelos más comunes destacan los siguientes:

- Modelos físicos.- Estos son aquellos estudios de un fenómeno hidráulico, que analizan lo que le sucede a una obra de ingeniería mediante la creación de un modelo físico semejante simplificado el cual permite reproducir la realidad a una cierta escala y que mediante el cual se puede observar cómo se comportará dicha obra en la realidad cuando sea construida a otra escala.

- Modelos matemáticos.- Estos se definen como aquellos modelos en los que se utilizan ecuaciones o expresiones matemáticas que describen el fenómeno de estudio. Como parte de este tipo de modelos, se pueden clasificar tres tipologías diferentes de modelos matemáticos.
    - Modelos determinísticos.- Se pueden definir como aquellos en que los procesos físicos involucrados se expresan mediante relaciones fundamentales determinísticas y en el cual no se tiene en cuenta la probabilidad de ocurrencia del fenómeno.
    - Modelos estocásticos.- En este tipo de modelos, los procesos físicos se presentan haciendo uso de variables aleatorias y probabilísticas que involucran el fenómeno en estudio.
    - Modelos de simulación numérica.- Este tipo de modelos en los que se emplean, principalmente, ecuaciones diferenciales y condiciones iniciales en los contornos, resuelven el problema utilizando técnicas de análisis numérico como los métodos basados en diferencias finitas o bien métodos basados en elementos finitos.

Como se ha mencionado anteriormente existen dos tipos de técnicas de análisis que permiten la resolución de los modelos de simulación numérica, siendo los más utilizados los siguientes:

- Método de diferencias finitas.- Estos métodos son capaces de simular algunos procesos que son imposibles de resolver mediante el cálculo simple. Se trata del método clásico que resuelve ecuaciones diferenciales donde el problema discreto se obtiene remplazándolo por la siguiente expresión:
-

$$\frac{\partial u}{\partial x} \rightarrow \frac{u_n + 1 - u_n}{\Delta x}$$

- Método de elemento finito.- Este método está pensado para la aproximación de soluciones de ecuaciones diferenciales parciales, así como para ser utilizado en una computadora, por lo cual discretiza el área de estudio mediante una malla conformada por pequeños elementos con formas triangulares o cuadrangulares. Los vértices de estos elementos representan los nodos de la malla. En estos vértices se busca encontrar el valor de la variable incógnita, ya sea el nivel de agua o la velocidad. Estos elementos locales son ensamblados mediante los procedimientos de algebra lineal en matrices globales, en los cuales el vector solución representa las soluciones nodales. Esta técnica general para hallar soluciones numéricas de sistemas de ecuaciones diferenciales e integrales, es esencialmente útil y versátil

para acomodar geometrías complejas, permitiendo acomodar el tamaño y la forma de los elementos a las necesidades de modelación.

XIII.7.3 Modelización hidrodinámica

La modelización hidráulica permite realizar modelos unidimensionales y bidimensionales. Actualmente, gracias al avance en el desarrollo de las computadoras, así como al avance en las técnicas para la medición topográfica a detalle y fiable, el uso de los modelos bidimensionales se ha extendido considerablemente.

Cada situación y cada escenario tiene una solución y un modelo óptimo, no siempre el uso de un modelo más complejo, como un modelo bidimensional, representara mejor la realidad. Un ejemplo claro es que los modelos 1D se consideran mucho más precisos y exactos en la zona del cauce principal, por otro lado, arrojan resultados inexactos para el flujo sobre zonas planas y extensas como lo son las llanuras de inundación. Por otro lado, los modelos bidimensionales pueden generar mayores inestabilidades y tiempos de ejecución elevados del programa. Estos tiempos tan altos pueden ser innecesarios en algunas situaciones.

Por lo tanto, cada situación es diferente y debe analizarse de una manera independiente, sin embargo, se puede establecer una serie de reglas genéricas en función del tipo de escenario, ayudando a definir cuál es el mejor tipo de modelo y cual se adapta mejor a una situación particular.

XIII.7.4 Modelos unidimensionales

Este tipo de modelos son ampliamente utilizados y su tipología está basada en la resolución de las ecuaciones de Saint - Venant, en concreto en las leyes de conservación de la masa y el momento. Mediante estas ecuaciones se calcula la superficie libre de agua para un flujo de agua estacionario y no estacionario. Estas ecuaciones diferenciales parciales se resuelven mediante la discretización numérica, usando frecuentemente el método de las diferencias finitas, y en algunos casos mediante elementos finitos o volúmenes finitos, en un esquema implícito. Una de las grandes ventajas de la modelización unidimensional es su bajo tiempo de resolución del problema, lo que simplifica considerablemente la realización del modelo. Además, un modelo 1D bien realizado puede conseguir un nivel de estabilidad mucho mayor y de una manera mucho más sencilla que con los otros tipos de modelizaciones. Algunos de los escenarios en los que sería recomendable utilizar modelos unidimensionales serían:

- Ubicaciones en las cuales el flujo del agua no se expande o se entiende de manera significativa.
- Canales bien definidos o ríos muy encauzados, con pendientes muy pronunciadas en los laterales que frenan la expansión lateral del río.
- Cuando se dispone de datos de elevación de una mala calidad o en muy reducida.

XIII.7.5 Modelos bidimensionales

Este tipo de modelos son mucho más avanzados y utilizan las ecuaciones de conservación de la masa y momento, expresadas en dos dimensiones. Los resultados son calculados en cada punto de una malla que se genera en la zona de estudio. Los modelos 2D pueden resolverse mediante elementos finitos o bien mediante diferencias o volúmenes finitos. Algunos casos o escenarios en los cuales se pueden usar modelos bidimensionales son los siguientes:

- Llanuras de inundación.- La planicie de un río es la zona ideal para realizar este tipo de simulaciones, ya que en una planicie de inundación el agua se desplaza en todas direcciones y por lo tanto este tipo de modelo sería recomendable para obtener unos resultados mucho más precisos.
- Zonas urbanas.- En ciudades, por ejemplo, sería más sencillo modelar mediante un modelo bidimensional ya que existen infinidad de objetos y obstáculos que pueden hacer variar la dirección del agua, así como muchas calles por las que el agua se puede desviar.
- Lugares donde el flujo se expande.- Zonas donde el flujo puede variar de forma brusca y se expande de manera constante para luego encogerse. Mediante un modelo 2D se puede modelar mucho mejor esta condición.
- Aguas debajo de un dique que se rompe.- Este tipo de escenario de rotura son altamente complejos, por lo que el desarrollo de un modelo bidimensional es aconsejable.

Finalmente hay que destacar que las simulaciones bidimensionales, también presentan muchos problemas. Algunos de los más importantes y que se deben tener en cuenta son:

- Elevado tiempo de simulación.- Este es quizás uno de los problemas más importantes de los modelos 2D. Si tenemos un área bastante grande con una gran cantidad de celdas en la malla, los tiempos de ejecución del programa pueden ser muy elevados. Una simulación para una cuenca de varios kilómetros puede durar horas.

- Necesidad de una buena información topográfica.- Si no se dispone de una información relativa al terreno de calidad, el modelo no sirve de nada, ya que el resultado será totalmente impreciso.
- Curva de aprendizaje.- Este tipo de modelos son mucho más complejos y requieren de más estudio y conocimiento para poder realizar una simulación que se asemeje a la realidad.

XIII.7.6 Software utilizado y esquema numérico

El presente trabajo utilizó para el desarrollo de la simulación hidrodinámica un modelo matemático, basado en modelos de simulación numérica, para ello el software HEC RAS en su versión 6.6 fue utilizado. HEC – RAS (Hydrological Enginnering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica que ha sido desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers, siendo en la actualidad uno de los programas de referencia dentro de su campo, además de ser de uso libre, gratuito y que puede ser descargado fácilmente de su portal de internet. El hecho de que sea un programa gratuito lo ha generalizado, además, este software se encuentra en continuo desarrolla y actualización, por lo que se van lanzando al mercado nuevas funcionales y mejores en cada nueva versión. El software HEC-RAS, está compuesto por cuatro tipos módulos diferentes, que permiten el análisis de los ríos bajo los siguientes escenarios:

- Modelización de flujo e régimen permanente.
- Modelización de flujo en régimen no permanente.
- Modelización del transporte de sedimentos.
- Análisis de calidad de agua.

HEC-RAS permite además simular los flujos de agua en canales artificiales o bien cauces naturales de ríos, mediante esta herramienta informática, se puede determinar el tirante hidráulico en diferentes puntos, así como las velocidades, entre otros de los muchos parámetros que se pueden calcular. Por lo tanto, se trata de un programa ideal para realizar estudios de inundación.

A partir de su versión 5.0, HEC – RAS mantiene todas sus funciones de las versiones anteriores, sin embargo, incorpora nuevas funcionalidades dentro de las cuales destaca la capacidad de desarrollar cálculos bidimensionales y cálculos cuasi bidimensionales, es decir una modelización como combinación de zonas 1D y zonas 2D. Las características más destacadas de esta versión son las siguientes:

- Resuelve las ecuaciones de Saint – Venant y Onda Difusa para dos dimensiones.
- Modeliza mediante el método de los volúmenes finítos implícitos.
- Incorpora un algoritmo para resolver el acoplamiento de modelos 1D y 2D.
- Permite modelizar mallas estructuradas y no estructuradas.
- Mejora en los tiempos de cálculo debido al aproechamiento de varios procesadores en computadoras de 32 y 64 bits.
- La modelización es más precisa en los cauces y en las planicies de inundación.
- El interfaz de visualización de Ras Mapper permite la visualización detallada de los resultados y el movimiento.
-

HEC-RAS utiliza una serie de ecuaciones y métodos para resolver los cálculos, dichas ecuaciones y métodos son los siguientes:

- Ecuaciones de Saint-Venant y Onda Difusa en 2D.- HEC-RAS permite realizar las simulaciones mediante las ecuaciones 2D de Saint Venant y de onda difusa, el programa permite una gran flexibilidad, ya que permite al usuario escoger cuál de las dos ecuaciones desea utilizar. La opción por defecto utiliza las ecuaciones de Onda difusa. Estas ecuaciones permiten resolver el modelo de una manera mucho más rápida y más estable. Por otro lado, las ecuaciones de Saint Venant permiten resolver un rango mayor de problemas a pesar de ser más lentas y tienen una menor estabilidad. Es importante señalar que, para la simulación hidrodinámica bidimensional, en este trabajo se utilizó la ecuación de la Onda Difusa.
- Volúmenes finitos implícitos.- El esquema numérico que se utiliza para la resolución de problemas en flujo no permanente es el de los volúmenes finitos implícitos. El algoritmo de solución implícita permite mayores intervalos de tiempo de computación que los métodos explícitos por lo que es más sencillo realizar los cálculos. La solución de volúmenes finitos tiene una mayor estabilidad y robustez que las tradicionales técnicas de diferencias finitas. Además, cabe destacar, que con el uso de volúmenes finitos se consigue que el mojado y secado de las zonas del río, con incluso grandes avenidas repentinas, tenga una gran estabilidad y proporcione una solución muy estable. Finalmente destacar que el algoritmo es muy estable en cualquier tipo de régimen, tanto en régimen supercrítico, subcrítico o mixto.
- Algoritmo de solución para la combinación de modelos 1D y 2D.- se trata de un algoritmo nuevo que permite la resolución de un modelo con zonas realizadas y calculada en 1D y otras zonas con una malla en 2D. Este tipo de simulación es perfecta para modelar el río en 1D y conectarlo a una planicie de inundación calculada en 2D.

XIII.7.7 Datos necesarios para la construcción de la simulación

Como se ha mencionado anteriormente, la zona de estudio se enfoca en la zona urbana de la ciudad de Irapuato, Gto., específicamente sobre los cauces de los arroyos Santa Rita y Río Guanajuato.

XIII.7.8 Topografía del terreno

Para realizar la modelización bidimensional fue necesario disponer de un Modelo Digital de Elevación, el cual permitiera modelar las condiciones de contorno bajo situaciones de terreno en el cauce y situaciones de superficie en las llanuras de inundación, esto con la finalidad de representar de una manera más precisa las condiciones del terreno. Para ello con información disponible de los repositorios del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, se elaboró un Modelo Digital de Superficie con una resolución de 5.0 metros.

XIII.7.9 Hidrología

HEC-RAS, con la finalidad de poder reproducir un escurrimiento de una avenida bajo condiciones de flujo no permanente (simulación bidimensional o 2D) requiere de un Hidrograma como condición de entrada, dichos hidrogramas deben ser aquellos que representen el escurrimiento dentro de las cuencas de estudio, por tales razones, los hidrogramas utilizados para desarrollar las simulaciones bidimensionales son los expuestos con anterioridad y obtenidos a partir del registro de precipitación máxima diaria para la zona de estudio, cada uno de estos hidrogramas permitió el desarrollo de simulaciones para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años para cada uno de los cauces mencionados.

XIII.7.10 Uso de suelo

El modelo hidrodinámico de HEC-RAS requiere también le sea proporcionado el coeficiente de rugosidad de la superficie (llanura de inundación y cauce), este valor puede ser ingresado manualmente o mediante el acoplamiento de un mapa de uso de suelo en formato shape. Para el presente estudio se utilizaron diferentes mapas de uso de suelo elaborados a partir de las condiciones de urbanización observadas en las llanuras de inundación y posteriormente atribuyéndoles un valor del coeficiente de rugosidad.

XIII.7.11 Condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo

Con respecto a estas condiciones, el modelo requiere unas condiciones de contorno aguas arriba y aguas debajo de la zona de estudio y directamente sobre el cauce donde

transitara el flujo. El hecho de utilizar condiciones de frontera bajo un mal criterio puede provocar inestabilidades en el modelo o resultados erráticos. Debido a que las simulaciones desarrolladas corresponden a un flujo no permanente (bidimensional o 2D), aguas arriba se han aplicado como condición frontera el Hidrograma de entrada resultado del análisis hidrológico descrito anteriormente, mientras que para la condición frontera aguas abajo, se ha utilizado la condición de calado normal, la cual se encuentra en función de la pendiente del terreno del cauce como condición de salida o descarga.

XIII.7.12 Condiciones de simulación

Con el objetivo de desarrollar una simulación hidrodinámica de manera adecuada en el modelo, HEC-RAS requiere se ingrese información en tres módulos, los cuales se describen a continuación:

XIII.7.12.1 Módulo de geometría

En este módulo se requiere sea cargado el Modelo de Terreno a utilizar, es decir la información referente a la topografía, posteriormente se debe cargar un mapa de uso de suelo o en su defecto otorgar un valor al coeficiente de rugosidad uniforme si es que la superficie es relativamente homogénea, además se deben ingresar las condiciones frontera aguas arriba y aguas abajo que serán necesarias para el tránsito del caudal. Una vez que se tiene esta información cargada, se debe crear una malla, la cual servirá para resolver las ecuaciones del modelo matemático del software mediante el método de volúmenes finitos.

XIII.7.12.2 Módulo de régimen del flujo

En este módulo se puede elegir entre desarrollar la simulación para un régimen permanente (unidimensional o 1D), cuasi no permanente, y no permanente (bidimensional o 2D), para el presente estudio se ha seleccionado el régimen no permanente, y como condición frontera aguas arriba se ha seleccionado flujo desde un Hidrograma, mientras que para la condición frontera aguas abajo se ha seleccionado calado normal que corresponde a la pendiente del cauce.

XIII.7.12.3 Módulo de análisis de flujo no permanente

En este módulo se lleva a cabo la implementación de aquellos parámetros de simulación, esta parte es de suma importancia, puesto que un error en los parámetros de simulación puede llevar a que la simulación no funcione o simplemente se ejecute con errores, además el éxito de la simulación y de los resultados se encuentra estrechamente

relacionada con la selección de los intervalos de tiempo para computo, mapeo, Hidrograma y salida, siendo esta la tarea más ardua para la correcta ejecución de la modelización. En la siguiente tabla se muestran los parámetros de simulación utilizados para todos los cauces simulados y para todos los periodos de retorno simulados.

Tabla 80: Parámetros de simulación utilizados en las simulaciones bidimensionales.

Parámetro	Valor
Procesamiento de la geometría	Si
Simulación para flujo no permanente	Si
Post proceso	Si
Mapeo de planicies de inundación	Si
Intervalo para el tiempo de computo	5 segundos
Intervalo para el tiempo de mapeo	3 minutos
Intervalo de tiempo para el Hidrograma	3 minutos
Intervalo de tiempo para el detalle de salida	3 minutos
Número máximo de iteraciones	20
Ecuación utilizada	Onda difusa

Fuente: elaboración propia.

En el **Anexo 2** del documento electrónico del presente proyecto, se puede consultar una memoria de cálculo para cada corriente de agua evaluada; dada su extensión no se incluye dentro del presente documento, pero se incluye en el anexo por la relevancia de la información presentada.

XIII.7.13 Velocidades de flujo en inundaciones fluviales

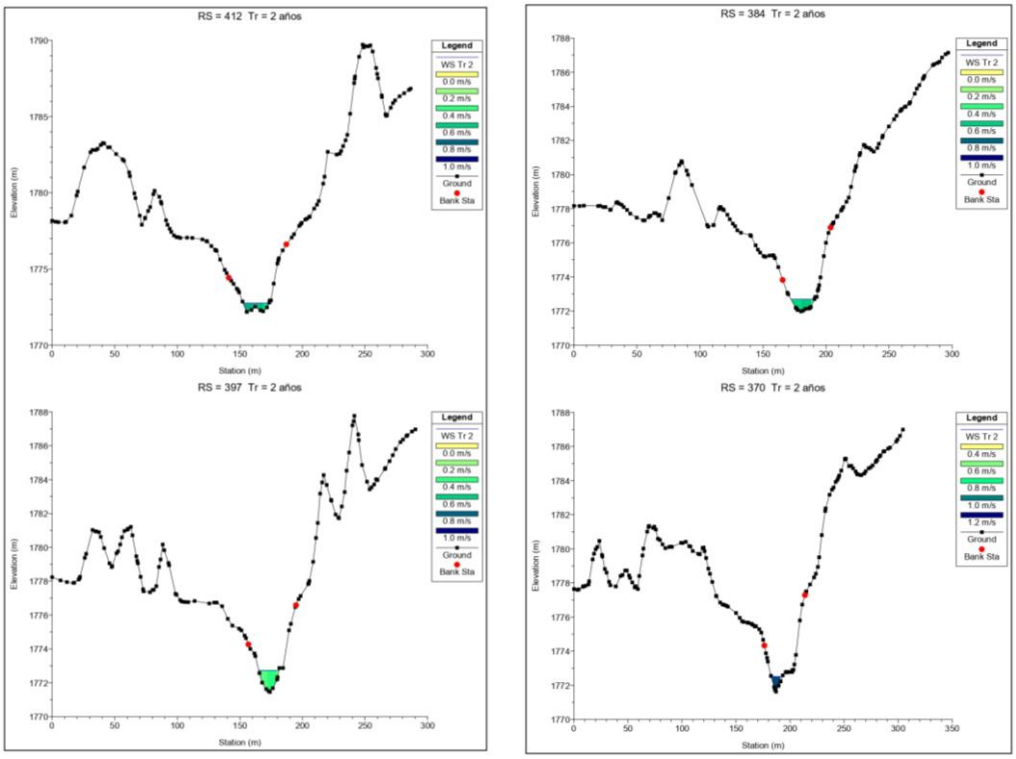
El análisis de inundaciones fluviales constituye un componente fundamental dentro de la identificación y caracterización de peligros hidrometeorológicos en el marco del Atlas Nacional de Riesgos, conforme a los lineamientos establecidos en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración de Atlas de Riesgos. Este análisis tiene como objetivo estimar el comportamiento hidráulico de los escurrimientos superficiales ante eventos de precipitación extraordinaria, considerando la interacción entre el caudal, la geometría del cauce y las condiciones topográficas del entorno, a fin de delimitar áreas susceptibles a inundación y evaluar la magnitud del peligro asociado.

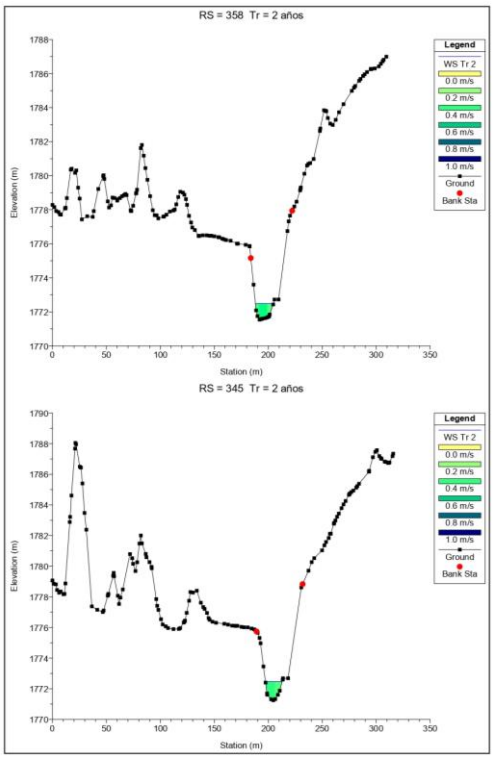
Bajo esta metodología, el cálculo de inundaciones fluviales se apoya en el modelado hidrológico e hidráulico del cauce, integrando información topográfica detallada, secciones transversales representativas, parámetros de rugosidad y escenarios de gasto asociados a distintos periodos de retorno. Entre los resultados más relevantes de este

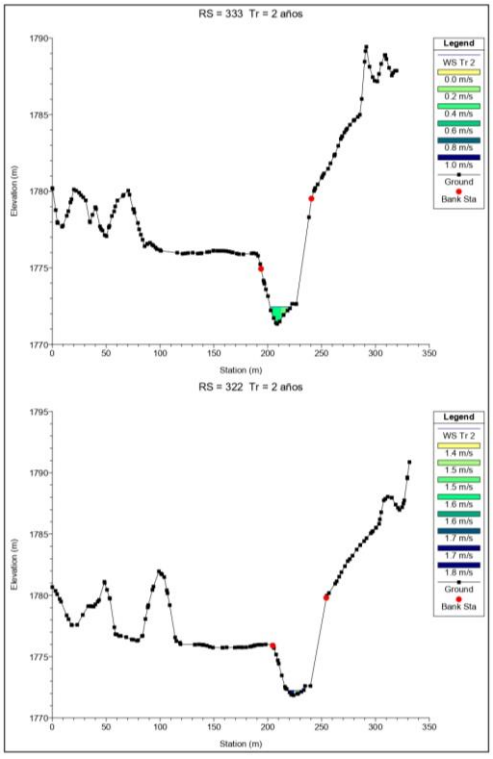
proceso se encuentran la estimación de tirantes, velocidades de flujo y extensión lateral del agua, variables que permiten evaluar el potencial de daño y el grado de afectación a la infraestructura, la población y los sistemas productivos adyacentes al cauce.

En este contexto, la velocidad del flujo adquiere particular importancia como indicador de la energía del escurrimiento y de su capacidad erosiva y destructiva, por lo que su análisis espacial a lo largo de las secciones transversales resulta indispensable para la clasificación del nivel de peligro. A continuación, se presentan las imágenes correspondientes a las velocidades obtenidas en las secciones transversales del arroyo Zarco, las cuales constituyen un insumo técnico clave para la interpretación del comportamiento hidráulico del cauce y para la posterior integración del análisis de peligro por inundación fluvial en el Atlas de Riesgos.

A continuación, se muestran algunos resultados de las velocidades obtenidas para los periodos de retorno solicitados en la GCMEANR; nuevamente se reitera que la consulta de todas las secciones puedes ser consultados en el **Anexo 2** del presente documento electrónico.

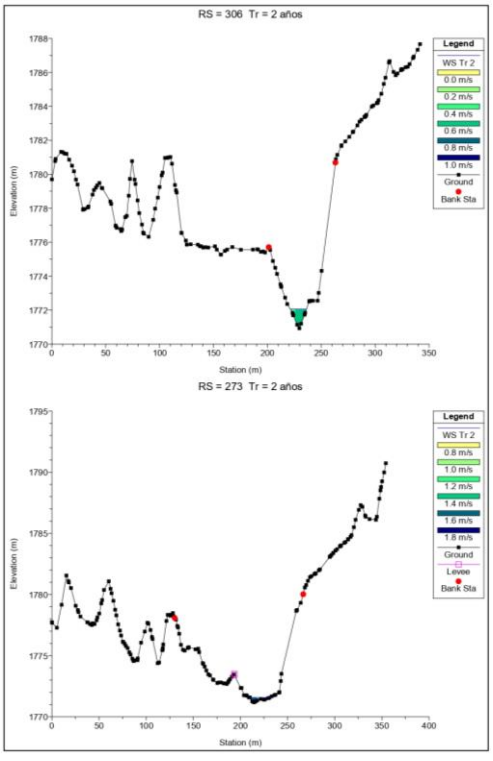



RS = 358 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

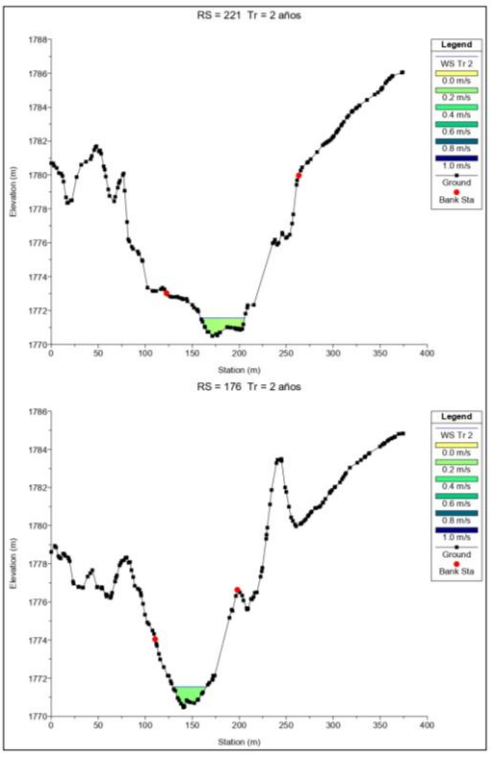

RS = 333 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

RS = 345 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

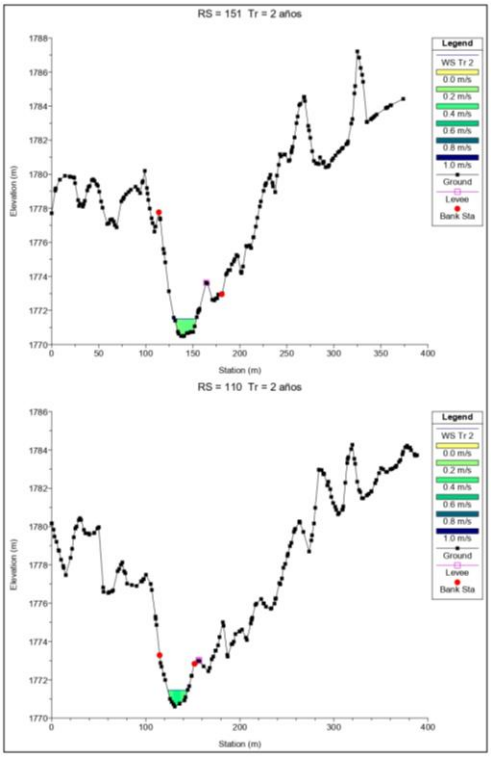
RS = 322 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
1.4 m/s
1.5 m/s
1.6 m/s
1.6 m/s
1.7 m/s
1.7 m/s
1.8 m/s
Ground
Bank Sta

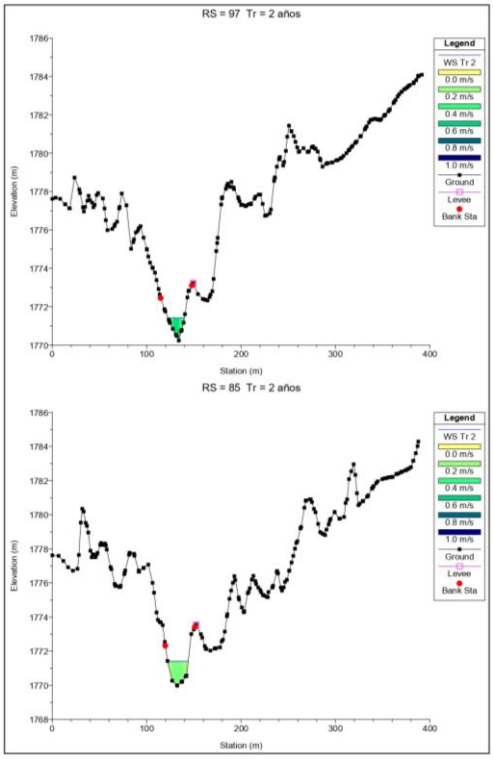

RS = 306 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

RS = 273 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
Ground
Levee
Bank Sta


RS = 221 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

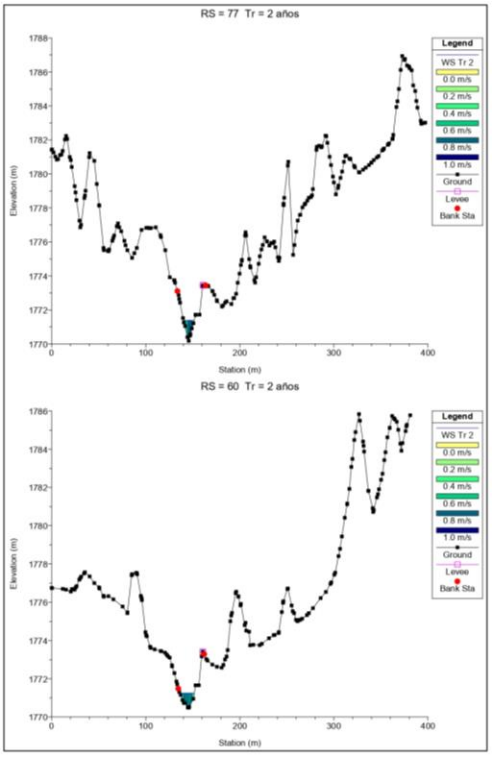
RS = 176 Tr = 2 años
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

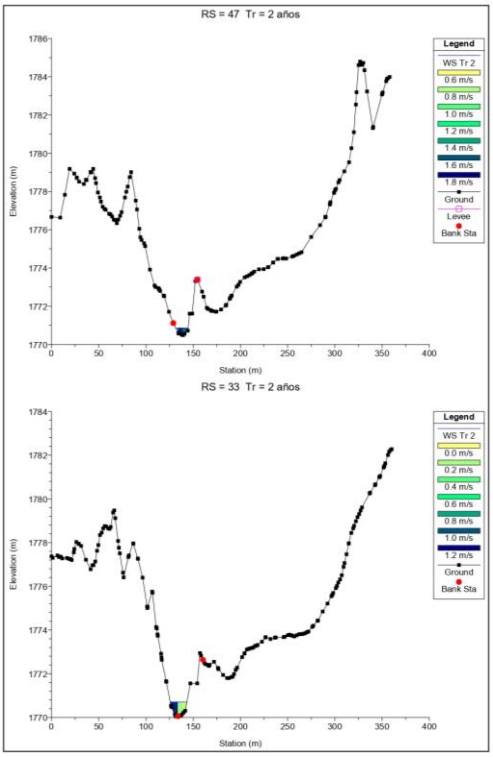

RS = 151 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


RS = 97 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

RS = 110 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

RS = 85 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


RS = 77 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


RS = 47 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

RS = 60 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

RS = 33 Tr = 2 años
Legend
WS Tr 2
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

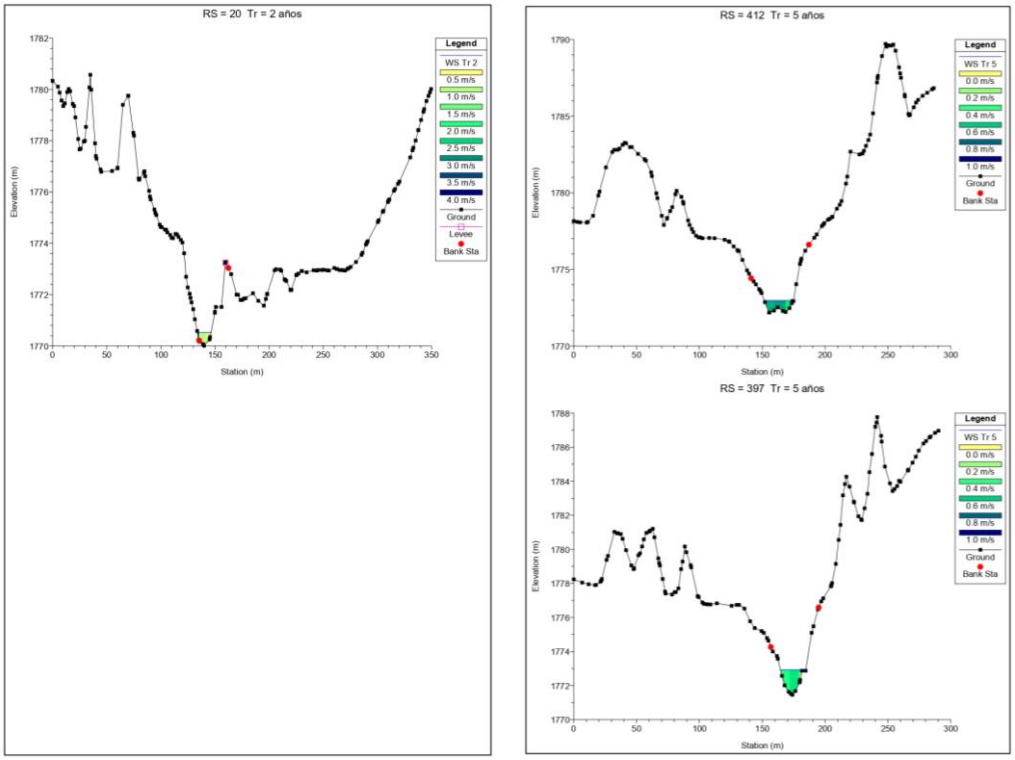


Figura 72. Velocidades obtenidas para el Arroyo Zarco.

Fuente: elaboración propia.

XIII.7.14 Periodo de retorno: Evento de 500 años

En el campo de la hidrología, uno de los conceptos más relevantes para la planificación y la gestión del riesgo asociado a fenómenos naturales extremos es el periodo de retorno o período de recurrencia. Este término se refiere al intervalo de tiempo promedio entre eventos hidrológicos de magnitud igual o superior a un cierto umbral, como una lluvia extrema, una avenida fluvial o una inundación significativa.

XIII.7.14.1 Definición del Periodo de Retorno

El periodo de retorno, usualmente expresado en años, es una medida estadística que se utiliza para estimar la probabilidad de ocurrencia de un evento extremo en un año cualquiera. Por ejemplo, un evento con un periodo de retorno de 100 años tiene una probabilidad de 1/100 o el 1 % de ocurrir en cualquier año. Este valor no implica que el evento ocurra exactamente cada 100 años, sino que tiene una probabilidad fija de ocurrencia anual.

Desde el punto de vista técnico, el periodo de retorno se calcula a partir del análisis de series temporales de datos hidrológicos (como caudales máximos anuales), utilizando

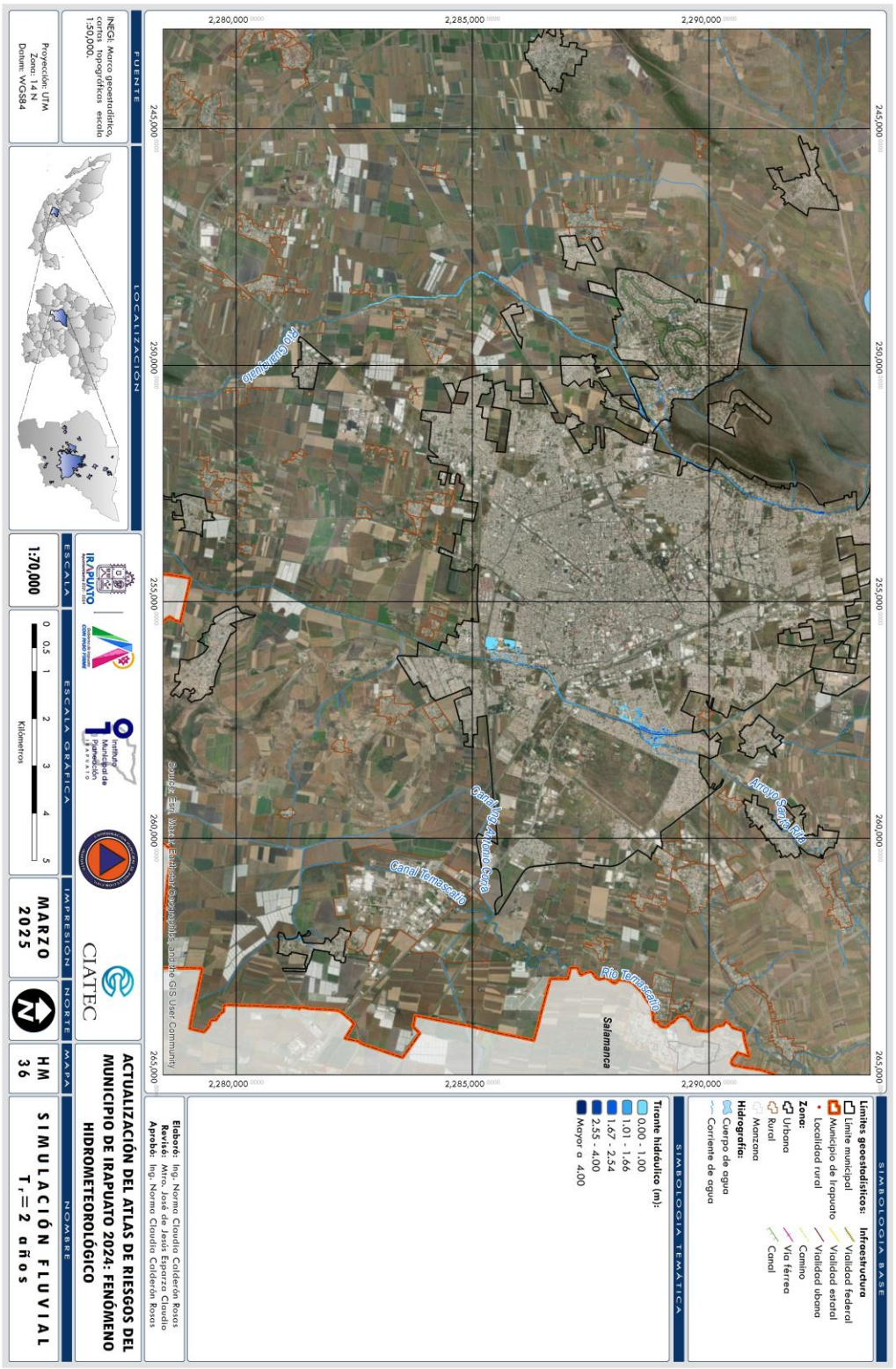
métodos de estadística extrema, como la distribución de Gumbel o la de Pearson tipo III (Chow, Maidment & Mays, 1988).

XIII.7.14.2Significado de un Periodo de Retorno de 500 Años

Un evento con un periodo de retorno de 500 años es considerado extremadamente raro. Tiene una probabilidad anual de ocurrencia de solo el 0,2 %. Sin embargo, esto no significa que no pueda suceder dos veces en un corto periodo. Debido a que la probabilidad se refiere a una expectativa estadística, es posible que eventos de 500 años ocurran más de una vez en un siglo, especialmente en el contexto de un clima cambiante.

Estos eventos son fundamentales para la planificación del riesgo, especialmente en obras de infraestructura hidráulica, diseño de presas, seguros y ordenamiento territorial. En muchas jurisdicciones, se utilizan los eventos de 500 años como base para la definición de zonas de riesgo de inundación extrema, como lo hace la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias (FEMA) en los Estados Unidos (FEMA, 2021).

Es importante señalar que el concepto de periodo de retorno asume una condición de estacionalidad en los datos, es decir, que las condiciones climáticas y del terreno no cambian con el tiempo. Sin embargo, con el cambio climático y la urbanización acelerada, esta suposición es cada vez más cuestionada. Investigadores han advertido que los periodos de retorno tradicionales podrían subestimar la frecuencia de eventos extremos en el futuro (Milly et al., 2008).



Mapa 36: Peligro por inundaciones para Tr=500 años.

Cabe mencionar que en el proyecto SIG es posible consultar los periodos de retorno que marca la GCMEANR, los cuales son: 2, 5, 10, 20, 50, 100 y 250 años. Por otro lado, también es importante mencionar que uno de los principales obstáculos para las presentes modelaciones corresponde a la disponibilidad de información topográfica a detalle.

La simulación de inundaciones es una herramienta esencial para la gestión del riesgo hidrometeorológico, el ordenamiento territorial y la planificación urbana. Entre las herramientas más utilizadas a nivel mundial para este fin se encuentra HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos. Sin embargo, la precisión de los resultados de HEC-RAS depende en gran medida de la calidad de los datos de entrada, siendo la topografía uno de los insumos más determinantes.

Cuando no se cuenta con información topográfica a detalle, las simulaciones hidrodinámicas presentan limitaciones críticas que comprometen su utilidad para la toma de decisiones. HEC-RAS permite realizar simulaciones en una y dos dimensiones de flujo de agua en cauces y planicies de inundación. Para ello, requiere como insumo fundamental un modelo digital del terreno (MDT), a partir del cual se generan perfiles transversales, líneas de flujo, y se calcula el volumen de almacenamiento o la propagación del flujo en caso de desbordamiento, (USACE, 2016). Por lo tanto, la calidad y resolución del MDT son factores claves para representar con fidelidad la realidad geomorfológica del terreno. Cuando se utiliza un modelo de baja resolución —por ejemplo, con curvas de nivel espaciadas o generadas a partir de datos satelitales poco precisos— se introducen errores significativos en la elevación del terreno, lo que repercute en la delimitación incorrecta de las zonas inundables, las velocidades de flujo, y las profundidades de agua estimadas, (Cook, 2009).

Entre las principales limitaciones de utilizar HEC-RAS sin una base topográfica precisa se encuentran:

- Representación deficiente del cauce y las riberas: la geometría del cauce fluvial es fundamental para modelar correctamente el comportamiento hidráulico. Sin un MDT de alta resolución, se omiten características clave como taludes, estructuras de contención, canales secundarios o islas fluviales.
- Errores en la delimitación de zonas de inundación: la falta de precisión topográfica distorsiona los resultados al momento de proyectar las zonas de anegamiento,

generando sobreestimaciones o subestimaciones de la superficie afectada (Wright et al., 2008).

- Imposibilidad de calibración adecuada: sin topografía de calidad, los modelos resultan difíciles de validar con eventos históricos, ya que la base geométrica no refleja el comportamiento real del flujo durante episodios de lluvia intensos.
- Limitada utilidad para la gestión del riesgo: cuando el objetivo es diseñar infraestructuras de mitigación, identificar zonas vulnerables o establecer planes de emergencia, los errores inducidos por la mala representación del terreno pueden llevar a decisiones erróneas con consecuencias sociales y económicas.

Una alternativa viable es la generación de MDT mediante levantamientos LiDAR con drones, los cuales proporcionan precisión centimétrica. Aunque su costo puede ser elevado, representan una inversión clave cuando se requiere un análisis confiable para infraestructura crítica o zonas densamente pobladas, y no solamente para temas hidrometeorológicos sino también geológicos (para el monitoreo de fallas o subsidencia).

Para las presentes simulaciones, se consultaron los datos disponibles relativos al Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM), así como los Modelos Digitales de Elevación (MDE) de menor resolución disponibles en la página de INEGI, dado que el municipio (IMPLAN, DU, OP, JAPAMI, etc.), no cuenta con información topográfica a detalle; con la información disponible en INEGI se elaboraron mapas de representación de pendiente y secciones longitudinales dentro del municipio de Irapuato, así como el modelo topográfico para los escenarios en HEC-RAS, que a continuación se presenta.

XIII.7.15 Clasificación de la pendiente

La respuesta hidrológica de una cuenca depende de sus características fisiográficas, entre ellas la pendiente de terreno natural, donde:

- Menor a 3°: inundación estática, posible sedimentación.
- De 3° a 15°: inundación dinámica, erosión.
- Mayor a 15°: escorrentía torrencial, erosión con arrastre de sedimentos.

Los terrenos relativamente planos, donde comúnmente se alojan las llanuras de inundación, pueden identificarse en función de los caudales, su topografía y sobre todo por la cantidad de sedimentos que se transportan, así como las paredes de los cauces, convirtiéndose en un peligro medio para las comunidades porque no son llanuras de

inundación ni estáticas ni estables; en el siguiente mapas, se muestra la clasificación de la pendiente para los rangos mencionados anteriormente, en el cual se puede observar que en casi la totalidad de la zona urbana predomina una pendiente menor a 3° salvo en la parte poniente. El Mapa 3.36 muestra cuatro perfiles a lo largo del municipio de Irapuato, con el objetivo de comprender como se desarrolla la escorrentía desde la zona norte hacia su salida natural (zona sur del municipio).

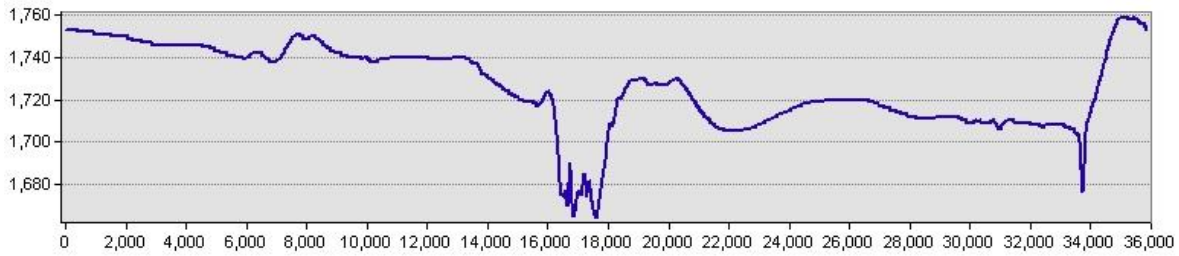


Figura 73: Perfil longitudinal 1 (San Miguel de Villalobos-Tomelopitos).

Elaboración: elaboración propia.

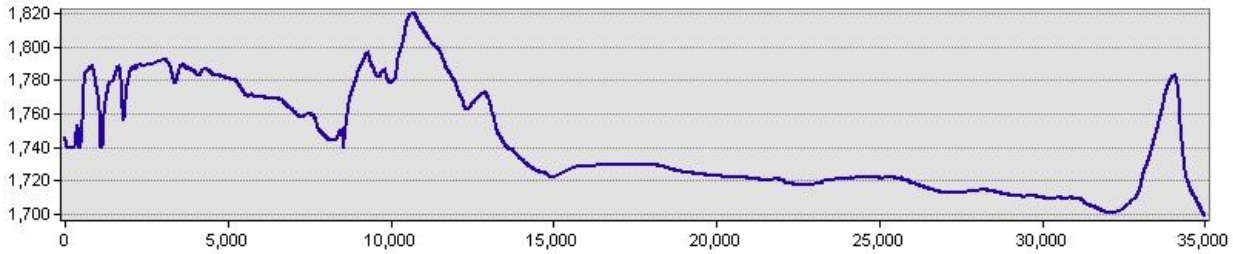


Figura 74: Perfil longitudinal 2 (Aldama-Tomelopitos).

Elaboración: elaboración propia.

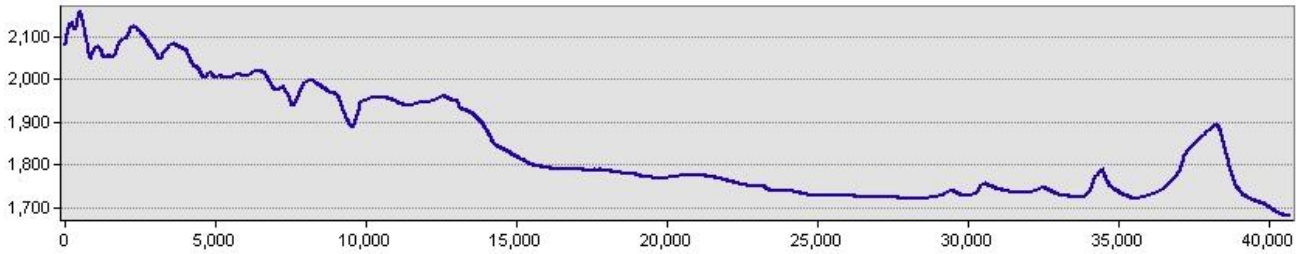


Figura 75: Perfil longitudinal 3 (Comederito-Tomelopitos).

Elaboración: elaboración propia.

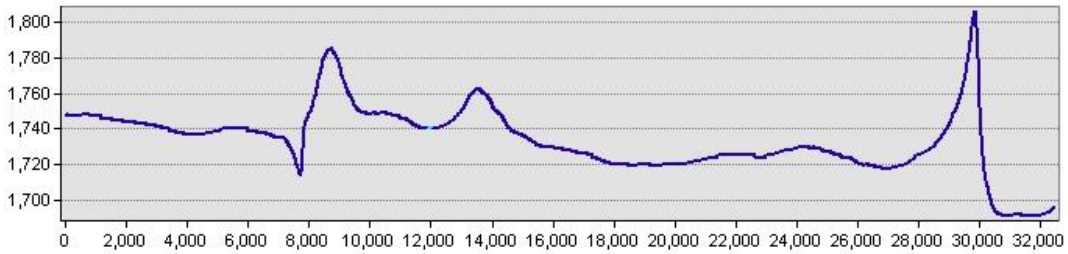
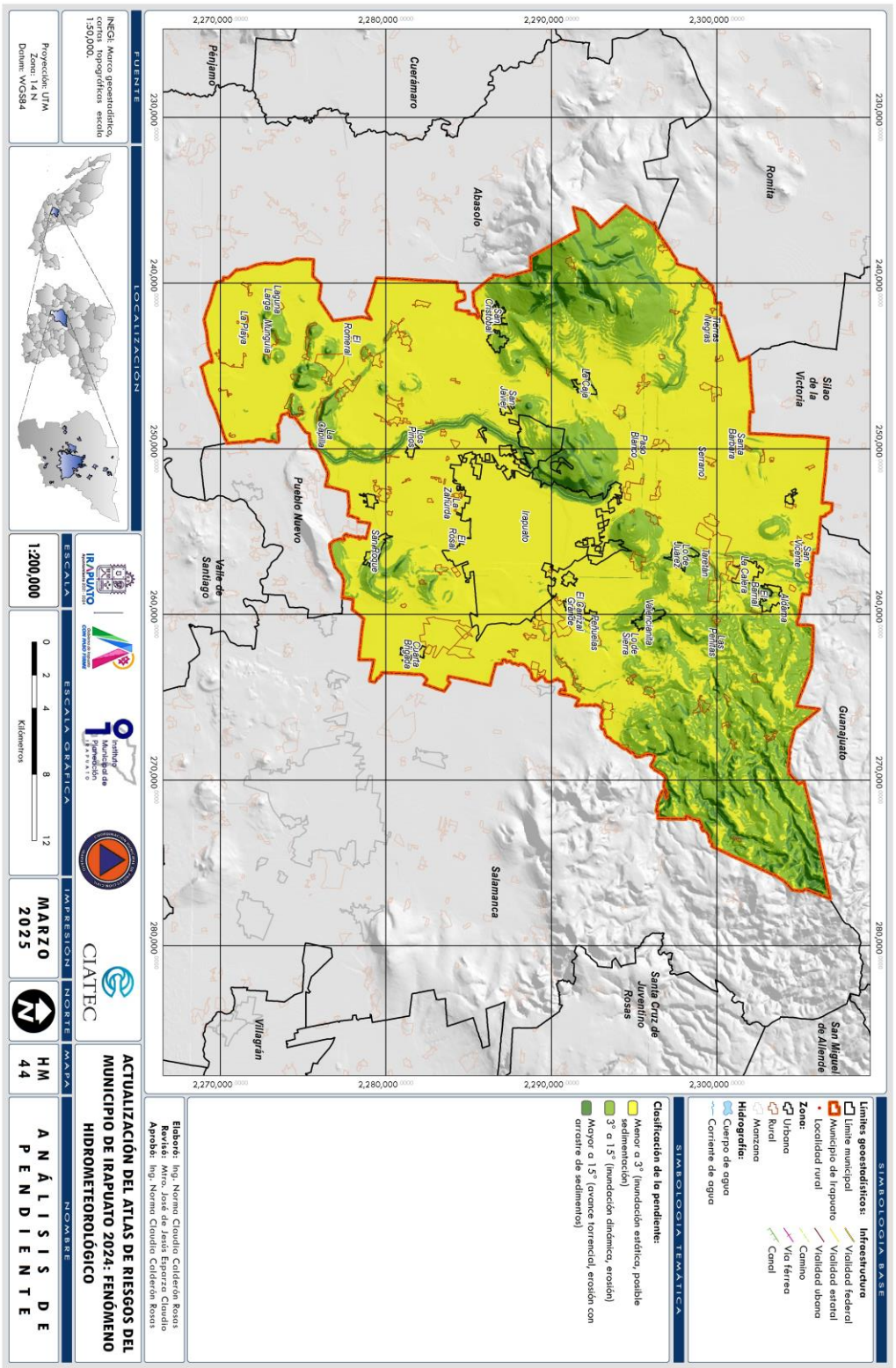
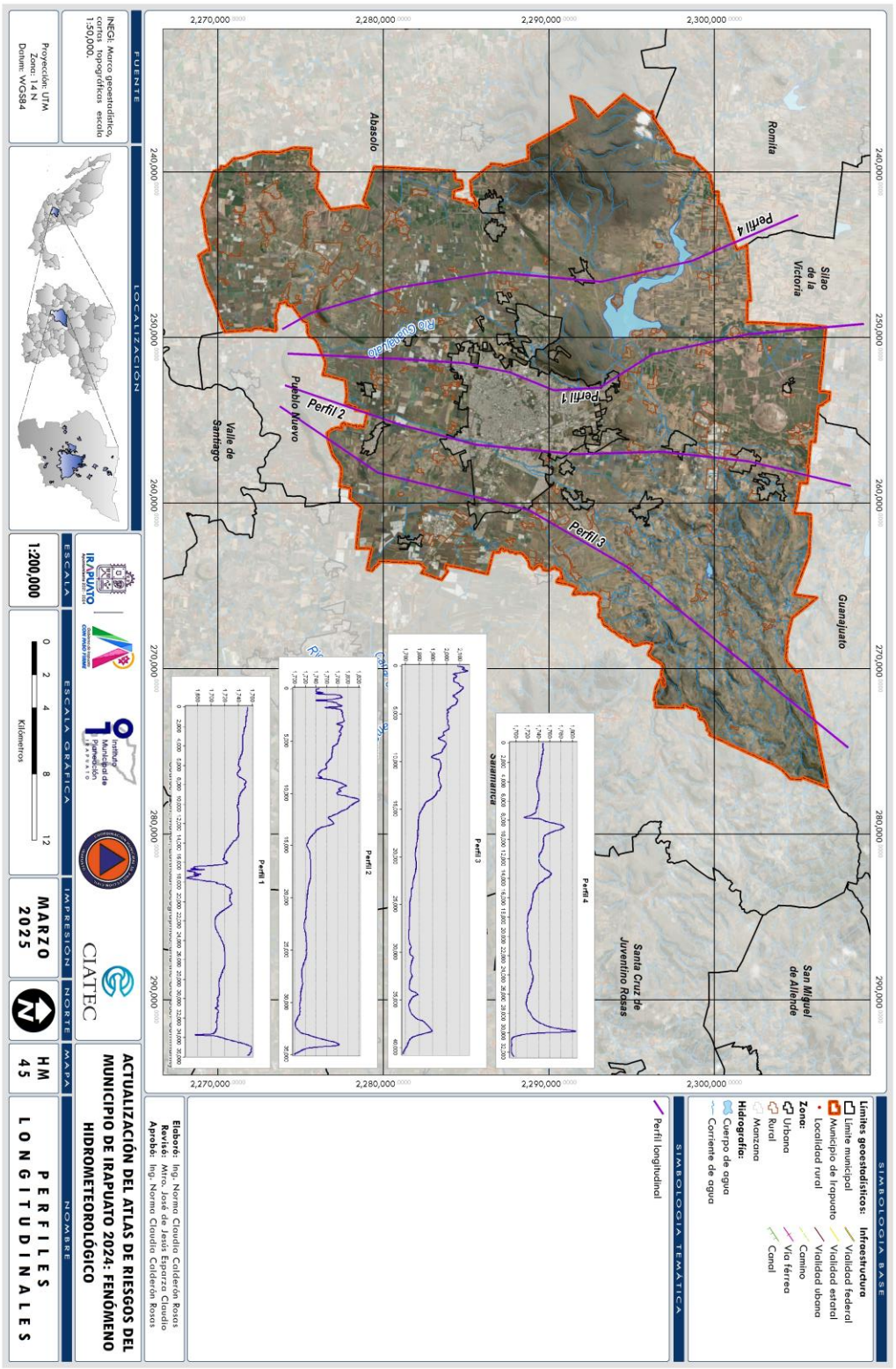


Figura 76: Perfil longitudinal 4 (Rancho de Los Rodríguez-Tomelopitos).

Elaboración: elaboración propia.



Mapa 37: Análisis de pendiente del municipio.



Mapa 38: Perfiles longitudinales.

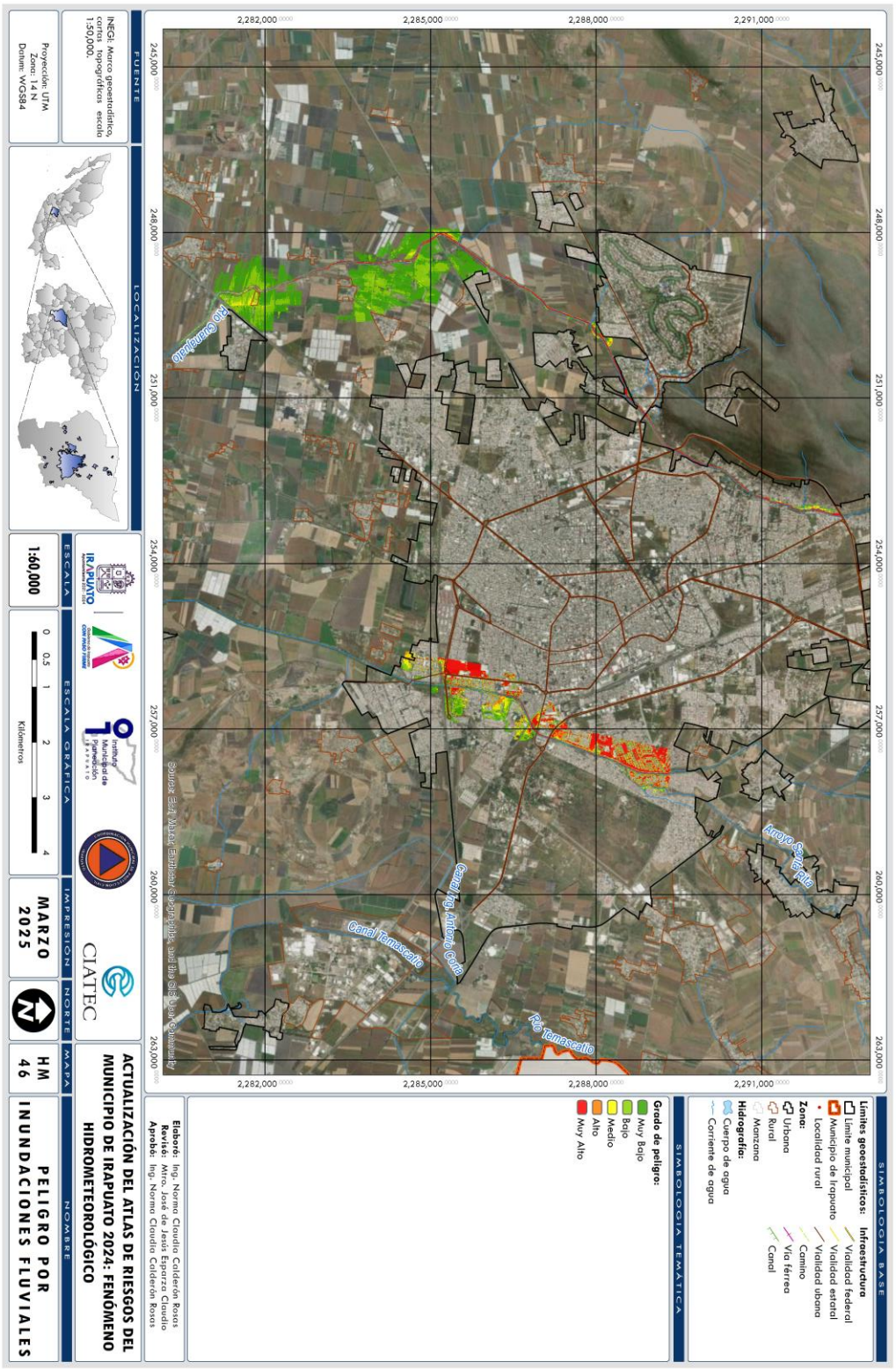
Los rangos de peligro por inundación se establecieron de acuerdo con las funciones de vulnerabilidad para vivienda tipos IV y V que predominan en las llanuras de inundación resultantes, descritos en el Anexo 9 de la GCMEANR de CENAPRED, así como a los tirantes hidráulicos de las simulaciones en HEC-RAS:

Tabla 81: Rangos de peligro por inundaciones.

Tirante (m)	Peligro	
0.00 – 0.20		Muy Bajo
0.20 – 0.40		Bajo
0.40 – 1.00		Medio
1.00 – 2.00		Alto
Mayor a 2.00		Muy Bajo

Elaboración: con base en gráficas de tipo de vivienda.

Con base en la tabla anterior, se elaboró el mapa de peligro por inundaciones para un periodo de retorno de 500 años.



Mapa 39: Peligro por inundaciones fluviales.

En la siguiente tabla, se mencionan las colonias dentro de las llanuras de inundación del mapa de peligro:

Tabla 82: Colonias identificadas en el mapa de peligro por inundaciones fluviales.

Cauce	Colonia
Silao	Bella Vista Bella Vista (Ampliación) Bernardo Cobos (INFONAVIT) Bosques Ciudad Deportiva Colinas Del Rio II Españita Jardines de San Antonio Jardines del Dique Lomas De Españita Masada Residencial Mediterráneo Piamonte Pontevedra San Antonio De Ayala San Gabriel Tercera Sección San Juan Bosco Dos Trento Residencial Vista Alegre Vista Hermosa
Guanajuato	18 de Agosto 24 de Diciembre Brisas del Río Capi CERESO Irapuato Colón Colón Segunda Sección Colón Tercera Sección De La Calzada de Guadalupe El Ángel El Encanto El Trébol Emiliano Zapata II Ernesto Che Guevara Flores Magón Sur Fracción San Cayetano Francisco Villa Granja Saldaña Guadalupe Hacienda Colón Hacienda La Virgen Primera Sección Insurgentes Jardines De Jerez Jardines de La Hacienda

Cauce	Colonia
	Josefa Ortiz De Domínguez
	Lázaro Cárdenas
	Lázaro Cárdenas Segunda Sección
	Lázaro Cárdenas Tercera Sección
	La Rioja
	La Virgen
	Ladrilleras
	Las Animas
	Las Carmelitas
	Las Fuentes
	Las Fuentes Segunda Sección
	Las Huertas
	Los Agaves
	Los Agaves II
	Los Girasoles
	Lucio Cabañas
	Militar
	Morelos
	Progresiva El Jaral
	Residencial Floresta
	Salinas de Gortari
	San Cayetano de Luna
	San Isidro
	San José
	San Roque
	Valle de Las Flores
	Valle de Las Flores Segunda Sección
	Villareal
	Villas de San Cayetano
	Villas del Sur

Fuente: elaboración propia.

XIII.8 Vulnerabilidad por inundaciones fluviales

La vulnerabilidad es una condición o conjunto de condiciones que hacen que una comunidad sea débil y quede expuesta a sufrir daño por el impacto de una amenaza. La vulnerabilidad es una condición particular de cada comunidad, incluso de cada individuo, cambiante en el tiempo y en el espacio por lo que su estudio puede realizarse considerando diversas dimensiones o factores y niveles de análisis.

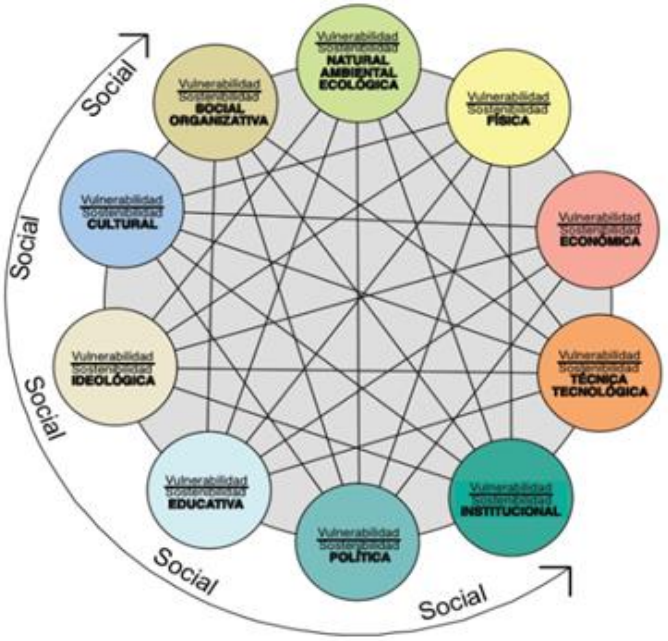


Figura 77: Relaciones de la vulnerabilidad global.
Fuente: Bolivar-Huascar, 2001.

Metodológicamente el análisis de las amenazas y la vulnerabilidad, como lo expresa el Banco Interamericano de Desarrollo, "constituyen una herramienta de diagnóstico que facilita clasificar los problemas y deficiencias de desarrollo y priorizar las acciones de carácter político, económico, social, y ambiental que deben realizarse para lograr un desarrollo equilibrado", (BID, 2019).

La exposición de una comunidad a las amenazas depende de diversos factores: su localización, la forma de utilización de los diversos elementos de la naturaleza, sus condiciones económicas y sociales, entre otros; la confluencia de todos estos factores en una comunidad, conforman lo que Wilches-Chaux, (1998) denominó Vulnerabilidad Global, (Red, 1998). A estos factores los nombra factores de vulnerabilidad; de tal forma que un análisis de vulnerabilidad puede realizarse considerando la totalidad de ellos o alguno en particular

Para el presente análisis de vulnerabilidad se utilizó la metodología contenida en el Anexo 9 de la GCMEANR, la cual permite, aunque está enfocada al ámbito rural, estimar el grado de vulnerabilidad a partir de la ubicación de las casas y propiedades de los habitantes respecto a la cercanía del arroyo y de las características de las viviendas. La medición de la vulnerabilidad por inundaciones del Anexo 9 se refiere solamente a los bienes que tiene la población dentro de sus viviendas, conocida como "menaje" o "enseres", por lo que se

considera que las inundaciones ocurren lentamente, es decir, hay tiempo suficiente para que las personas puedan desalojar sus viviendas de modo tal que sus vidas no sufran peligro.

XIII.8.1 Tipología de la vivienda

El conocimiento de los materiales de construcción es importante para cuantificar la vulnerabilidad de una vivienda. En general, un gran porcentaje de la vivienda en México, es el resultado de alguna de las combinaciones constructivas entre las siguientes tablas, sin embargo, en la siguiente figura, se muestra el esquema de una casa con los materiales que más se utilizaron en la construcción de viviendas en México en 2020, (INEGI, Censo de Población y Vivienda 2020, 2021).

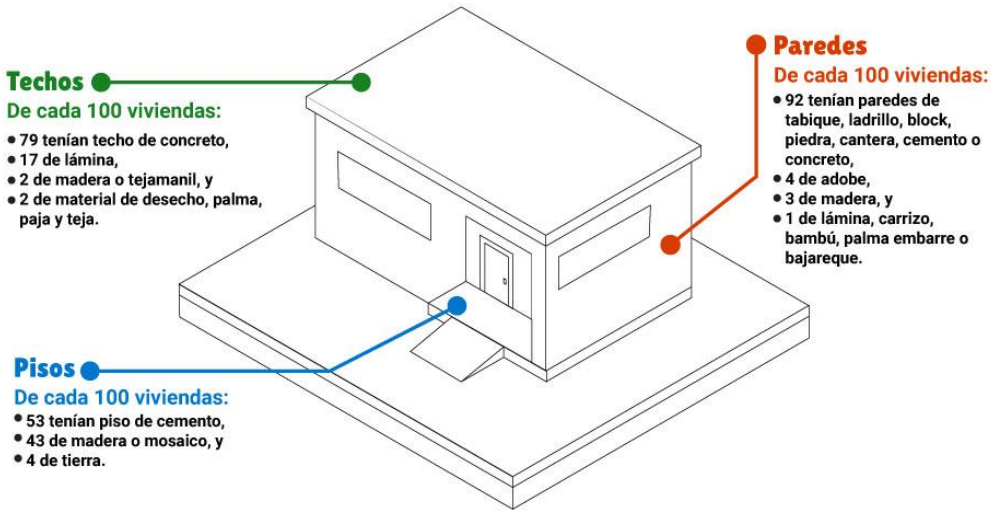


Figura 78: Materiales de construcción para viviendas en México.
Fuente: www.beta.cuentame.inegi.org.mx/descubre/poblacion/viviendas/

XIII.8.1.1 Materiales para muros y techos

Los materiales más usados en la construcción tanto de muros como de techos para viviendas en la mayor parte del país se detallan en las siguientes tablas; cabe hacer mención que el diseño y materiales varían según su la región del país, así como las posibilidades económicas de quienes las construyen.

Tabla 83: Material en muros de viviendas.

Tipo	Descripción
M1	Cartón o plástico
M2	Piedra

Tipo	Descripción
M3	Láminas de cartón
M4	Bahareque[4]
M5	Adobe sin repellado
M6	Madera
M7	Adobe con repellado
M8	Tabique de barro o concreto sin elementos de concreto
M9	Tabique de barro o concreto con elementos de concreto

Fuente: (CENAPRED, Secretaría de Gobernación, 2016).

Tabla 84: Material en techos de viviendas.

Tipo	Descripción
T1	Cartón o plástico
T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
T3	Palma
T4	Teja
T5	Losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
T6	Losa de concreto ligada

Fuente: (CENAPRED, Secretaría de Gobernación, 2016).

Figura 79: Combinaciones para un tipo de vivienda, según el material usado en techo y muros.

Combinación	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
1	Vivienda con muros de cartón o plástico y techo de cartón o plástico.
2	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
3	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de palma.
4	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
5	Vivienda con muros de bahareque y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
6	Vivienda con muros de bahareque y techo de palma.
7	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
8	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de palma.
9	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de teja.

[4] Técnica constructiva mediante el uso de materiales locales; consiste de un entramado de varas, bambú, carrizo, madera, cubierto por una mezcla de tierra arcillosa y fibra.

Combinación	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
10	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
11	Vivienda con muros de madera y techo de palma.
12	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
13	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de palma.
14	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de teja.
15	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
16	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
17	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de palma.
18	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de teja.
19	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
20	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
21	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de palma.
22	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja.
23	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
24	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada.

Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.1.2 Índice de vulnerabilidad

Las combinaciones de la tabla anterior, se clasifican en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción, para poder inferir su capacidad de respuesta ante una inundación, (ver Tabla 85 y Tabla 86).

Tabla 85: Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.

Tipo	Índice de vulnerabilidad	
I	Muy Alto	
II	Alto	
III	Medio	
IV	Bajo	
V	Muy Bajo	

Fuente: adaptado de (DOF, 2016).

Tabla 86: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros.

Combinación	Índice	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
1	I	Vivienda con muros de cartón o plástico y techo de cartón o plástico.
2	II	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
3	III	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de palma.
4	I	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
5	II	Vivienda con muros de bahareque y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
6	III	Vivienda con muros de bahareque y techo de palma.
7	II	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
8	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de palma.
9	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de teja.
10	IV	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
11	IV	Vivienda con muros de madera y techo de palma.
12	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
13	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de palma.
14	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de teja.
15	V	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
16	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
17	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de palma.
18	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de teja.
19	V	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
20	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
21	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de palma.
22	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja.
23	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
24	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada.

Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.2 Funciones de vulnerabilidad para el menaje de casa

Para estimar las funciones de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda se propone una serie de configuraciones de muebles y enseres menores; posteriormente se lleva a cabo

una cuantificación del porcentaje de los daños ocasionados en cada caso, en función del nivel que alcance el agua que entra en la casa.

XIII.8.2.1 Vivienda tipo I

Este tipo corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un solo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo del menaje que se ha considerado para elaborar la función de vulnerabilidad de una vivienda tipo I. Para este tipo de vivienda se cuantifica un menaje con un costo aproximado de $12,500.00.

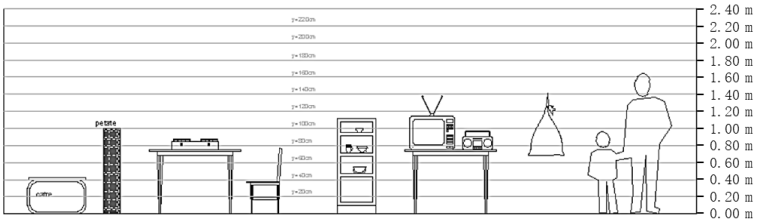


Figura 80: Menaje para la vivienda tipo I (una sola planta).
Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.2.2 Vivienda tipo II

El segundo tipo corresponde a hogares que pueden ser clasificados como de clase baja, donde la vivienda puede ser descrita como una vivienda de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas. En la siguiente figura, se observa un ejemplo del menaje que se ha considerado para elaborar la función de vulnerabilidad de una vivienda tipo II, para la cual se cuantifica un menaje con un costo cercano a los $50,000.00.

Figura 81: Menaje para la vivienda tipo II (una sola planta).
Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.2.3 Vivienda tipo III

El tercer tipo de viviendas también puede ser clasificado como clase baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales. El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo. En la siguiente figura, se presenta el menaje que ha sido considerado para el ejemplo que sirve como base para elaborar la función de vulnerabilidad de una vivienda tipo III, para la cual se cuantifica un menaje de $150,500.00 aproximadamente.

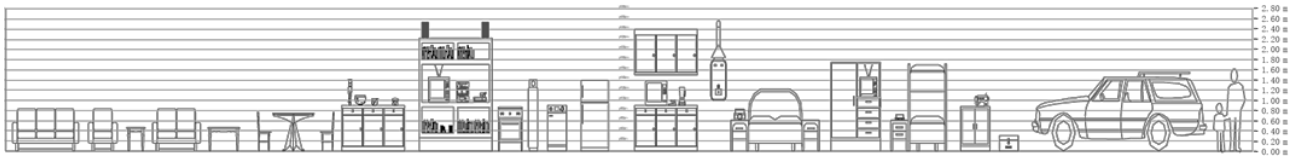


Figura 82: Menaje para la vivienda tipo III (una sola planta).
Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.2.4 Vivienda tipo IV

El cuarto tipo de viviendas se identifica como la típica para la clase media, es decir, que puede ser equiparada con una vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo del menaje que se ha considerado para elaborar la función de vulnerabilidad de una vivienda tipo IV. El costo es del orden de los $300,000.00.

Figura 83: Menaje para la vivienda tipo IV (dos plantas).
Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.2.5 Vivienda tipo V

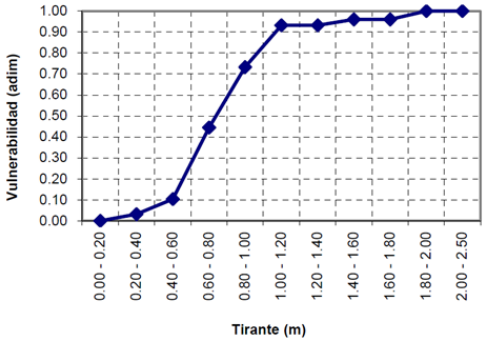
Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de comodidad. En la siguiente figura, se presenta un ejemplo del menaje que se ha considerado para elaborar la función de vulnerabilidad de una vivienda tipo V, con un costo del orden de los $450,000.00.

Figura 84: Menaje para la vivienda tipo V (dos plantas y azotea).
Fuente: (DOF, 2016).

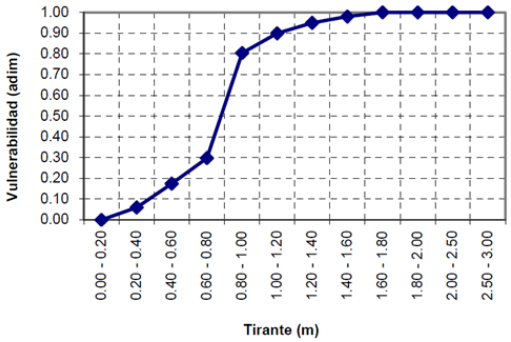
Finalmente, se cuentan con las gráficas de función de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda (Gráfica 70 a Gráfica 74). Para cada caso el eje de las abscisas (x) representa el tirante hidráulico alcanzado (metros), mientras que en el eje de las ordenadas (y) el valor corresponde al porcentaje de daños esperados en la vivienda.

En la Gráfica 70, se muestra que el rango donde ocurre la mayoría de las pérdidas está entre los 0.60 y 1.20 metros. En la Gráfica 71, correspondiente al tipo de vivienda II, se observa que la mayor pérdida de los bienes ocurre cuando el tirante de agua alcanza de 0.60 a 1.00 metro. Para la Gráfica 72, el rango que provoca las mayores pérdidas está entre los 0.40 a 1.00 metro.

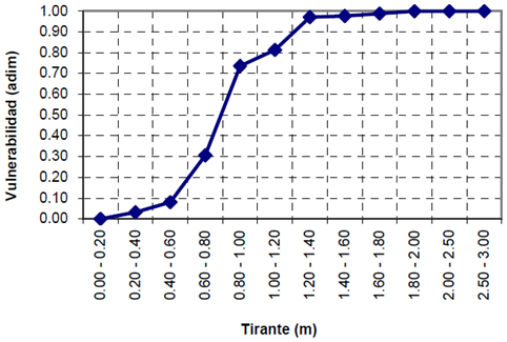
Para las viviendas tipo IV y V, se hace referencia a aquellas con dos o más niveles, por lo que en la Gráfica 73 y Gráfica 74 se observa que la función de vulnerabilidad es casi horizontal de los 0.80 a los 2.50 metros. Lo anterior se debe a que más allá del primer metro de inundación, el porcentaje de pérdida en estas viviendas es mínimo, hasta que alcanza el segundo piso de la misma y nuevamente vuelve a incrementarse.



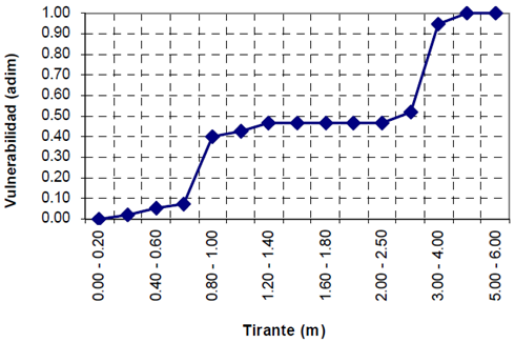
Gráfica 70: Función de vulnerabilidad vivienda tipo I.



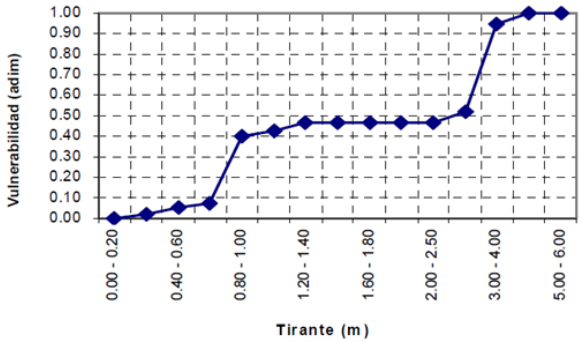
Gráfica 71: Función de vulnerabilidad vivienda tipo II.



Gráfica 72: Función de vulnerabilidad vivienda tipo III.



Gráfica 73: Función de vulnerabilidad vivienda tipo IV.



Gráfica 74: Función de vulnerabilidad vivienda tipo V.

Fuente: (DOF, 2016).

XIII.8.3 Identificación de la vulnerabilidad por inundaciones fluviales en zonas urbanas: el ser humano como prioridad

Las inundaciones fluviales representan uno de los riesgos hidrometeorológicos más frecuentes y devastadores para las zonas urbanas. En este contexto, el análisis de vulnerabilidad adquiere una relevancia crítica, no solo para dimensionar las posibles pérdidas económicas y materiales, sino, sobre todo, para identificar y proteger a las personas más expuestas y menos capacitadas para afrontar tales eventos en entornos

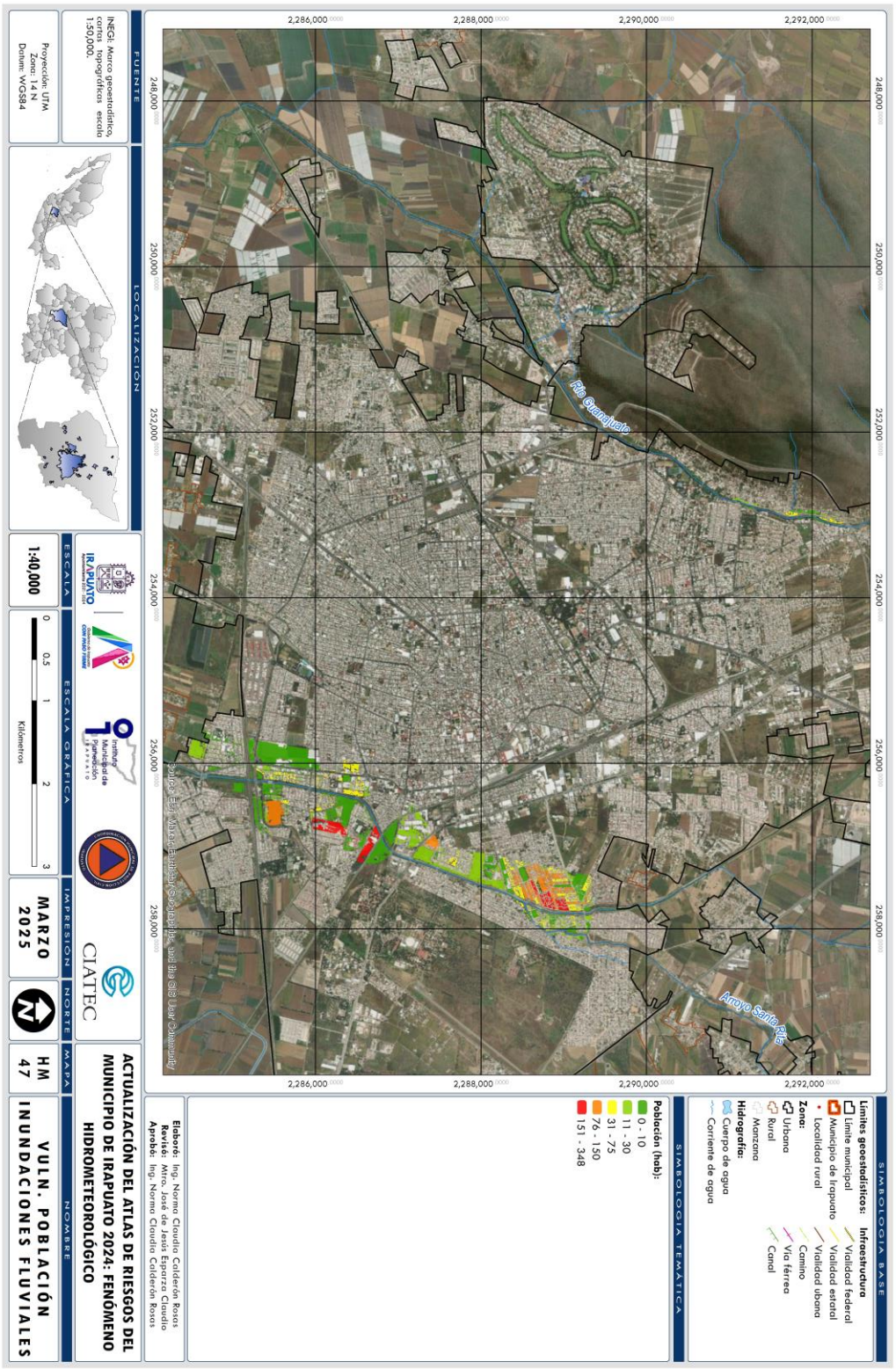
urbanos, destacando al ser humano como el eje prioritario de la gestión de riesgos y la formulación de políticas públicas.

En la conceptualización del riesgo de desastres, la vulnerabilidad se define como la propensión de un sistema, comunidad o individuo a sufrir daños cuando se expone a un peligro, (Lavell, 2003). En el contexto urbano, esta propensión se ve amplificada por factores como la alta densidad poblacional, la precariedad de las viviendas, la insuficiencia de infraestructura hidráulica y la desigualdad social. Por tanto, el análisis de vulnerabilidad debe considerar múltiples dimensiones: física, social, económica, institucional y ambiental, (Birkmann, 2006).

Aunque el análisis técnico de vulnerabilidad suele centrarse en estructuras e infraestructuras, es indispensable reconocer que el ser humano debe ser el punto focal. Esto implica identificar a los grupos más vulnerables y comprender sus condiciones específicas de exposición y capacidad de respuesta, (Cuttet, 2003).

Además, la vulnerabilidad no es estática: es dinámica y puede modificarse mediante intervenciones sociales, educativas y estructurales. Por ejemplo, la existencia de redes de apoyo comunitario, la percepción del riesgo y el acceso a información oportuna pueden disminuir la vulnerabilidad humana, incluso si las condiciones físicas permanecen constantes.

En el siguiente mapa se identifica a la población expuesta dentro de la llanura de inundación para el escenario de T_r=500 años.



Mapa 40: Vulnerabilidad poblacional por inundaciones.

Se identifican las siguientes colonias:

Tabla 87: Colonias detectadas en escenario T_r=500 años.

Zona	Colonia
Norte	Aldama, Del Castillo, Loma Bonita, Mirador
Oriente	18 de Agosto, 24 de Diciembre, Brisas del Río, Capi, CERESO Irapuato, Colón, Colón Segunda Sección, Colón Tercera Sección, De La Calzada de Guadalupe, El Ángel, El Encanto, El Trébol, Emiliano Zapata I, Emiliano Zapata II, Ernesto Che Guevara, Flores Magón Sur, Fracción San Cayetano, Francisco Villa, Granja Saldaña, Guadalupe, Hacienda Colón, Hacienda La Virgen (Segunda Sección), Hacienda La Virgen Primera Sección, Insurgentes, Jardines de La Hacienda, Josefa Ortiz De Domínguez, Lázaro Cárdenas Segunda Sección, La Virgen, Ladrilleras Las Animas, Las Carmelitas, Las Huertas, Los Agaves, Los Agaves II, Los Girasoles, Lucio Cabañas, Militar Morelos, Municipio Libre, Progresiva El Jaral, Salinas de Gortari, San Cayetano de Luna, San Isidro, San José, San Roque, Valle de Las Flores, Valle de Las Flores Segunda Sección, Villareal, Villas de San Cayetano, Villas del Sur.
Poniente	Bella Vista, Bella Vista (Ampliación), Bernardo Cobos (INFONAVIT), Bosques, Colinas Del Rio II, Españita, Jardines de San Antonio, Lomas De Españita, Masada Residencial, Mediterráneo, Piamonte, Pontevedra, San Juan Bosco Dos, Trento Residencial, Vista Hermosa

Fuente: elaboración propia.

Con base en el CPV de INEGI, se identifican cerca de 9 mil habitantes y más de 2 mil viviendas afectadas por inundaciones fluviales, la mayoría de estos en la cabecera municipal, como se observa en la siguiente tabla:

Tabla 88: Población y vivienda afectada por inundaciones pluviales para T_r=500 años.

Localidad	Población (hab)	Viviendas (un)
Aldama	22	7
Irapuato	8,984	2,303
Total general	**9,006**	**2,310**

Fuente: elaboración propia.

Para el caso de la infraestructura afectada dentro del escenario T_r=500 años, se contabilizan los siguientes rubros:

Tabla 89: Infraestructura afectada en escenario T_r=500 años.

Infraestructura		Cantidad	Unidad
Líneas de alta tensión		5.5	Km
Red nacional carretera		10.6	Km
Vialidades urbanas		76.0	Km
Equipamiento educativo	Básica	13	un
	Media superior	3	
	Superior	1	
Edificios de gobierno		11	un
Equipamiento de salud: CAISES Colón		1	un

Fuente: elaboración propia.

Entre los edificios de gobierno se encuentran: Subprocuraduría de Justicia Región B, Defensoría Pública Penal, Centro de Prevención Social de Irapuato, Dirección de Policía Municipal, Dirección de Policía Vial, Dirección de Servicios Públicos Concesionados, Bodega de Desarrollo Rural de Presidencia Municipal, USAER 45, USAE Bodega, Unidad de Servicios Administrativos a la Educación Regular, y Bodega de Obras Públicas Municipales.

XIII.9 Riesgo por inundaciones fluviales.

El análisis del riesgo por inundaciones no puede desvincularse de un enfoque centrado en el ser humano ni de la necesidad urgente de crear políticas públicas inclusivas que atiendan tanto la dimensión física del riesgo como la social. Irapuato se encuentra en una cuenca con importantes cuerpos de agua, como el Río Silao y arroyos que atraviesan zonas urbanas densamente pobladas. En temporadas de lluvias intensas, estos cauces tienden a desbordarse, ocasionando afectaciones a viviendas, infraestructura, vialidades y, principalmente, a comunidades asentadas en zonas irregulares o de alto riesgo (Gobierno Municipal de Irapuato, 2022).

Los eventos de inundación más severos de los últimos años han demostrado que no se trata únicamente de fenómenos naturales, sino de problemas sociales y de gobernanza, en los que la ocupación del suelo, la falta de planeación urbana y la escasa inversión en infraestructura resiliente han contribuido al aumento del riesgo (CENAPRED, 2021).

El riesgo se compone de tres factores: amenaza, exposición y vulnerabilidad. En el caso de Irapuato, aunque la amenaza natural de inundación es importante, lo que incrementa el riesgo es la alta vulnerabilidad de ciertos grupos sociales (Lavell, 2003). Las personas que viven en asentamientos informales, en viviendas precarias o sin acceso a servicios básicos, son quienes enfrentan los mayores impactos. Un análisis de riesgo centrado en el ser humano no solo considera la posibilidad de pérdidas materiales, sino que evalúa la capacidad de las personas para prevenir, enfrentar y recuperarse del evento. Este enfoque es fundamental para garantizar que las decisiones de política pública realmente protejan la vida y la dignidad humana (UNISDR, 2015).

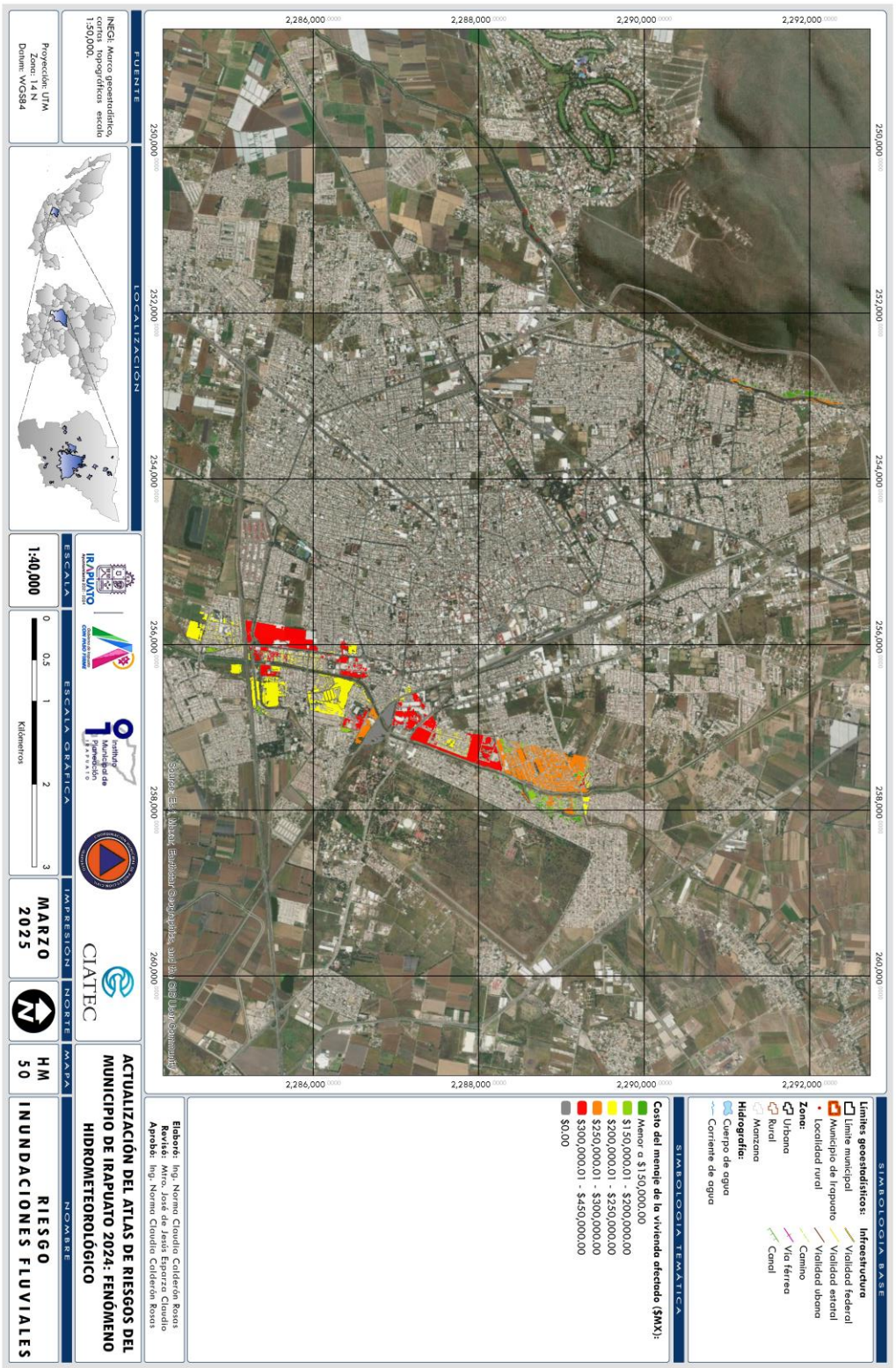
En Irapuato, existen colonias como las que se mencionan en la Tabla 87, donde la población enfrenta condiciones socioeconómicas adversas y ha sido históricamente excluida de procesos de participación ciudadana en la toma de decisiones. Promover la inclusión significa generar mecanismos para que estas comunidades puedan incidir en los diagnósticos y propuestas de solución, aportando sus saberes y necesidades concretas (UN-Habitat, 2020).

En la siguiente tabla, se presenta el análisis del costo de afectación al menaje de las viviendas que se contabilizan dentro de las llanuras de inundación para el periodo de retorno Tr=500 años; el cálculo a detalle se puede consultar en la capa de información del componente en el SIG del proyecto.

Tabla 90: Cálculo del costo del menaje de la vivienda afectada para T_r=500 años.

Tipo de vivienda	Número de viviendas	Tirante hidráulico promedio (m)	Costo del menaje afectado
Sin dato	0	4.00	$-
IV	1,348	3.39	$ 30,756,000.00
V	962	2.43	$ 64,818,000.00
Total general	**2,310**	**2.77**	**$ 95,574,000.00**

Fuente: elaboración propia.



Mapa 41: Riesgo por inundaciones fluviales.

Si bien en los últimos 50 años no se han presentado escenarios de gran magnitud en cuanto a la materialización del riesgo, es decir un desastre, es de suma importancia recomendar a las autoridades municipales:

- La obtención de información lídar, de al menos la zona urbana de Irapuato, con el fin de obtener llanuras de inundación más precisas, además de poder modelar el componente de inundaciones pluviales con la generación de un MDE más apegado a la realidad a partir de un modelo digital de terreno (MDT).
- Realizar levantamientos topográficos a detalle y en 3D de cada una de las estructuras (puentes) para conocer las velocidades de modelación en los cauces.
- Realizar un inventario a detalle de infraestructura hidráulica (drenaje sanitario y pluvial), a fin de integrarlo al SIG para su seguimiento en el momento de ocurrencia de un evento de lluvia extrema para evitar encharcamientos en vialidades.

Figura 85: Recomendaciones por parte de CENAPRED ante la ocurrencia de inundaciones.
Fuente: (CENAPRED, CENAPRED, 2024)

XIV. TORNADOS

Los tornados representan una de las manifestaciones más violentas y abruptas de la atmósfera. Su aparición, aunque breve y localizada, concentra una energía capaz de transformar el paisaje en cuestión de minutos. De acuerdo con la literatura meteorológica revisada (SSPC, CENAPRED, 2021), los tornados se originan en la base de nubes cumuliformes[5], particularmente cumulonimbus, cuando existe una marcada inestabilidad atmosférica generada por diferencias en temperatura, humedad, presión y velocidad del viento entre masas de aire. Este desequilibrio provoca una rotación ciclónica que desciende desde la nube hacia la superficie, formando un vórtice visible solo cuando entra en contacto con el suelo y levanta polvo, escombros o humedad.

Figura 86: Formación de un tornado.
Fuente: tomado de SMN.

[5] Desarrolladas verticalmente en grandes extensiones; surgen aisladas; por lo general la lluvia es de fuerte intensidad, pero de caracter local. Pueden ser líquidas (constituidas por gotitas de agua), sólidas (constituidas por cristales de hielo) o mixtas (constituidas por gotitas de agua y cristales de hierlo). Esta nomenclatura está basada en los nombres latinos stratus (allanado o extendido) y cumulos (cúmulo o montón).

Este fenómeno se distingue no únicamente por su intensidad, sino también por su escala. A diferencia de los huracanes, de gran extensión y duración, los tornados se desarrollan en espacios geográficos reducidos y con escaso tiempo de formación. Esta rapidez, lejos de minimizar su impacto, lo acentúa: impide en muchos casos que las comunidades afectadas reaccionen con suficiente anticipación. No obstante, la literatura menciona que, aunque un tornado puede surgir dentro de un huracán, el proceso inverso no es posible, marcando así una clara diferenciación entre ambos fenómenos. De igual forma, se distingue al tornado del remolino, el cual no proviene de una tormenta severa y carece de la violencia que caracteriza al primero.

Tabla 91: Diferencias entre tornado, huracán y remolino.

Concepto	Tornado	Huracán	Remolino
Origen	Se origina sobre la superficie de la tierra o en un cuerpo de agua. Se desarrolla por una inestabilidad atmosférica.	Se forman sobre los océanos cuando la temperatura de la superficie del agua es superior a 27 °C.	Se desarrollan sobre la superficie de la tierra, cuando dos corrientes superficiales de aire chocan (derivado de las altas temperaturas lo que origina el almacenamiento de grandes cantidades de energía).
Latitud	Se forman entre 15° y 50° Norte y Sur.	Se forman por lo común entre 5° y 15° en ambos hemisferios.	Se forman sobre tierra a cualquier latitud.
Velocidad del viento (km/h)	La velocidad del viento varía entre 60 y 420 km/h, en algunos casos excede los 500 km/h.	La velocidad del viento varía de 120 y 240 km/h y en ciertas ocasiones, sobrepasa los 250 km/h.	La velocidad del viento no excede de 20 km/h.
Diámetro	El promedio es de 250 metros, oscilando entre los 100 metros y 1 km.	Puede variar de 500 a 1,800 km.	Es muy variable, puede ser de 1 a 100 metros.
Ciclo de vida	Los tornados tienen una duración que va desde unos minutos a algunas horas en casos muy excepcionales.	Los huracanes duran desde unos pocos días a algunas semanas.	Los remolinos se manifiestan en periodos cortos de duración de segundos a minutos.
Fenómenos asociados	Se producen en conexión con líneas de inestabilidad, frentes o nubes de tormentas. Los puede originar un huracán.	No están asociados a ningún frente.	No están asociados a ningún frente o nube de tormenta.

Fuente: tomado de (SSPC, CENAPRED, 2021).

El comportamiento de los tornados también puede variar en estructura. Algunos están formados por un único vórtice central, mientras que otros presentan múltiples vórtices

secundarios que giran en torno al principal, generando patrones aún más destructivos. En el hemisferio norte, esta rotación ocurre comúnmente en sentido contrario a las agujas del reloj, resultado de la dinámica de la fuerza de Coriolis y los flujos de aire convergentes.

XIV.1 Clasificación de los tornados

Los tornados según su origen se pueden clasificar en:

Tabla 92: Clasificación de los tornados por su origen.

Característica	Tornado Supercélula	Tornado No Supercélula
Origen	Tormenta supercélula con mesociclón[6]	Tormentas sin mesociclón (líneas de tormenta, frentes)
Duración	Larga (varios minutos a horas)	Corta (minutos)
Intensidad	Muy fuerte (EF3 a EF5)	Menor (EF0 a EF2)
Estructura	Organizada, embudo definido, rotación sostenida	Poco organizada, rotación efímera
Fenómenos asociados	Granizo grande, lluvias intensas, rayos frecuentes	Ligeros a moderados, pocas señales visuales
Frecuencia	Menos común, pero más destructivo	Más común, daños menores

Fuente: tomado de (SSPC, CENAPRED, 2021).

Por otro lado, los tornados también se pueden clasificar por su intensidad mediante la escala de Fujita:

Tabla 93: Escala de Fujita para tornado por su velocidad.

Clasificación	Velocidad del viento (km/h)	Daños típicos
EF0	105–137	Daños menores: ramas rotas, letreros caídos, daños a techos pequeños.
EF1	138–177	Daños moderados: techos dañados, ventanas rotas, vehículos volcados.
EF2	178–217	Daños considerables: casas con paredes exteriores dañadas, árboles arrancados, coches grandes volcados.
EF3	218–266	Daños severos: casas destruidas, trenes descarrilados, grandes árboles derribados.
EF4	267–322	Daños devastadores: casas completamente destruidas, vehículos grandes lanzados, estructuras fuertes severamente dañadas.

[6] Masa de aire que gira rápidamente dentro de una tormenta eléctrica que a menudo da lugar a un tornado.

Clasificación	Velocidad del viento (km/h)	Daños típicos
EF5	>322	Daños increíbles: estructuras fuertes destruidas, vehículos lanzados a gran distancia, paisajes completamente transformados.

Fuente: tomado de (SSPC, CENAPRED, 2021).

Lo verdaderamente inquietante de los tornados no radica solo en su poder destructivo, sino en la relación que establecen entre ciencia y percepción social. Históricamente, en el medio rural, estos fenómenos han sido interpretados desde la experiencia y la tradición, mientras que la ciencia moderna los aborda desde la observación, la modelación atmosférica y el estudio de sus condiciones precursoras. Comprender sus diferencias con otros fenómenos como los huracanes y remolinos no es un ejercicio meramente académico; es un componente esencial en la gestión del riesgo, la educación comunitaria y la prevención de desastres.

XIV.2 Distribución de los tornados en México

México presenta una incidencia moderada de tornados, con una media de 44 eventos anuales entre 2015 y 2020, y un máximo de 58 tornados en 2017. La Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), que atraviesa el país desde el océano Pacífico hasta el Golfo de México, es la región con mayor incidencia de estos eventos. Esta zona se caracteriza por su terreno montañoso y compleja orografía, lo que favorece la formación de tornados no supercélula, (SSPC, CENAPRED, 2021).

Los tornados se distribuyen principalmente en las siguientes áreas:

- Centro del país: Estados como Puebla, Tlaxcala, Hidalgo, Querétaro, Estado de México y Ciudad de México.
- Norte: Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.
- Sureste: Veracruz, Tabasco y Chiapas.

Estas regiones presentan una mayor densidad de reportes de tornados, especialmente en áreas con terreno montañoso que favorece la formación de estos fenómenos meteorológicos.

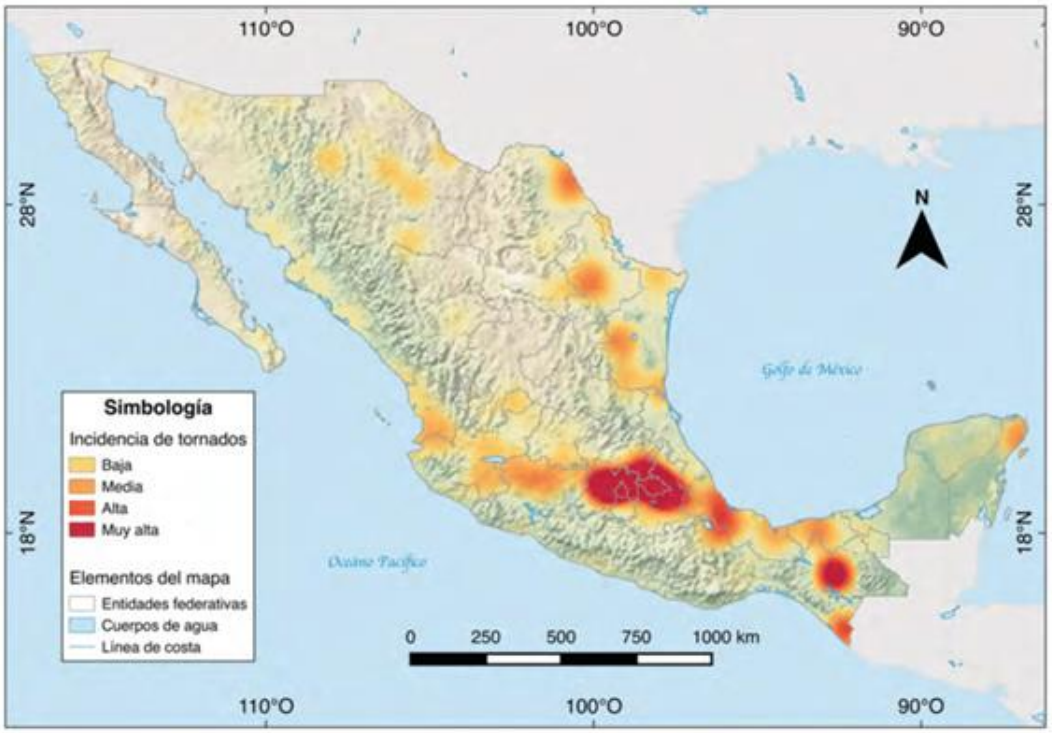


Figura 87: Distribución espacial de tornados ocurridos en territorio mexicano.
Fuente: tomado de https://journalsearches.com/journal.php?title=journal+of+applied+meteorology+and+climatology.

Los tornados más destructivos en México han ocurrido principalmente en la franja noreste y centro-norte del país, donde las condiciones atmosféricas son más propicias para la formación de supercélulas. A continuación, se presenta un resumen de algunos de los eventos más significativos registrados en los últimos años:

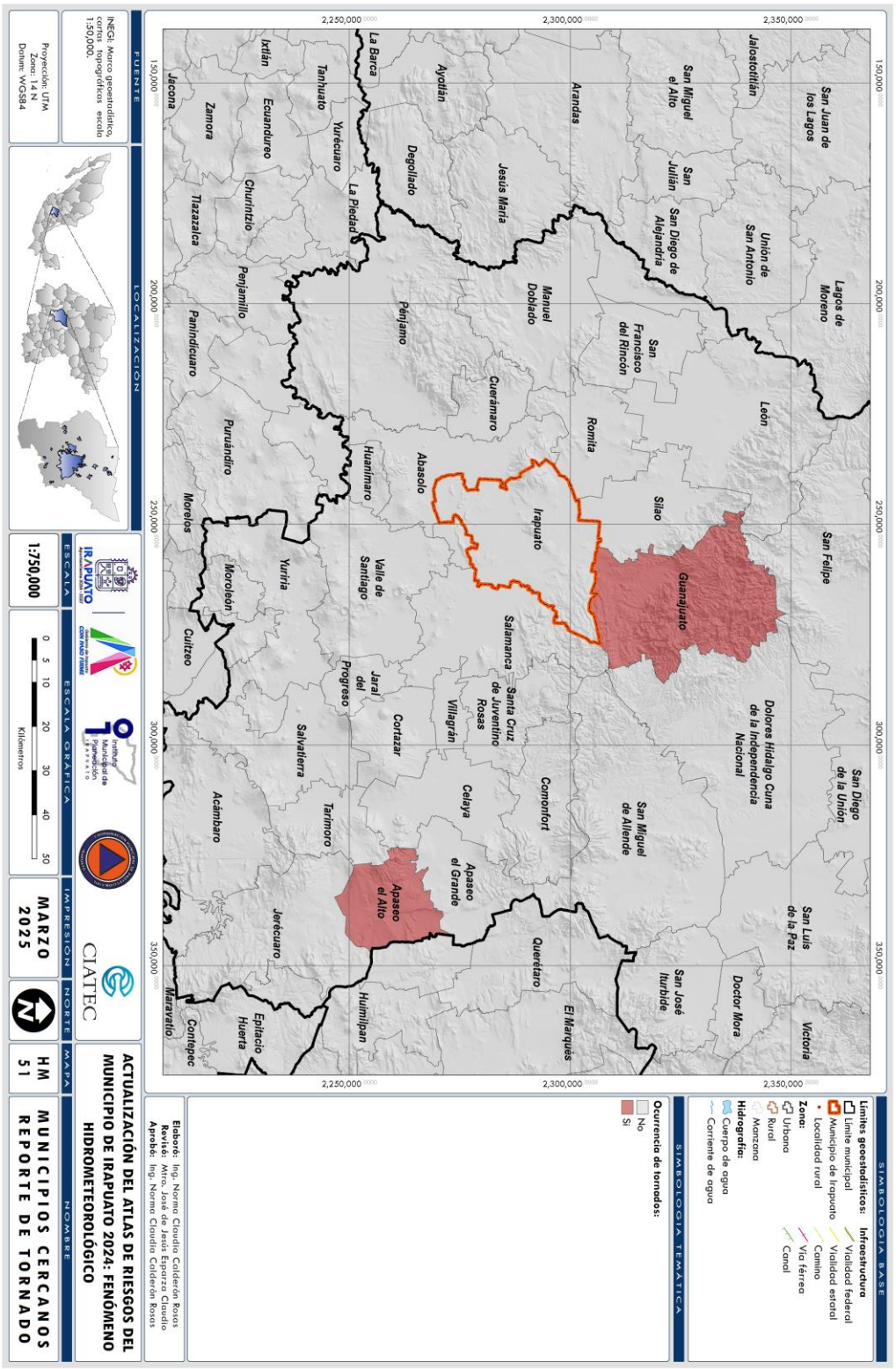
Tabla 94: Tornados más destructivos ocurridos en México.

Municipio, Estado	Mes / año	Intensidad	Consecuencias principales
Ciudad Victoria, Tamaulipas	Jun-10	Tornado EF2	Daños en viviendas, comercios e infraestructura urbana.
Monclova, Coahuila	May-13	Tornado EF3	Destrucción de casas y vehículos, varias personas lesionadas.
Apodaca, Nuevo León	Abr-16	Tornado EF2	Daños en casas, caída de árboles y cortes de electricidad.
Guadalajara, Jalisco	Jun-11	Tornado EF1	Daños menores en viviendas y árboles caídos.
Piedras Negras, Coahuila	May-18	Tornado EF3	Daños graves en estructuras residenciales y comerciales.

Municipio, Estado	Mes / año	Intensidad	Consecuencias principales
Ciudad Acuña, Coahuila	Abr-22	Tornado EF2	Varios techos levantados, árboles caídos y vehículos dañados.

Fuente: tomado de (SSPC, CENAPRED, 2021).

La ocurrencia de tornados en el estado de Guanajuato y, específicamente, en el municipio de Irapuato durante los últimos 15 años, ha sido relativamente baja en comparación con otras regiones de México más propensas a fenómenos meteorológicos extremos, como el noreste o el sureste del país. Sin embargo, la variabilidad climática y el cambio climático han generado alteraciones en los patrones atmosféricos, lo que ha dado lugar a un aumento de eventos meteorológicos severos, aunque no necesariamente a un incremento en la frecuencia de tornados, (CENAPRED, 2020). En el siguiente mapa se muestran a los municipios más cercanos a Irapuato con la ocurrencia de este fenómeno, los cuales corresponden a Guanajuato y Apaseo El Alto, (CENAPRED, CENAPRED, 2024). Bajo este panorama, el municipio de Irapuato es clasificado con peligro Muy Bajo para el componente de Tornados; no obstante, es importante mencionar la zonificación eólica y si importancia en la planificación territorial.



Mapa 42: Municipios cercanos a Irapuato con reportes de tornado.

XIV.3 Zonificación eólica de CFE.

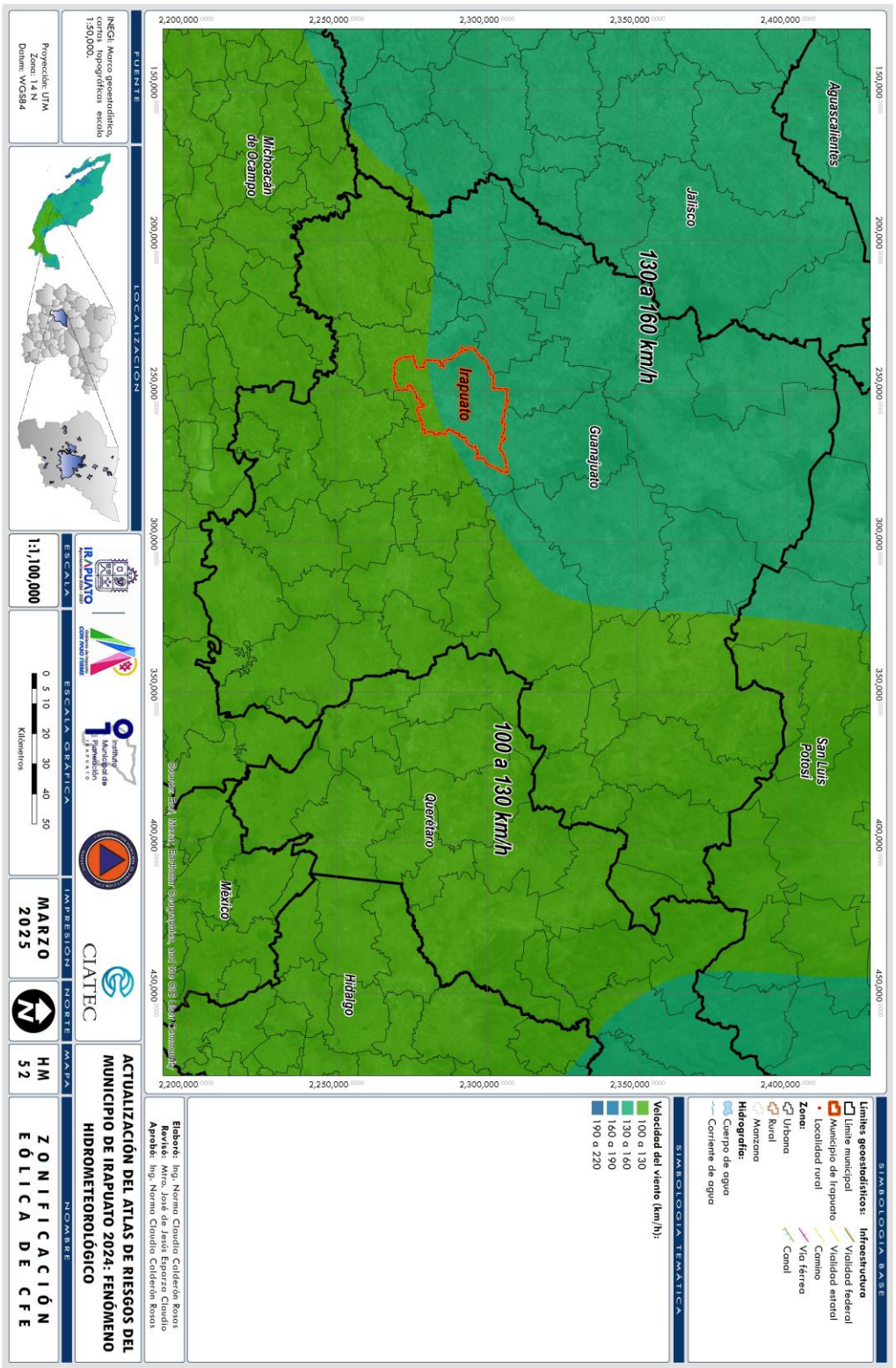
La zonificación eólica de la CFE es útil para CENAPRED porque aporta un componente espacial adicional al análisis de riesgos: identifica aquellos lugares donde el viento tiene potencial significativo, lo cual se puede cruzar con vulnerabilidad, población, infraestructura y exposición para fortalecer la prevención de desastres. En otras palabras, ayuda a mejorar el conocimiento del "peligro eólico" y a incorporar este fenómeno en la gestión integral del riesgo.

A continuación, se menciona algunos usos concretos:

- Integración en los mapas de peligros y riesgos: La zonificación eólica indica zonas con cierto régimen del viento, lo cual implica un componente de peligro potencial (vientos fuertes, turbulencia, efectos en infraestructura).
- Planeación territorial y ordenamiento del uso del suelo: Al saber dónde están las zonas con buen recurso eólico, también se puede correlacionar con zonas donde podrían existir mayores impactos por estructuras eólicas (torres, aerogeneradores) o por eventos de viento.
- Evaluación de vulnerabilidad e infraestructura crítica: En zonas eólicas de alto potencial puede haber grandes instalaciones de generación, líneas de transmisión, torres altas, etc. Estas instalaciones pueden, a su vez, aumentar la vulnerabilidad ante fenómenos extremos (por ejemplo, huracanes, tormentas intensas).
- Diseño de protocolos de prevención y respuesta ante fenómenos asociados al viento: La zonificación eólica permite conocer zonas donde el viento es más significativo, lo cual puede implicar que en esas regiones se desarrollen fenómenos meteorológicos severos (ventarrones, tormentas, efectos de viento sobre edificaciones). CENAPRED podría usar esa información para adaptar protocolos de alerta temprana, planes de contingencia específicos para viento, asegurar el reforzamiento de estructuras vulnerables.
- Soporte para la normativa y criterios de construcción seguros: En zonas de alto recurso eólico también puede haber mayor exigencia en diseño de torres, aerogeneradores, líneas. Aunque ese aspecto lo maneje la CFE o la industria, CENAPRED puede colaborar para que los parámetros de riesgo de viento queden incluidos en reglamentos de protección civil.

Esto contribuye a que la gestión del riesgo de desastres contemple correctamente el componente eólico, el cual en ocasiones no se visualiza tanto como terremotos, inundaciones, deslizamientos, etc.

En el siguiente mapa, se puede apreciar que más de la mitad del municipio de encuentra clasificado en vientos entre 130 a 160 km/h, mientras que una porción del sur presenta rangos entre 100 a 130 km/hr.



Mapa 43: Información eólica elaborado por CFE.

Cabe hacer mención que las velocidades contenidas en el mapa eólico de CFE, corresponde a la velocidad básica del viento de diseño, es decir, la velocidad de viento cuya ocurrencia se espera con cierta probabilidad para la zona en cuestión, que se usa como parámetro de carga para el diseño estructural, no es la velocidad máxima absoluta que puede alcanzar un viento en cualquier momento, sino la velocidad de referencia para calcular cargas o esfuerzos de diseño.

XIV.3.1 Daños potenciales en zonas urbanas

Las zonas urbanas concentran edificaciones, carreteras, redes eléctricas, hospitales y un elevado número de personas, lo que incrementa el riesgo de daños económicos y humanos ante vientos de alta intensidad.

a) Infraestructura y edificaciones:
   - En el rango de 100 a 120 km/h se pueden presentar desprendimientos de techos ligeros, rotura de vidrios y daños en anuncios espectaculares o marquesinas.
   - Entre 120 y 160 km/h, los techos de lámina, teja o estructuras mal ancladas pueden sufrir desprendimientos completos; también se presentan colapsos parciales de muros y fachadas, sobre todo en viviendas autoconstruidas ubicadas en zonas irregulares.
   - Edificios altos sufren presiones mayores en fachadas y ventanales, lo que incrementa el riesgo de desprendimientos y caída de cristales.

b) Servicios básicos y vías de comunicación:
   - Los postes eléctricos, cables de energía, semáforos y antenas de telecomunicación son altamente vulnerables. Su colapso provoca apagones, interrupciones de señal, suspensión de bombeo de agua potable y fallas en hospitales.
   - La caída de árboles o escombros puede bloquear calles y avenidas, afectando la movilidad y el acceso de servicios de emergencia.

c) Impacto social:
   - Las zonas urbanas de mayor vulnerabilidad suelen ser colonias populares o asentamientos en laderas y periferias, donde las viviendas presentan materiales ligeros y deficientes sistemas de amarre.
   - Los daños pueden traducirse en pérdida de patrimonio familiar, lesiones o incluso personas sin vivienda.

XIV.3.2 Daños potenciales en zonas rurales

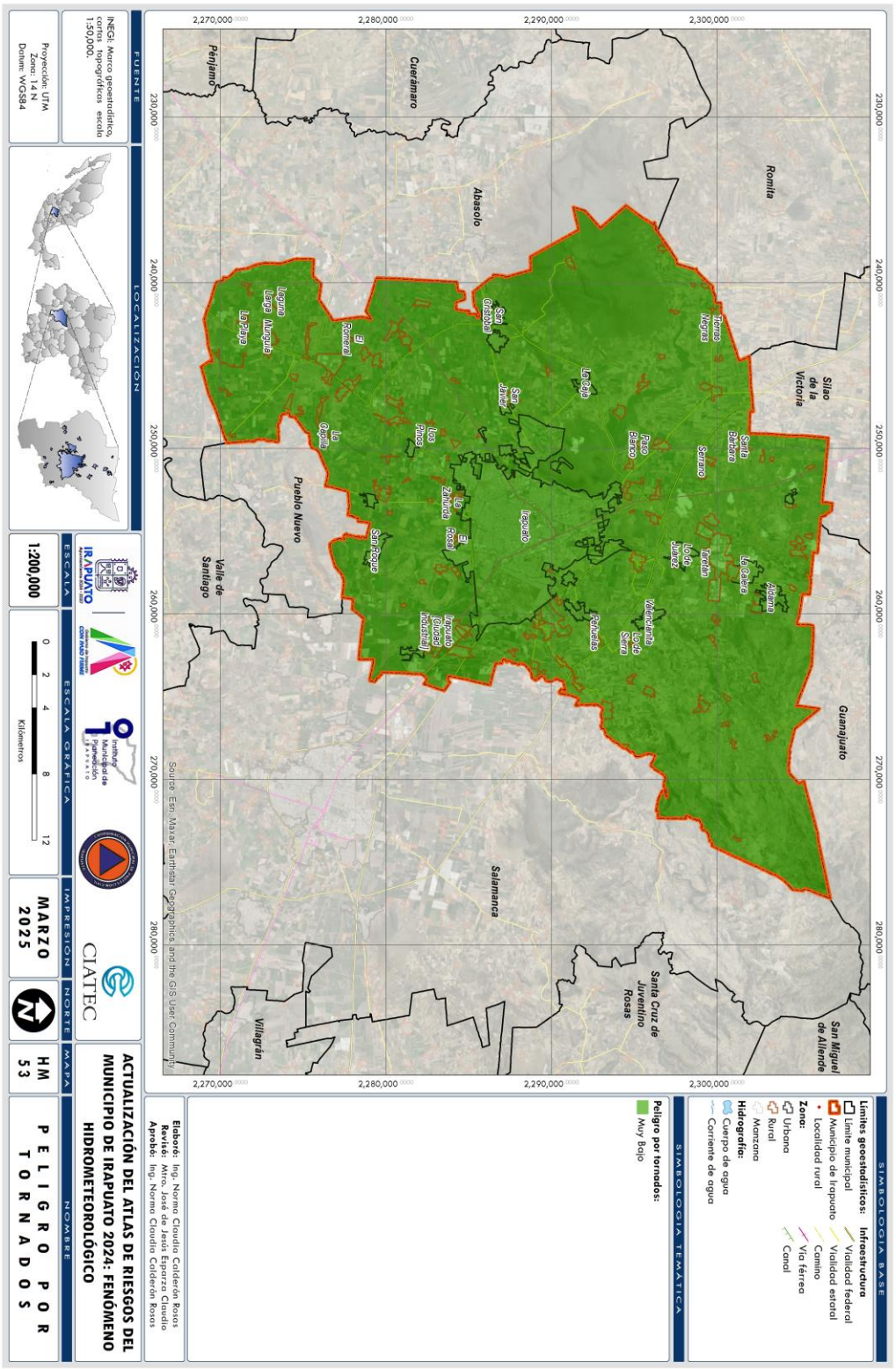
En áreas rurales, los impactos de los vientos no sólo afectan viviendas, sino también actividades agrícolas, ganaderas y ecosistemas, lo cual compromete los medios de vida de las comunidades.

a) Vivienda e infraestructura rural
   - Las construcciones rurales suelen contar con techos de lámina galvanizada, madera o materiales rústicos. A partir de 100 km/h estos techos pueden desprenderse, y entre 140 y 160 km/h es frecuente el colapso parcial de paredes o corrales.
   - Invernaderos, establos, graneros o silos sin refuerzos estructurales pueden sufrir deformaciones o colapsos completos.

b) Agricultura y ganadería
   - Los cultivos de maíz, trigo, sorgo, hortalizas o frutales son dañados por el acame (derribo) de plantas. En etapas de floración o cosecha, la pérdida puede ser casi total.
   - El ganado queda expuesto si los refugios o cercos se destruyen; además, la logística para distribuir alimento, agua o atención veterinaria se complica si los caminos rurales resultan obstruidos.

c) Medio ambiente y suelos
   - Los vientos intensos provocan caída de árboles, erosión del suelo y dispersión de semillas y contaminantes.
   - En sierras o laderas, la pérdida de vegetación puede favorecer deslizamientos o escurrimientos fuertes cuando coinciden con lluvias.

Los vientos clasificados entre 100 y 160 km/h en el mapa eólico de la CFE representan una amenaza significativa tanto en zonas urbanas como rurales. En el entorno urbano predominan los daños a infraestructura, servicios básicos y edificaciones; en el rural se afectan los medios de vida, la seguridad alimentaria y los ecosistemas. Conocer esta zonificación permite diseñar estructuras más resistentes, fortalecer la protección civil, planear el territorio y reducir pérdidas humanas y económicas. La resiliencia frente a estos fenómenos no depende sólo del viento, sino de la preparación, el diseño adecuado y la capacidad de respuesta de cada comunidad. El siguiente mapa, describe el grado de peligro por presencia de tornados para el municipio de Irapuato, el cual corresponde a Muy Bajo.



Mapa 44: Peligro por tornados.

XV. BIBLIOGRAFÍA

BID. (Diciembre de 2019). Obtenido de https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Metodologia-de-evaluacion-del-riesgo-de-desastres-y-cambio-clim%C3%A1tico-para-proyectos-del-BID-Documento-tecnico-de-referencia-para-equipos-a-cargo-de-proyectos-del-BID.pdf

Birkmann, J. (2006). Measuring vulnerability to natural hazards: Towards disaster resilient societies. *United Nations University Press*.

CAM. (11 de Mayo de 2015). *Cámara Agraria de Madrir*. Obtenido de http://www.camaraagraria.byethost9.com/

CENAPRED. (2006). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y AVENIDAS SÚBITAS EN ZONAS RURALES, CON ARRASTRE DE SEDIMENTOS*. México.

CENAPRED. (2014). Obtenido de https://www.gob.mx/cenapred/es/documentos/serie-de-fasciculo-heladas?state=published

CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. D.F.: CENAPRED.

CENAPRED. (21 de 12 de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

CENAPRED. (1 de Diciembre de 2021). *CENAPRED*. Obtenido de Publicaciones: https://www1.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/12122006Cap%C3%ADtuloII.pdf

CENAPRED. (1 de Agosto de 2021). *CENAPRED*. Obtenido de Documentos: https://www.gob.mx/cenapred/es/documentos/serie-de-fasciculo-heladas?state=published

CENAPRED. (2023). *Información Básica de Peligros Naturales a Nivel Municipal*. (D. d. Investigación, Ed.) Obtenido de Estado de Guanajuato, Municipio de Irapuato 11017: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Guanajuato/11017.pdf

CENAPRED. (22 de Junio de 2023). *UNAM*. Obtenido de Publicaciones: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/images/317-INFOGRAFAQUONDACONELCALOR.JPG

CENAPRED. (1 de Diciembre de 2024). *ANR*. Obtenido de Declaratorias: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

CENAPRED. (01 de Enero de 2024). *CENAPRED*. Obtenido de Publicaciones: https://www.cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/107-CARTELCICLONESTROPICALES.PDF

CENAPRED. (22 de Agosto de 2024). *Declaratorias*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

CONAGUA. (12 de Agosto de 2023). *Gerencia de Aguas Subterráneas*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAPO. (4 de Octubre de 2021). *CONAPO*. Obtenido de IMU_2020: https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONEVAL. (3 de Diciembre de 2019). *Documentos*. Obtenido de Dirección de Información y Comunicación Social: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/NOTA_INFORMATIVA_DIA_INTERNACIONAL_PERSONAS_CON_DISCAPACIDAD.pdf

Cook, A. &. (2009). *Journal of Hydrology*. doi:https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2009.08.015

CRED-IRSS-UCLouvain. (11 de Abril de 2024). *EM-DAT*. Obtenido de Emergency Events Database: https://www.emdat.be/

Cuttet, e. a. (2003). *Social Science Quarterly*. Obtenido de https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002

DOF. (21 de Diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Eaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Diario Oficial de la Federación*, pág. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf.

EM-DAR, C. (23 de 08 de 2024). *UCLouvain*. Obtenido de https://www.emdat.be/

FAO. (2010). Obtenido de https://www.fao.org/4/y7223s/y7223s.pdf

Fries, A., Rollenbeck, R., Nauß, T., Peters, T., & Bendix, J. (2012). Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization. *ELSEVIER*, 17-30. Obtenido de https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2011.08.004

Guanajuato, H. C. (21 de 9 de 2018). *H. Congreso Estado Guanajuato*.

Obtenido de LXV Legislatura: https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/1431/Ley_de_Protecci_n_Civil_para_el_Estado_de_Guanajuato_20181010.pdf

Harris, R. e. (21 de Agosto de 2020). *Nature*. Obtenido de Articles: https://www.nature.com/articles/s41598-020-70901-6

IMPLAN. (2013). *ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE IRAPUATO 2013*. Irapuato: IMPLAN IRAPUATO.

IMTA. (Febrero de 2011). *CENCA*. Obtenido de Consulta: http://cenca.imta.mx/

IMTA. (23 de Agosto de 2011). *Cursos*. Obtenido de https://imta.gob.mx/potamologia/images/stories/ponencias_tercer_seminario/dr_jose_garcia_procesos_erosivos/procesos_erosivos_segunda_parte_dr_jose_garcia.pdf

INEGI. (20 de Septiembre de 2020). *Datos*. Obtenido de Temas: https://www.inegi.org.mx/datos/

INEGI. (2020). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda 2020: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469

INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*.

INEGI. (25 de 1 de 2021). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda - 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. (2023). *Sistemas de consulta*. Obtenido de Publicaciones: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007073

INEGI. (2024). *Cuéntame de México*. Obtenido de Territorio: https://cuentame.inegi.org.mx/territorio/huracanes/origen.aspx?tema=T

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Programas*. Obtenido de Panorama: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/

IPCC. (2022). *IPCC*. Obtenido de Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/

IPLANEG. (2021). *Censo 2020*. Obtenido de Guanajuato: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/resultados-del-censo-2020/

Lavell, A. (2003). CEPAL. *Revista CEPAL*(81), 31-52.

León, H. A. (14 de 5 de 2020). *H. Ayuntamiento de León*. Obtenido de Normativa municipal: https://apps.leon.gob.mx/aplicaciones/normasleyes/public/docume

ntos/202005151238560.REGLAMENTO%20DEL%20SISTEMA%20MUNICIPAL%20DE%20PROTECCION%20CIVIL.pdf?normaPage=3

Maturana, J., Bello, M., & Manley, M. (14 de Diciembre de 2020). *CONA*. Obtenido de Comité Oceanográfico Nacional - Chile: https://www.cona.cl/pub/libro_elnino/1maturana.pdf

McKee, T. B., Nolan, D., & Kleist, J. (22 de Enero de 1993). *WMO*. Obtenido de Integrated Drought Management: https://www.droughtmanagement.info/literature/AMS_Relationship_Drought_Frequency_Duration_Time_Scales_1993.pdf

NOAA. (15 de Diciembre de 2024). *Treayectorias Históricas de Huracanes*. Obtenido de Búsqueda: https://coast.noaa.gov/hurricanes/#map=6.74/20.889/-100.883&search=eyJzZWFyY2hTdHJpbmciOiJHdWFuYWp1YXRvLCBNw6l4aWNvIiwic2VhcmNoVHlwZSI6Imdlb2NvZGVkIiwib3NtSUQiOiIyMzQwOTA5IiwiY2F0ZWdvcmllcyI6WyJINSIsIkg0IiwiSDMiLCJIMiIsIkgxIiwiVFMiLCJURCIsIkVUII0sInIlYXJz

Ortega-Gaucin, D. (Marzo de 2013). Sequía: causas y efectos de un fenómeno global. *CienciaUANL*, 8-15. Obtenido de Ciencia y sociedad: https://www.researchgate.net/publication/260163188_Sequia_Causas_y_Efectos_de_un_Fenomeno_Global

Ortega-Gaucin, D. (10 de Diciembre de 2014). *Frontera norte*. Obtenido de Sequía en México y Estados Unidos de América: diferencias esenciales de vulnerabilidad y enfoques en la atención al fenómeno: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722014000400008&lng=es&tlng=es

Ortega-Gaucin, D. (2016). Drought Risk Management in Mexico: Progress and Challenges. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 161-170. doi:https://doi.org/10.2495/SAFE-V6-N2-161-170

PNUD. (20 de 6 de 2011). *PNUD*. Obtenido de Gestión del riesgo urbano: https://www.undp.org/es/publications/gestion-del-riesgo-urbano

Red, L. (1998). Obtenido de https://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/

Salud. (11 de Julio de 2024). *CENAPRECE*. Obtenido de Documentos: https://www.gob.mx/salud/cenaprece/documentos/temporada-de-lluvias-y-ciclones-tropicales-2024#:~:text=Para%20este%20a%C3%B1o%2C%20el%20Sistema,de%20las%20costas%20del%20pa%C3%ADs.

Salud, S. d. (2024). *DGIS*. Obtenido de SINBA: https://sinba.salud.gob.mx/

SEDATU. (2018). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. Obtenido de Subsecretaría de Ordenamiento Territorial: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

SEGOB. (01 de 04 de 2022). *Unidad de Política Migratoria*. Obtenido de Documentos: http://www.politicamigratoria.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/diag_Guan.pdf

SIAP. (2025). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pequera*. Obtenido de Información: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

SINAPROC. (6 de 6 de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de INDESOL: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-civil-60762

SINAPROC. (Febrero de 2016). *CENAPRED*. Obtenido de Subdirección de Riesgos Hidrometeorológicos: https://www1.cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/33.pdf

SMAOT. (2021). *SEBIO-GTO*. Obtenido de Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato: http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/

SMN. (14 de Noviembre de 2024). *CONAGUA*. Obtenido de Monitor de Sequía en México: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico

SMN. (31 de Diciembre de 2024). *Servicio Meteorológico Nacional*. Obtenido de Climatología: https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica

SSE. (2023). *Secretaria de Seguridad Pública*. (C. E. Guanajuato, Ed.) Obtenido de Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato: https://drive.google.com/file/d/1EdrxndRVEdc3JD7k-mWDpXYiflSphH_6/view?pli=1

SSPC. (25 de Diciembre de 2024). *ANR*. Obtenido de Monitoreo de fenómenos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/fenomenos/

UNAM. (2007). *Instituto de Geografía*. Obtenido de Nuevo Atlas Nacional de Méxixo: https://www.geografia.unam.mx/Geodig/nvo_atlas/index.html/naturaleza.html

UNAM. (15 de Agosto de 2013). *Ciencia UNAM*. Obtenido de https://ciencia.unam.mx/leer/244/misterios_de_las_nubes_de_tormenta

UNAM. (01 de Noviembre de 2015). *Huerto fenológico*. Obtenido de Libros y artículos: http://huertofenologico.filos.unam.mx/files/2015/11/Las-heladas-y-sus-consecuencias-en-algunos-cultivos-en-el-estado-de-Tlaxcala-.-.pdf

UNAM. (2021). *Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático*. Obtenido de Atlas interactivo: https://atlasclimatico.unam.mx/atlas/

UNAM. (13 de Diciembre de 2022). *SURSA*. Obtenido de Seminario Universitario de Riesgos Socioambientales: https://sursa.sdi.unam.mx/index.php/publicacion

UNAM. (01 de Abril de 2024). *Instituto de Geografía*. Obtenido de Investigaciones Geográficas: https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/60741/54710

UNDRR. (18 de 12 de 2019). *UNDRR*. Obtenido de UN: https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20240923

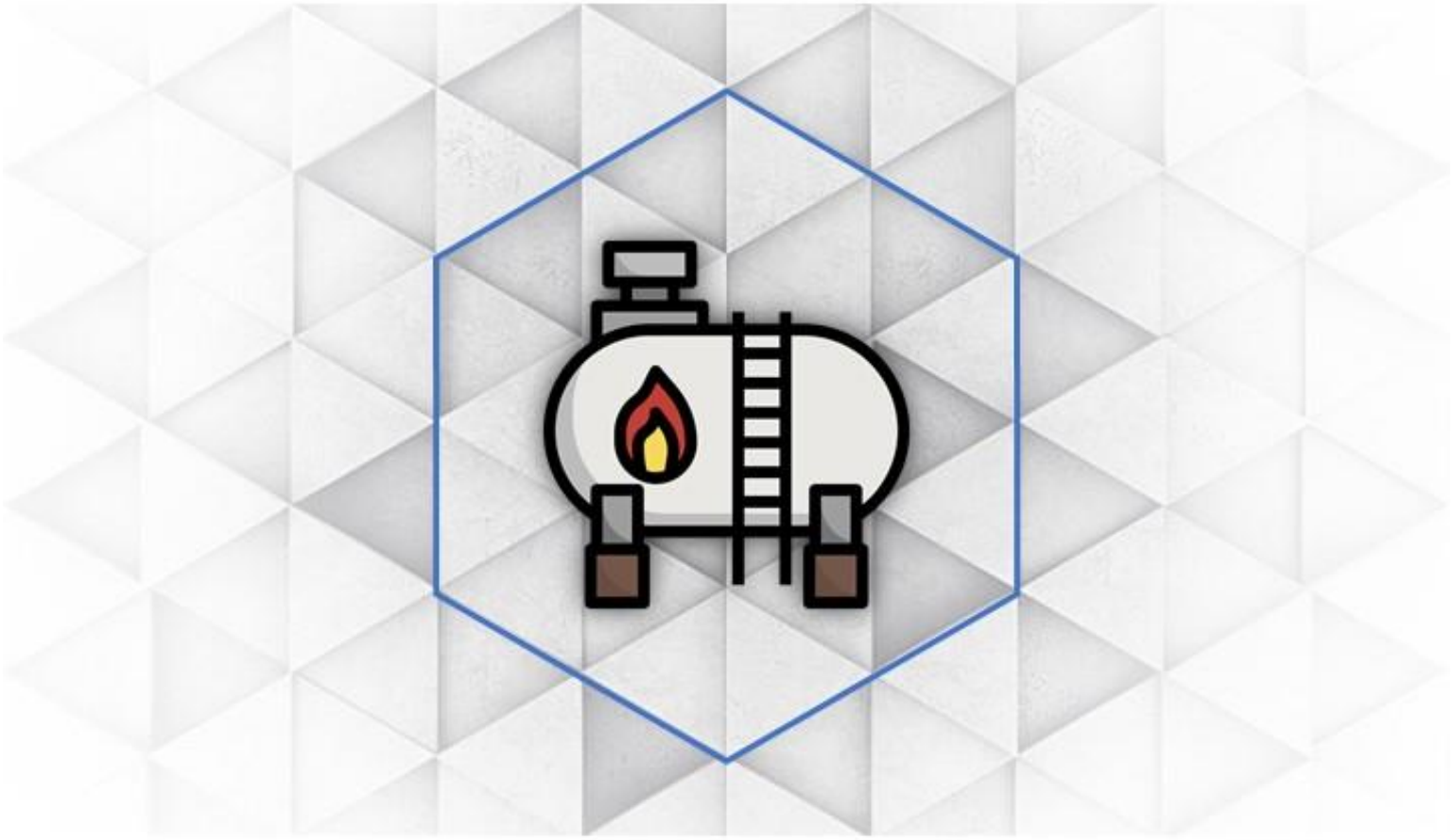
UNESCO. (2024). *UNESCO*. Obtenido de UN World Water Development Report 2024: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000391195

USACE. (2016). *United States Army Corps of Engineers*. Obtenido de Hydrologic Engineering Center: https://www.hec.usace.army.mil/software/HEC-RAS/documentation/

Velazco, I. (2 de Julio de 2005). *SciELO*. Obtenido de Región y sociedad: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-39252005000300002&lng=es&tlng=es

WMO. (2012). *World Meteorological Organization*. Obtenido de Biblioteca electrónica: https://library.wmo.int/es/records/item/35589-international-glossary-of-hydrology

X. (28 de Mayo de 2024). *Nacional*. Obtenido de Storm chaser Bajio MX: https://x.com/ClimaBajio/status/1795675137699975570/photo/2



ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENO QUÍMICO – TECNOLÓGICO

2025

Responsable del fenómeno:
Dr. David Alfonso Camarena Pozos

Colaboradores:
Dra. Flora Itzel Beltrán Ramírez
M.C. Norma Liliana Cruz Ortiz

Índice

I. Introducción ..... - 701 -
II. Objetivo ..... - 711 -
II.1 Objetivos específicos ..... - 711 -
III. Antecedentes ..... - 713 -
IV. Metodología ..... - 715 -
IV.1 Peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas ..... - 715 -
IV.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas ..... - 716 -
IV.3 Peligro por transporte por ductos de sustancias peligrosas ..... - 717 -
IV.4 Peligro por incendios forestales. ..... - 718 -
IV.5 Estimación de la vulnerabilidad. ..... - 718 -
IV.6 Estimación del riesgo ..... - 719 -
IV.7 Marco normativo aplicable ..... - 719 -
V. Búsqueda hemerográfica ..... - 721 -
VI. Taller con dependencias ..... - 725 -
VII. Identificación de peligros ..... - 731 -
VII.1 Peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas ..... - 731 -
VII.1.1 Primera fase: industrias de riesgo ..... - 733 -
VII.1.2 Segunda fase: industrias de riesgo municipal ..... - 742 -
VII.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas .. - 816 -
VII.2.1 Identificación de vías terrestres en las que se transportan sustancias peligrosas ..... - 825 -
VII.2.2 Censo de sustancias peligrosas en el municipio ..... - 828 -
VII.2.3 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 45 ..... - 829 -
VII.2.4 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 45 D ..... - 831 -
VII.2.5 Censo de sustancias peligrosas en Blvd. Solidaridad ..... - 833 -
VII.2.6 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 90 ..... - 834 -
VII.2.7 Identificación de vías férreas en las que se transportan sustancias peligrosas - 840 -
VII.2.8 Censo de sustancias peligrosas en vías férreas ..... - 841 -
VII.2.9 Censo de sustancias peligrosas en Paseo Irapuato ..... - 843 -
VII.2.10 Censo de sustancias peligrosas en Calzada de Guadalupe ..... - 844 -
VII.3 Peligro por transporte por ductos de sustancias peligrosas ..... - 850 -

VII.4 Peligro por incendios forestales ..... - 858 -
VIII. Análisis de emergencias ..... - 865 -
IX. Escenarios de peligro ..... - 875 -
IX.1.1 Explosión e incendio de gas LP en casa-habitación y comercio ..... - 884 -
IX.1.2 Explosión en polvorín ..... - 892 -
IX.1.3 Fuga de gas LP en carretera ..... - 895 -
IX.1.4 Derrame de gasolina en vías férreas ..... - 898 -
IX.1.5 Incendio y explosión de ducto ..... - 902 -
IX.1.6 Incendio forestal ..... - 905 -
X. Análisis de vulnerabilidad ..... - 907 -
X.1 Estimación de la vulnerabilidad ..... - 907 -
X.1.1 Población ..... - 908 -
X.1.2 Vivienda ..... - 909 -
X.1.3 Infraestructura estratégica ..... - 911 -
X.2 Vulnerabilidad por almacenamiento de sustancias peligrosas. ..... - 912 -
X.2.1 Explosión de gasera ..... - 912 -
X.2.2 Incendio en gasera ..... - 924 -
X.2.3 Explosión de polvorín ..... - 937 -
X.3 Vulnerabilidad por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas. - 940 -
X.3.1 Explosión de pipa de gas en carretera ..... - 940 -
X.3.2 Fuga y derrame de otras sustancias químicas en carretera ..... - 947 -
X.3.3 Derrame de gasolina en vías férreas ..... - 948 -
X.3.4 Fuga y derrame de otras sustancias químicas en vías férreas ..... - 957 -
X.4 Vulnerabilidad por transporte por ductos de sustancias peligrosas. ..... - 958 -
X.4.1 Derrame de combustible en poliducto ..... - 958 -
X.5 Vulnerabilidad por incendios forestales. ..... - 965 -
X.5.1 Incendios Forestales ..... - 965 -
XI. Evaluación del riesgo ..... - 975 -
XI.1.1 Costos estimados para evento de explosión de gasera (250,000 L) .... - 975 -
XI.1.2 Costos estimados para evento de incendio de gasera (250,000 L) ..... - 976 -
XI.1.3 Costos estimados para evento de accidente en carretera (transporte de gas LP) - 977 -
XI.1.4 Costos estimados para evento de accidente en vías férreas (transporte de gasolina) ..... - 978 -
XI.1.5 Costos estimados para evento de derrame de hidrocarburos en ductos... - 979 -
XI.1.6 Costos estimados para evento de incendio forestal ..... - 980 -

XII. Conclusiones ..... **- 982 -**
XIII. Bibliografía ..... **- 984 -**

Índice de figuras

Figura 1: Características de un material peligroso. ..... - 701 -
Figura 2: Exposición por vía respiratoria. ..... - 703 -
Figura 3: Exposición por vía cutánea. ..... - 704 -
Figura 4: Exposición por vía digestiva ..... - 705 -
Figura 5: Efectos negativos de los accidentes químicos. ..... - 706 -
Figura 6: Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (periodo 2000-2021). ..... - 709 -
Figura 7: Desarrollo del taller participativo con dependencias. ..... - 725 -
Figura 8: Participantes en la mesa de trabajo del FQT. ..... - 726 -
Figura 9: Ubicación, fachada y acceso principal de TAD Irapuato. ..... - 733 -
Figura 10: Complejo Industrial Castro del Río ..... - 775 -
Figura 11: Ciudad Industrial Irapuato ..... - 776 -
Figura 12: Parque Industrial Apolo ..... - 776 -
Figura 13: Centro Industrial Guanajuato ..... - 777 -
Figura 14: Parque Central Guanajuato ..... - 777 -
Figura 15: Central de gases en hospitales. ..... - 782 -
Figura 16: Accidentes por pirotecnia en entidades del país 2003-2023. ..... - 813 -
Figura 17: Número de fallecidos y lesionados en accidentes por pirotecnia 2003-2023. ..... - 813 -
Figura 18: Ubicación de carteles de identificación de la sustancia o producto transportado. ... - 816 -
Figura 19: Fotografías tomadas durante el censo de sustancias peligrosas. ..... - 829 -
Figura 20. Transporte Ferroviario: patio y mapa de rutas de Ferromex. ..... - 840 -
Figura 21. Fotografías tomadas durante censo en vías férreas ..... - 843 -
Figura 22. Señalización de ductos de PEMEX, (localidad Lo de Juárez, y Carrizal el Grande). .... - 853 -

Figura 23: Equivalencia entre valores "PROBIT" y porcentaje de población afectada en accidentes mayores.....- 909 -

Figura 24: Infraestructura expuesta por explosión de polvorín.....- 939 -

Índice de gráficas

Gráfica 1: Colonias con al menos 2 gasolineras en el municipio de Irapuato, Gto. .....- 742 -

Gráfica 2: Colonias con más de 5 UE dedicadas a la fabricación de productos de herrería.....- 769 -

Gráfica 3: Colonias con más de 2 UE dedicadas a la fabricación de productos de madera para la construcción.....- 770 -

Gráfica 4: Colonias con más de 2 UE dedicadas al maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general.....- 774 -

Gráfica 5: Colonias con más de 1 hospital en el municipio. .....- 783 -

Gráfica 6: Colonias con más de 3 hoteles y moteles en el municipio. .....- 785 -

Gráfica 7: Colonias con más de una purificadora de agua.....- 790 -

Gráfica 8: Colonias con más de 2 laboratorios.....- 794 -

Gráfica 9: Colonias con más de 3 UE dedicadas al comercio al por mayor de sustancias químicas. .....- 799 -

Gráfica 10: Colonias con más de 11 UE dedicadas al comercio al por menor de sustancias químicas. .....- 801 -

Gráfica 11: Colonias con más de 2 UE dedicadas a la elaboración de productos varios. .- 803 -

Gráfica 12: Colonias con más de 30 UE dedicadas a la preparación y venta de alimentos.- 805 -

Gráfica 13: Colonias con más de 5 tortillerías.....- 808 -

Gráfica 14: Colonias con más de 4 panificadoras. .....- 810 -

Gráfica 15: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45 (turno matutino).....- 830 -

Gráfica 16: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45 (turno vespertino). .....- 830 -

Gráfica 17: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45 (turno matutino).- 831 -

Gráfica 18: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45 (turno vespertino). .....- 831 -

Gráfica 19: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45-D, (turno matutino).....- 832 -

Gráfica 20: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45-D (turno vespertino). .....- 832 -

Gráfica 21: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45-D (turno matutino).....- 833 -

Gráfica 22: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45-D (turno vespertino). .- 833 -

Gráfica 23: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Blvd. Solidaridad, (turno matutino).....- 834 -

Gráfica 24: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Blvd. Solidaridad, (turno vespertino). .....- 834 -

Gráfica 25: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Blvd. Solidaridad (turno matutino y vespertino) .....- 834 -

Gráfica 26: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Carretera Federal 90 (turno matutino).....- 835 -

Gráfica 27: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Carretera Federal 90 (turno vespertino). .....- 836 -

Gráfica 28: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Carretera Federal 90, (turno matutino). .....- 836 -

Gráfica 29: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Carretera Federal 90, (turno vespertino). .....- 836 -

Gráfica 30: Fugas de gas durante el periodo 2017-2024. .....- 865 -

Gráfica 31: Fugas de gas y derrames en la escuela durante el periodo 2017-2024.....- 866 -

Gráfica 32: Derrames en carreteras durante el periodo 2017-2024. .....- 866 -

Gráfica 33: Fugas o derrame de materiales peligrosos durante el periodo 2017-2024. .....- 867 -

Gráfica 34: Frecuencia de fugas y derrames en Irapuato durante el periodo 2017-2024....- 867 -

Gráfica 35: Colonias dentro de frecuencia alta en fugas y derrames durante el periodo 2017-2024.....- 868 -

Gráfica 36: Incendio de bodega y comercio durante el periodo 2017-2019. .....- 870 -

Gráfica 37: Incendio de casa habitación y edificios durante el periodo 2017-2019.....- 870 -

Gráfica 38: Incendios en escuelas durante el periodo 2017-2024.....- 871 -

Gráfica 39: Incendios en fábricas e industria durante el periodo 2017-2024. ..... - 871 -
Gráfica 40: Incendio de residuos industriales y peligrosos en el periodo 2017-2024. ..... - 872 -
Gráfica 41: Incendios forestales durante el periodo 2017-2024. ..... - 872 -
Gráfica 42: Frecuencia de incendios durante el periodo 2017-2024 ..... - 873 -
Gráfica 43: Colonias dentro de frecuencia alta de incendios durante el periodo 2017-2024..... - 873 -

Índice de mapas

Mapa 1: Ubicación geográfica de la TAD Irapuato. ..... - 734 -
Mapa 2: Ubicación de estaciones de almacenamiento y distribución de gas LP. ..... - 737 -
Mapa 3: Ubicación de unidades dedicadas a la refrigeración y fabricación de hielo. ..... - 739 -
Mapa 4: Ubicación de plantas de captación, tratamiento y suministro de agua. ..... - 741 -
Mapa 5: Ubicación de gasolineras. ..... - 744 -
Mapa 6: Ubicación de estaciones de carburación. ..... - 747 -
Mapa 7: Ubicación de parques y fraccionamientos industriales. ..... - 779 -
Mapa 8: Ubicación de la industria manufacturera. ..... - 780 -
Mapa 9: Ubicación de hospitales. ..... - 784 -
Mapa 10: Ubicación de hoteles y moteles. ..... - 786 -
Mapa 11: Ubicación de centros de manejo de residuos peligrosos. ..... - 789 -
Mapa 12: Ubicación de purificadora de agua. ..... - 791 -
Mapa 13: Ubicación de laboratorios. ..... - 795 -
Mapa 14: Ubicación de establecimientos que ofrecen servicios de control de plagas. ..... - 798 -
Mapa 15: Ubicación de UE dedicadas al comercio al por mayor de sustancias químicas. - 800 -
Mapa 16: Ubicación de UE dedicadas al comercio al por menor de sustancias químicas. - 802 -
Mapa 17: Ubicación de UE dedicadas a la elaboración de productos varios. ..... - 804 -
Mapa 18: Ubicación de UE dedicadas a la preparación y venta de alimentos. ..... - 806 -
Mapa 19: Ubicación de tortillerías. ..... - 809 -
Mapa 20: Ubicación de panificadoras. ..... - 811 -
Mapa 21: Ubicación de polvorines. ..... - 815 -

Mapa 22: Red de caminos. ..... - 827 -
Mapa 23: Frecuencia total de vehículos que transportan sustancias peligrosas por hora. .- 838 -
Mapa 24: Diversidad de sustancias peligrosas transportadas en carreteras. ..... - 839 -
Mapa 25: Red de vías férreas. ..... - 842 -
Mapa 26: Abundancia de vagones que trasportan sustancias peligrosas en vías férreas. .- 848 -
Mapa 27: Diversidad de sustancias peligrosas transportadas por vía férrea. ..... - 849 -
Mapa 28: Red de poliductos de PEMEX. ..... - 851 -
Mapa 29: Red de ductos de gas natural. ..... - 857 -
Mapa 30: Puntos de calor. ..... - 859 -
Mapa 31: Biomasa total forestal. ..... - 861 -
Mapa 32: Incendios forestales combatidos. ..... - 862 -
Mapa 33: Peligro por incendios forestales. ..... - 863 -
Mapa 34: Explosión por nube explosiva de gasera (evento catastrófico). ..... - 887 -
Mapa 35: Explosión por nube explosiva de gasera (evento más probable). ..... - 888 -
Mapa 36: Incendio por bola de fuego de gasera (evento catastrófico). ..... - 890 -
Mapa 37: Incendio por bola de fuego de gasera (evento más probable). ..... - 891 -
Mapa 38: Escenario de explosión en polvorines. ..... - 894 -
Mapa 39: Fuga de gas LP en carretera (evento catastrófico). ..... - 896 -
Mapa 40: Fuga de gas LP en carretera (evento más probable) ..... - 897 -
Mapa 41: Derrame de gasolina en vías férreas (evento catastrófico). ..... - 900 -
Mapa 42: Derrame de gasolina en vías férreas (evento más probable). ..... - 901 -
Mapa 43: Zona de seguridad para evento en poliducto y gasoducto. ..... - 904 -
Mapa 44: Zona de seguridad por incendios forestales. ..... - 906 -
Mapa 45: Población expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico) ..... - 913 -
Mapa 46: Vivienda expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico). ..... - 914 -
Mapa 47: Infraestructura expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico). ..... - 915 -
Mapa 48: Población expuesta por explosión de gasera (escenario probable). ..... - 916 -
Mapa 49: Vivienda expuesta por explosión de gasera (escenario probable) ..... - 917 -
Mapa 50: Infraestructura expuesta por explosión de gasera (escenario probable). ..... - 918 -
Mapa 51: Población expuesta por incendio de gasera (escenario catastrófico). ..... - 926 -

Mapa 52: Vivienda expuesta por incendio en gasera (escenario catastrófico). .....- 927 -
Mapa 53: Infraestructura expuesta por incendio en gasera (escenario catastrófico). .....- 928 -
Mapa 54: Población expuesta por incendio en gasera (escenario probable).....- 929 -
Mapa 55: Vivienda expuesta por incendio en gasera (escenario probable). .....- 930 -
Mapa 56: Infraestructura expuesta por incendio en gasera (escenario probable). .....- 931 -
Mapa 57: Infraestructura expuesta por explosión de polvorín.....- 938 -
Mapa 58: Población expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable). .....- 941 -
Mapa 59: Vivienda expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable).....- 942 -
Mapa 60: Infraestructura expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable).- 943 -
Mapa 61: Población expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico). .....- 949 -
Mapa 62: Vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico). .....- 950 -
Mapa 63: Infraestructura expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico). .....- 951 -
Mapa 64: Población expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable)..- 952 -
Mapa 65: Vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable)....- 953 -
Mapa 66: Infraestructura expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable). .....- 954 -
Mapa 67: Población expuesta por derrame de combustible en poliducto. .....- 959 -
Mapa 68: Vivienda expuesta por derrame de combustible en poliducto. .....- 960 -
Mapa 69: Infraestructura expuesta por derrame de combustible en poliducto. .....- 961 -
Mapa 70: Población expuesta por fuga de gas en gasoducto. .....- 962 -
Mapa 71: Vivienda expuesta por fuga de gas en gasoducto. .....- 963 -
Mapa 72: Infraestructura expuesta por fuga de gas en gasoducto.....- 964 -
Mapa 73: Población expuesta por incendio forestal .....- 967 -
Mapa 74: Vivienda expuesta por incendio forestal.....- 968 -
Mapa 75: Infraestructura expuesta por incendio forestal.....- 969 -

Índice de tablas

Tabla 1: Eventos relacionados con accidentes químicos. .....- 702 -
Tabla 2: Accidentes químicos más importantes en México. .....- 707 -
Tabla 3: Resumen de noticias de los últimos 10 años relacionadas con el fenómeno. .....- 721 -
Tabla 4: Eventos relacionados con el FQT en los últimos 10 años. .....- 722 -
Tabla 5: Asistentes en la mesa participativa del FQT. .....- 725 -
Tabla 6: Jerarquización de los componentes del fenómeno por parte de los participantes- 726 -
Tabla 7: UE que manejan sustancias peligrosas en Irapuato. .....- 731 -
Tabla 8: Tanques de almacenamiento de producto petrolífero en TAD Irapuato. .....- 735 -
Tabla 9: Tanques de almacenamiento de producto petrolífero en TAD Irapuato. .....- 735 -
Tabla 10: Sustancias consideradas de alto riesgo en la refrigeración y fabricación de hielo. .....- 738 -
Tabla 11: Sustancias consideradas de alto riesgo en el tratamiento de agua. .....- 740 -
Tabla 12: Sustancias consideradas de alto riesgo en gasolineras .....- 743 -
Tabla 13: Sustancias consideradas de alto riesgo en el almacenamiento de gas LP. .....- 746 -
Tabla 14: Sustancias utilizadas para la elaboración de adhesivos. .....- 749 -
Tabla 15: Sustancias utilizadas para la fabricación de desbastes y ferroaleaciones. .....- 751 -
Tabla 16: Sustancias utilizadas para la fabricación de espumas y productos de poliestireno y uretano. .....- 751 -
Tabla 17: Sustancias utilizadas para la fabricación de fertilizantes. .....- 753 -
Tabla 18: Sustancias utilizadas para la fabricación de hules sintéticos. .....- 754 -
Tabla 19: Sustancias utilizadas para la fabricación de jabones, limpiadores y dentífricos. .- 756 -
Tabla 20: Sustancias utilizadas para la fabricación de otras partes para vehículos automotrices. .....- 757 -
Tabla 21: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos. .....- 758 -
Tabla 22: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de hierro y acero. .- 759 -
Tabla 23: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de madera. .....- 759 -
Tabla 24: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de vidrio. .....- 760 -

Tabla 25: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos metálicos.....- 760 -

Tabla 26: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos y orgánicos.....- 761 -

Tabla 27: Sustancias utilizadas para la fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión, de frenos, de sistemas de transmisión, de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices.....- 763 -

Tabla 28: Sustancias utilizadas para la fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes.....- 764 -

Tabla 29: Sustancias utilizadas para la fabricación de pinturas y recubrimientos. .....- 765 -

Tabla 30: Sustancias utilizadas para la fabricación de preparaciones farmacéuticas.....- 766 -

Tabla 31: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de asfalto.....- 767 -

Tabla 32: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de herrería.....- 768 -

Tabla 33: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de madera para la construcción.....- 769 -

Tabla 34: Sustancias utilizadas en las forjadoras y troqueladoras de piezas metálicas.....- 771 -

Tabla 35: Sustancias utilizadas en recicladoras de plásticos.....- 772 -

Tabla 36: Sustancias utilizadas en la industria básica del aluminio.....- 773 -

Tabla 37: Sustancias utilizadas en el maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general.....- 774 -

Tabla 38: Sustancias utilizadas en hospitales .....- 781 -

Tabla 39: Sustancias utilizadas en hoteles y moteles. .....- 785 -

Tabla 40: Sustancias utilizadas en purificación de agua .....- 790 -

Tabla 41: Sustancias utilizadas en laboratorios.....- 794 -

Tabla 42: Sustancias utilizadas en servicios de control de plagas. .....- 796 -

Tabla 43: Clases principales de las sustancias peligrosas. .....- 818 -

Tabla 44: Clasificación de vehículos de autotransporte de acuerdo a la NOM-012-SCT-2-2017. - 820 -

Tabla 45: Remolques utilizados en el transporte de sustancias químicas.....- 822 -

Tabla 46: Tabla de identificación para carros de ferrocarril. .....- 823 -

Tabla 47: Red de caminos dentro del municipio. .....- 825 -

Tabla 48: Listado de carreteras consideradas en el censo de sustancias peligrosas.....- 828 -

Tabla 49: Frecuencia total de vehículos que transportan sustancias peligrosas por hora. ..- 837 -

Tabla 50: Diversidad de sustancias peligrosas por carretera. ....- 837 -
Tabla 51: Secciones en vías férreas consideradas en el censo de sustancias peligrosas.....- 841 -
Tabla 52: Sustancias peligrosas transportadas en Paseo Irapuato.....- 843 -
Tabla 53: Sustancias peligrosas transportadas en Calzada de Guadalupe. ....- 845 -
Tabla 54: Abundancia de vagones que transportan sustancias peligrosas. ....- 847 -
Tabla 55: Diversidad de sustancias peligrosas por vía férrea. ....- 847 -
Tabla 56: Clases de localización de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011.....- 854 -
Tabla 57: Probabilidades de fugas, derrames e incendios.....- 874 -
Tabla 58: Estimado de daños por sobrepresión en explosiones.....- 876 -
Tabla 59: Límites de exposición aceptados para contaminantes atmosféricos. ....- 878 -
Tabla 60: Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica.....- 880 -
Tabla 61: Daños a personas y materiales en caso de incendio de acuerdo a la intensidad- 881 -
Tabla 62: Tipos de fuego. ....- 882 -
Tabla 63: Escenarios catastróficos y con mayor probabilidad en el municipio de Irapuato- 883 -
Tabla 64: Radios de afectación para explosión de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario catastrófico) de acuerdo a SSModelos+.....- 885 -
Tabla 65: Radios de afectación para explosión de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario más probable) de acuerdo a SSModelos+. ....- 885 -
Tabla 66: Radios de afectación para incendio por gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario catastrófico) de acuerdo a SSModelos+.....- 889 -
Tabla 67: Radios de afectación para incendio de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario más probable). ....- 889 -
Tabla 68: Sustancias y volúmenes utilizados mensualmente en polvorines del municipio....- 892 -
Tabla 69: Radios de afectación para explosión de polvorín de acuerdo a SSModelos+.....- 893 -
Tabla 70: Umbrales utilizados de acuerdo con el tipo de riesgo en ductos de transporte de hidrocarburos. ....- 903 -
Tabla 71: Sistemas expuestos a identificar. ....- 907 -
Tabla 72: Clasificación del material de muros y techos de viviendas. ....- 909 -
Tabla 73: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros.....- 910 -
Tabla 74: Clasificación del Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.....- 911 -
Tabla 75: Población y vivienda expuesta por explosión de gasera. ....- 919 -

Tabla 76: Localidades expuestas por explosión de gasera. ....- 919 -
Tabla 77: Resultados de ecuaciones PROBIT para explosión de gasera. ....- 920 -
Tabla 78: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 20 kg. ....- 921 -
Tabla 79: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 30 kg. ....- 921 -
Tabla 80: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 120 L. ....- 922 -
Tabla 81: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 300 L. ....- 922 -
Tabla 82: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de almacenamiento de 5,000 L. ....- 923 -
Tabla 83: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de almacenamiento de 250,000 L. ....- 923 -
Tabla 84: Población y vivienda expuesta por incendio en gasera. ....- 924 -
Tabla 85: Localidades expuestas por incendio en gaseras. ....- 925 -
Tabla 86: Resultados de ecuaciones PROBIT para radiación térmica (37.5 kW/m^2) por incendio de gaseras ....- 932 -
Tabla 87: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 20 kg. ....- 933 -
Tabla 88: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 30 kg. ....- 934 -
Tabla 89: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 120 L. ....- 934 -
Tabla 90: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 300 L. ....- 935 -
Tabla 91: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para tanque de almacenamiento de 5,000 L. ....- 935 -
Tabla 92: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para tanque de almacenamiento de 250,000 L. ....- 936 -
Tabla 93: Resultados de ecuaciones PROBIT para explosión de polvorín ....- 939 -
Tabla 94: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para explosión de polvorín. ....- 940 -
Tabla 95: Población y vivienda expuestas por explosión de pipa de gas en carretera. ....- 944 -
Tabla 96: Localidades expuestas por explosión de pipa de gas en carretera. ....- 944 -
Tabla 97: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por intensidad de la radiación térmica (38 kW/m^2) de accidente de carretera con 10,000 L de gas LP. ....- 946 -
Tabla 98: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por distancia de la radiación térmica de accidente de carretera con 10,000 L gas LP. ....- 946 -

Tabla 99: Concentraciones de butano en nube tóxico para accidente en carretera de pipa con 10,000 L. ..... - 947 -

Tabla 100: Zonas de aislamiento para sustancias peligrosas transportadas en carreteras del municipio de Irapuato ..... - 947 -

Tabla 101: Población y vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas. ..... - 955 -

Tabla 102: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por intensidad de la radiación térmica de accidente de vías del tren con 90,000 L de gasolina. ..... - 955 -

Tabla 103: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por distancia de la radiación térmica de accidente de vías del tren con 90,000 L de gasolina. ..... - 956 -

Tabla 104: Concentraciones de benceno en nube tóxica para accidente en vías de tren con 90,000 L de gasolina. ..... - 957 -

Tabla 105: Zonas de aislamiento para sustancias peligrosas transportadas en vías del tren del municipio de Irapuato ..... - 957 -

Tabla 106: Población y vivienda expuesta por derrame y fuga en poliducto y gasoducto, respectivamente. ..... - 965 -

Tabla 107: Localidades expuestas por derrame y fuga en poliducto y gasoducto, respectivamente. ..... - 965 -

Tabla 108: Población y vivienda expuestas por incendio forestal. ..... - 970 -

Tabla 109: Localidades expuestas por incendio forestal. ..... - 970 -

Tabla 110: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por explosión de gasera..... - 975 -

Tabla 111: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por explosión de gasera..... - 976 -

Tabla 112: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por incendio de gasera. ..... - 977 -

Tabla 113: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por incendio de gasera..... - 977 -

Tabla 114: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por explosión de pipa de gas en carreteras. ..... - 978 -

Tabla 115: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por explosión de pipa de gas en carretera. ..... - 978 -

Tabla 116: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas a derrame de gasolina en vías férreas. ..... - 979 -

Tabla 117: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por derrame de gasolina en vías férreas. ..... - 979 -

Tabla 118: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas a derrame de gasolina en vías férreas. ..... - 980 -

Tabla 119: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por derrame de gasolina en vías férreas.....- 980 -

Tabla 120: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por incendios forestales.....- 981 -

Tabla 121: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por incendio forestal.....- 981 -

I. INTRODUCCIÓN

Gran parte de las actividades industriales, comerciales y de servicio involucran el manejo de materiales peligrosos. De acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Diario Oficial de la Federación, 2024), un **material peligroso** es un elemento, sustancia, compuesto, residuo o mezcla de residuos que, independientemente de su estado físico, **representa un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales**, por sus características **corrosivas**, **reactivas**, **explosivas**, **tóxicas**, **inflamables o biológico-infecciosas**. De acuerdo con la Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (2021), estas características se definen en la siguiente figura.

Figura 1: Características de un material peligroso.

Fuente: tomado de Sistema Globalmente Armonizado, www.osha.oregon.gov/OSHAPubs/4988s.pdf

La NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002 (DOF, 2003) define al **agente biológico-infeccioso** como cualquier microorganismo capaz de producir enfermedades cuando está presente en concentraciones suficientes (inóculo), en un ambiente propicio (supervivencia), en un hospedero susceptible y en presencia de una vía de entrada.

La producción, el almacenamiento y/o el transporte de materiales peligrosos representan un riesgo que puede traer como consecuencia un **accidente químico**. Estos se definen como la ocurrencia de un evento mayor ya sea **fuga, derrame, incendio o explosión** de una o más sustancias químicas peligrosas, que ocasionan un daño serio a las personas, el ambiente o las instalaciones, de manera inmediata o a largo plazo, y que puede ser ocasionado por fenómenos naturales (sismos, huracanes, inundaciones, etc.) o por fallas operativas, mecánicas o errores humanos en los procesos industriales (CENAPRED, 2021).

Tabla 1: Eventos relacionados con accidentes químicos.

Fugas: Pérdida de material que se presenta al existir un cambio de presión debido a rupturas en el recipiente que lo contiene o en la tubería que lo conduce.	
Derrames: Escape de cualquier sustancia líquida, sólida o la mezcla de ambas, de cualquier recipiente o conducto que la contenga, como son: tuberías, equipos, tanques de almacenamiento, autotanques, carrotanques, etc.	
Incendios: Fuego grande que quema combustibles que no estaban destinados a arder. Se manifiesta con desprendimiento de luz, calor, humo y gases.	
Explosiones: Liberación de una cantidad considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o a la reacción química de ciertas sustancias.	

Fuente: elaboración propia.

Existen dos factores a considerar en los accidentes químicos: el **tipo de exposición** y la **vía de entrada** del agente químico al organismo. El tipo de exposición depende del tiempo de contacto y la frecuencia con que se administra y se puede clasificar en exposición aguda y crónica.

La **exposición aguda** se presenta cuando una persona está en contacto con una sustancia tóxica durante un corto periodo de tiempo, produciendo un efecto nocivo de inmediato. Este daño puede ser severo o incluso provocar la muerte de una persona en una sola

exposición. Un ejemplo de ellos es la exposición aguda al benceno, la cual puede afectar el sistema nervioso central llevando a una pérdida del conocimiento y la muerte (ATSDR, 2019).

La **exposición crónica** se presenta cuando una persona está en contacto con una sustancia o mezcla de sustancias tóxicas durante periodos largos de tiempo a dosis bajas. Esta exposición puede ser continua o repetida durante toda la vida de la persona, produciendo un efecto nocivo como daños renales, daños hepáticos, daño pulmonar, daño cardiovascular, daño hematológico, efectos genotóxicos[1], entre otros. Un ejemplo es la exposición crónica a herbicidas, la cual produce problemas hepáticos y daños al sistema nervioso (ATSDR, 2019). Entre las principales vías de exposición se encuentran la vía respiratoria, la cutánea y la digestiva.

La exposición por **vía respiratoria** es la más común en el caso de las sustancias en estado sólido, líquido o gaseoso que se encuentren en suspensión por tener una presión de vapor alta y los riesgos son mayores durante las épocas de calor (CENAPRED, 2021). Algunas partículas mayores a las micras son retenidas mecánicamente a nivel de las vías respiratorias superiores, otras menores a las micras pueden penetrar por las ramificaciones finas del árbol respiratorio hasta los alveolos pulmonares; a este nivel existe gran cantidad de capilares, produciéndose allí una absorción rápida y distribución por sangre a todos los órganos y particularmente al sistema nervioso central.

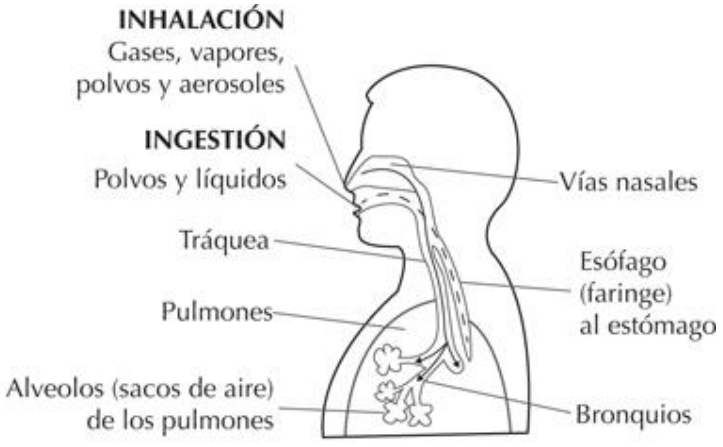


Figura 2: Exposición por vía respiratoria.
Fuente: tomado de ESQ (Escuela de Seguridad Química), https://escuelasq.com/

[1] La genotoxicidad es la capacidad relativa de un agente de ocasionar daño en el material genético, originando efectos biológicos adversos.

La exposición por **vía cutánea** se da a través de la piel, la cual representa casi el 16% del peso del cuerpo humano. La afinidad de ciertas sustancias químicas puede atravesar la epidermis para llegar a la circulación sanguínea (CENAPRED, 2021). Esta absorción puede producirse por: 1) a través de la piel cuando ésta sufre lesiones mecánicas, térmicas o químicas, o por enfermedades cutáneas; 2) alrededor del tallo del pelo hasta penetrar en el folículo piloso; y 3) a través de los conductos de las glándulas sudoríparas. Un ejemplo son los disolventes industriales, los cuales pueden ser absorbidos a través de la piel intacta en fase de vapor cuando se encuentran contaminando el ambiente y en fase líquida por entrar en contacto directo con la piel (Guimaraens-Juanena, 2004).

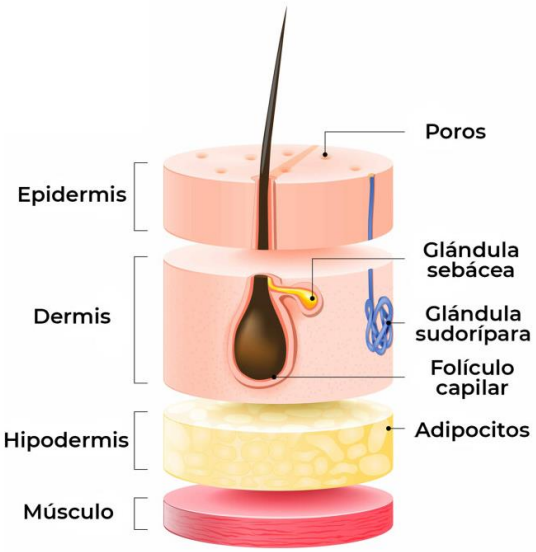


Figura 3: Exposición por vía cutánea.
Fuente: tomado de Meditip, www.meditip.lat/el-cuerpo-humano/la-piel

La exposición por **vía digestiva** no produce daño al individuo hasta que la sustancia sea absorbida, a menos que la sustancia sea cáustica o irritante. La absorción se produce a lo largo de todo el tracto gastrointestinal, de la boca hasta el recto. Los componentes del humo de cigarrillo se absorben en la boca, otras sustancias se absorben por el estómago debido a su acidez (pH=2), mientras que otros compuestos se absorben en el intestino delgado o grueso, ya que esta zona es menos ácida (pH=6).

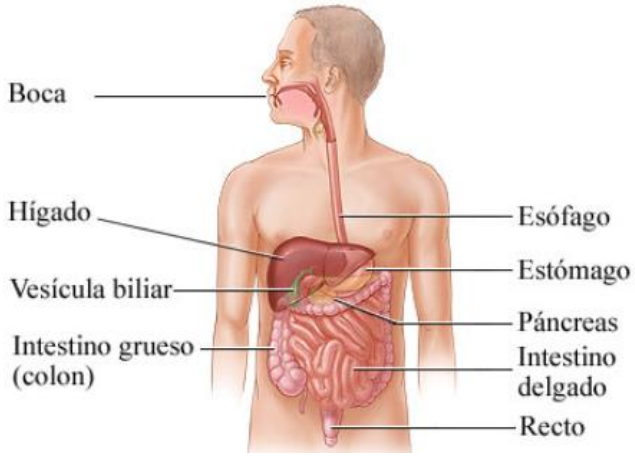


Figura 4: Exposición por vía digestiva

Fuente: tomado de Kaiser Permanente, https:/espanol.kaiserpermanente.org/es/health-wellness/

Si bien, los accidentes químicos se presentan con poca frecuencia, el costo social, económico y ambiental es elevado. Entre los efectos negativos de los accidentes con sustancias químicas destacan:

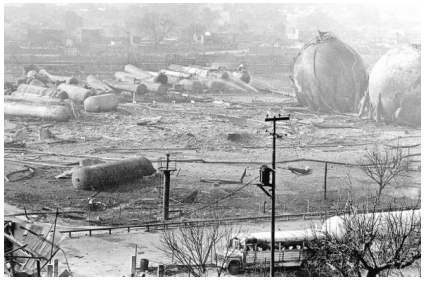
- **Salud de la población**: ocasiona desde irritación de ojos, piel y tracto respiratorio, asfixia, náuseas y vómito, hasta daño renal, hepático, gastrointestinal, respiratorio o neurológico, inflamación o destrucción parcial de tejidos, cáncer y muerte.
- **Medio ambiente**: ocasiona la contaminación del suelo, el aire y el agua (superficial y subterránea). Causan toxicidad a los seres vivos y pueden ocasionar acumulación en tejidos grasos de los organismos vivos. Pueden permanecer en el medio natural por muchos años.
- **Infraestructura**: provoca daños a la maquinaria y a los equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios. Así también, dependiendo de su magnitud, provoca accidentes en instalaciones contiguas (efecto dominó).
- **Economía:** Esto se debe a la suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos de auxilio a la población afectada.

Figura 5: Efectos negativos de los accidentes químicos.

Fuente: tomado de nara.getarchive.net, unir.net, sharghdaily.com, intoleranciadiario.com

Entre los accidentes químicos de mayor magnitud en México se encuentran los siguientes:

Tabla 2: Accidentes químicos más importantes en México.

Lugar y fecha	Evento	
Tlalnepantla de Baz (San Juan Ixhuatepec) 19 de noviembre de 1984	Explosión en la terminal de almacenamiento de gas LP en el Estado de México. El evento se originó por una fuga de gas LP por ruptura de tubería, la cual provocó una nube de vapor inflamable que, al encontrar un punto de ignición, generó un incendio que afectó 10 viviendas y una de las esferas, la cual provocó una explosión tipo BLEVE y una bola de fuego de aproximadamente 300 metros de diámetro. Posteriormente, otras 4 esferas y 15 tanques horizontales generaron explosiones. Como resultado de este accidente, murieron 503 personas y 926 sufrieron lesiones.	
Guadalajara, Jalisco (Barrio de Analco) 22 de abril de 1992	Explosión en el colector de aguas residuales debido a un derrame de gasolina en el poliducto Salamanca-Guadalajara. El combustible llegó al colector, donde se acumularon vapores inflamables que, al encontrar un punto de ignición, iniciaron una serie de explosiones. El saldo fue de 212 muertos, 69 desaparecidos y 1470 lesionados. Se destruyeron 8 km de calle, afectando a 1142 viviendas, 450 comercios, 100 centros escolares y 600 vehículos.	
Celaya, Guanajuato (Abarrotera Celaya) 26 de septiembre de 1999	Explosiones derivadas del almacenamiento ilegal de artificios pirotécnicos provocaron un incendio que fue propagándose con rapidez hacia establecimientos aledaños. En este accidente murieron 72 personas y más de 300 resultaron lesionados.	
Las Flores, Coahuila (Carretera Federal 30) 9 de septiembre de 2007	Explosión de un tractocamión con doble semirremolque que transportaba nitrato de amonio en la carretera Monclova-San Pedro. El accidente dejó como resultado 29 muertos, 144 lesionados y 64 vehículos afectados.	

Lugar y fecha	Evento	
San Pedro Xalostoc, México (Carretera México-Pachuca) 7 de mayo de 2013	Explosión de un autotanque de doble semirremolque con gas LP en la carretera México-Pachuca, municipio de Ecatepec. El accidente provocó 27 muertos, 36 lesionados, 45 viviendas afectadas y 29 vehículos dañados.	
Cananea, Sonora (Mina Buena Vista del Cobre) 6 de agosto de 2014	El derrame de lixiviados de cobre de la mina causó la afectación de 4 cuerpos de agua, pérdidas para los agricultores de la cuenca y daños a la salud de 270 personas.	
Tultepec, México (Talleres de la Saucera) 5 de julio de 2018	Explosión de polvorín en los talleres de la Saucera. Hubo 24 muertos y 54 lesionados.	
Tlahuelilpan, Hidalgo (Poblado de San Primitivo) 18 de enero de 2019	Explosiones e incendio debidos a la ignición de vapores de gasolina producto de una toma clandestina en un ducto de 14 pulgadas que transportaba gasolina en el estado de Hidalgo. Una gran cantidad de personas se encontraban recolectando el combustible derramado. Sin embargo, la explosión provocó la muerte de 137 personas.	

Fuente: información tomada de eventos relevantes asociados a peligros en México desde 1810. (Atlas Nacional de Riesgos, 2024)

En la actualidad, los riesgos de origen químico se han incrementado a causa del aumento de la actividad económica y, por consiguiente, del manejo cada vez mayor de productos y sustancias peligrosas en la industria, a fin de satisfacer las necesidades de una sociedad en constante crecimiento.

A nivel nacional, en los últimos 20 años, el 13.7% de las emergencias químicas reportadas a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA) ocurrieron en el estado de Guanajuato (Figura 6). De hecho, Guanajuato es la entidad que más emergencias químicas registró en el país durante el periodo del 2000 al 2018, acumulando 2,025 reportes de emergencias químicas, entre los que se destacan incidentes como explosiones y derrames de sustancias como el amoníaco, gasolina, diésel, entre otras.

Es por ello importante para este Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, identificar y cuantificar la presencia de sustancias químicas peligrosas. Sin duda, la prevención y la identificación de los peligros asociados al almacenamiento, el transporte y la distribución de sustancias y materiales peligrosos son la principal herramienta para combatir estos accidentes.

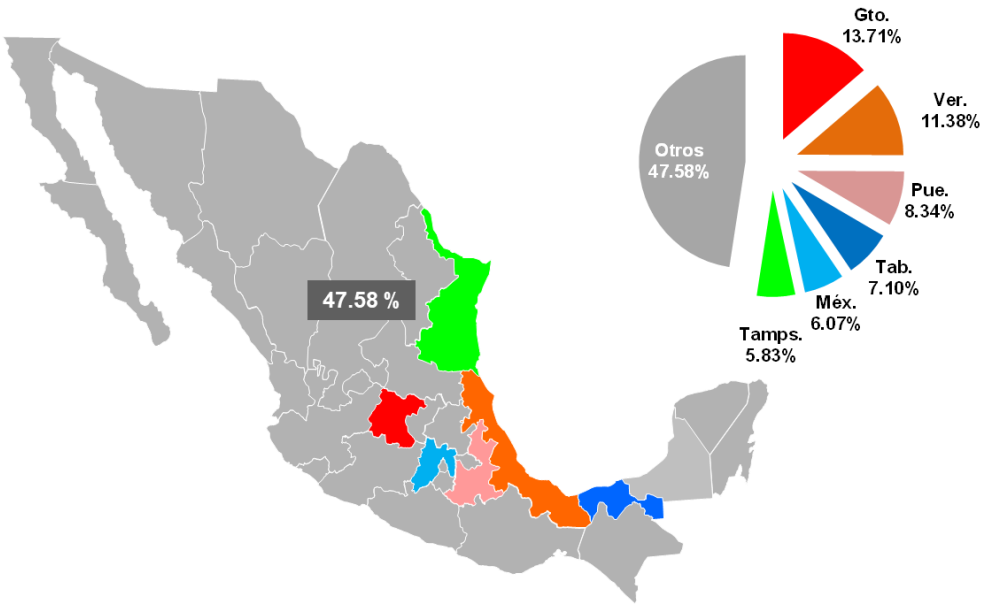


Figura 6: Emergencias químicas reportadas a la PROFEPA (periodo 2000-2021).
Fuente: tomado de Emergencias Químicas de México (PROFEPA, 2022).

II. OBJETIVO

El **objetivo principal** es actualizar la identificación de peligros y riesgos potenciales asociados al almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas en el municipio de Irapuato, Gto., de acuerdo a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (DOF, 2016), de tal forma que pueda ser una herramienta útil para la elaboración de programas específicos que contribuyan a prevenir y disminuir accidentes químicos y sus consecuencias sobre la población, sus bienes y al medio ambiente.

II.1 Objetivos específicos

1. Analizar la documentación disponible, actualizada y aplicable al almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas que apliquen al municipio de Irapuato, Gto.
2. Realizar la búsqueda hemerográfica de accidentes suscitados en el municipio en los últimos 10 años.
3. Actualizar la base de datos de **fraccionamientos industriales** y el listado de **sustancias químicas almacenadas** en las diversas unidades económicas que se realizan en el municipio, con base en la información disponible de las instituciones competentes.
4. Actualizar las diferentes **rutas y las sustancias químicas** transportadas en el municipio.
5. Actualizar la ubicación de **ductos** utilizados para el transporte de sustancias químicas peligrosas.
6. Ubicar las zonas de riesgo por **incendios forestales** de acuerdo a la guía metodológica de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
7. Actualizar los **mapas de peligros** identificando las áreas potenciales de afectación y sus probables consecuencias, para los escenarios de fuga, derrame, explosión e incendio.

8. Actualizar los **sistemas expuestos** por fenómeno químico, así como las características socioeconómicas de las familias y la tipificación de las viviendas asentadas en las zonas de peligro identificadas en el municipio.
9. Generar las **recomendaciones pertinentes** en materia de gestión de riesgos y mejoramiento ambiental del municipio.

III. ANTECEDENTES

El último análisis del fenómeno Químico-Tecnológico se desarrolló en el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., en el año 2013. En este estudio se cuantificó un total de 1,326 unidades económicas, de las cuales el 10% correspondía a empresas de alto riesgo.

Asimismo, se identificó que el componente de fugas de sustancias tóxicas e inflamables era el de mayor frecuencia en el municipio, y se observó que eran prioritarios la revisión y el mantenimiento de los tanques sujetos a presión, contenedores, carro-tanques y ductos de distribución. Se recomendó la revisión de los procedimientos para la distribución de sustancias peligrosas ya sea a casas-habitación (en el caso de gas LP o gas natural) y empresas particulares.

En el caso del **transporte de sustancias peligrosas**, se identificó que el gas LP es la sustancia que más se transporta en el Libramiento Nororiente y Libramiento Sur. Los volúmenes reportados van de los 3,500 a casi 110,000 litros de material. Y se recomendó que, en caso de algún accidente químico, se debiera considerar una zona de 300 m (para el transporte de gasolina y diésel) o de 800 m (en caso de transporte de gas LP) alrededor del vehículo.

Para el caso del **transporte de sustancias peligrosas por ductos**, se ubicaron 2 poliductos que cruzan en dirección sureste a norte y noroeste del municipio de Irapuato. El poliducto de 10" es responsable del transporte de gasolinas, diésel y turbosina y el poliducto de 14" es responsable del transporte de combustóleo. Así también, se identificó un tercer poliducto de 16" con dirección a Guadalajara, al sur del municipio, cerca de las localidades de La Luz, Puente Blanco y El Tope. Para estos ductos se consideró una zona de seguridad de 75 m en ambos lados a lo largo del eje de los ductos.

Se identificó que el evento con mayor probabilidad de ocurrencia estaba asociado al transporte de sustancias peligrosas por ducto (**3.4 eventos por año**) y el de mayor importancia era la **fuga de amoníaco**, debido a su peligrosidad y a los daños a la población que habita en zonas cercanas a las unidades económicas que manejan esta

sustancia. Tomando en cuenta un evento de fuga de amoníaco en las 33 unidades económicas identificadas en ese año, la población presente en la zona de alto riesgo era de 13,378 personas, y en la zona de amortiguamiento de 172,394 personas, con un tiempo máximo de exposición de 10 horas, considerando una concentración de 25 ppm.

Por último, se realizaron las siguientes recomendaciones:

1. Las entidades de atención a este tipo de emergencias deben estar preparadas con recursos suficientes para enfrentar de manera eficiente y eficaz algún evento de este tipo.
2. Mejorar el sistema de registros con el fin de que sea un instrumento de predicción.
3. Concentrar una base de datos con información acerca del almacenamiento de sustancias peligrosas en el municipio.
4. Implementar un programa de inspección y vigilancia en unidades económicas que manejen sustancias peligrosas.
5. Fortalecimiento de la reglamentación y normatividad para permitir revisiones a detalle y la emisión de medidas de seguridad en inspecciones de vigilancia.
6. Realizar campañas de concientización hacia la población sobre peligros asociados al fenómeno químico-tecnológico, así como a la industria sobre su responsabilidad social que tiene a su cargo.
7. Gestión concertada de la información por parte de dependencias como el IMPLAN, SEMARNAT, Ordenamiento Territorial e Instituto de Ecología.

IV. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la presente actualización del Atlas de Riesgos de Irapuato 2024, se fundamenta en la **Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos** (GCMEANR), (DOF, 2016), emitida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Adicionalmente, en el presente capítulo se describen brevemente las actividades de campo y gabinete para el análisis de cada componente.

IV.1 Peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas

Para la determinación del peligro se actualizará la **identificación y ubicación** de las instalaciones industriales, comerciales y de servicios que manejen sustancias peligrosas que representen un peligro para la población, el ambiente y las instalaciones. Para ello se solicitará la información a las autoridades competentes. A la par, se realizará la búsqueda dentro del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2024 (DENUE) para generar una base de datos de aquellas unidades que dentro de sus actividades hagan uso de sustancias peligrosas. Así también, se elaborarán mapas para la georreferenciación de dichas unidades dentro del municipio de Irapuato, Gto.

Se realizará además el **análisis de consecuencias** mediante la estimación de las áreas o zonas afectadas en caso de un accidente que involucre una sustancia química. Para ello se determinarán los eventos que tienen mayor probabilidad como consecuencia de una liberación de material peligroso, tales como incendio, explosión o nube tóxica (se considerarán 2 escenarios, el peor caso y el caso más probable). Se considerarán aquellas sustancias que se encuentren en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas, publicados en el Diario Oficial de la Federación el 28 de marzo de 1990 y el 4 de mayo de 1992, respectivamente, y en el listado contenido en la NOM-028-STPS-2012.

Para el cálculo de las **zonas de riesgo y amortiguamiento** se tomarán los siguientes criterios: la concentración de la sustancia en el aire para el caso de nube tóxica, la radiación térmica para el caso de incendio y las ondas de sobrepresión para las explosiones.

Para ello, se tomará en cuenta lo siguiente:

a) Los radios de afectación reportados por las industrias consideradas altamente riesgosas de acuerdo a los programas de prevención de accidentes y los estudios de riesgo presentados ante la SEMARNAT.
b) Los radios de afectación de los análisis de riesgo y/o de los programas internos de protección civil, ya sean estatales o municipales.
c) En caso de no contar con la información anterior, se determinarán mediante el uso de un Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI). Se utilizará SCRI-Modelos para la simulación de nubes tóxicas y SCRI-Fuego para la modelación de incendios y explosiones.

Se elaborarán mapas para la ubicación de las zonas de afectación como consecuencia de una nube tóxica, un incendio o una explosión obtenidos a partir de los escenarios simulados.

IV.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas

Se llevará a cabo la actualización de la ubicación de las **vías de transporte** de sustancias peligrosas (carreteras de jurisdicción federal, estatal o local y vías férreas). Para ello, se solicitará información respecto a las vías y el listado de sustancias peligrosas transportadas en el municipio de Irapuato, Gto. Asimismo, se tomarán en cuenta:

a) Estudios de Riesgo Ambiental y/o Programa de Prevención de Accidentes entregados a SEMARNAT.
b) Programas de prevención de accidentes de la empresa PEMEX.
c) En caso de no contar con la información anterior, se realizará un censo de transporte terrestre de sustancias peligrosas en 4 avenidas principales del municipio (Carretera Federal 45, Carretera Federal 45D, Blvd. Solidaridad y Carretera Federal 90), así como en 2 puntos específicos en donde se lleva a cabo el transporte por vías férreas (Paseo Irapuato y Calzada de Guadalupe). Este censo se llevará a cabo durante 3 días en 2 horarios: de 9:00 a 11:00 am y de 1:00 a 3:00 pm.

En este censo se tomará en cuenta lo especificado en la **NOM-002-SCT-2003** Listado de sustancias y materiales más usualmente transportados, la **NOM-004-SCT/2008** Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, la **NOM-012-SCT-2017** Sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal y la **Guía de Respuesta a Emergencias**.

De acuerdo con la información recopilada, se realizará el análisis de consecuencias mediante la estimación de las áreas o zonas afectadas en caso de un accidente que involucre una sustancia química. Para ello se determinarán los eventos de mayor probabilidad como consecuencia de una liberación de material peligroso, tales como incendio, explosión o nube tóxica (se considerarán 2 escenarios, el peor caso y el caso más probable).

Para el cálculo de las zonas de riesgo y amortiguamiento se tomarán los siguientes criterios: la concentración de la sustancia en el aire para el caso de nube tóxica, la radiación térmica para el caso de incendio y las ondas de sobrepresión para las explosiones. Se elaborarán mapas para la ubicación de las zonas de afectación como consecuencia de una nube tóxica, incendio o explosión obtenidos a partir de los escenarios simulados o por las recomendaciones de la Guía de Respuesta a Emergencias.

IV.3 Peligro por transporte por ductos de sustancias peligrosas

Se llevará a cabo la actualización de la identificación de **ductos superficiales y subterráneos** existentes en el municipio. Se realizará además el análisis de consecuencias mediante la estimación de las áreas o zonas afectadas en caso de un accidente que involucre una afectación del ducto. Para ello se determinarán los eventos que tengan mayor probabilidad como consecuencia de una liberación de material peligroso (se considerarán 2 escenarios, el peor caso y el caso más probable). Para el cálculo de las zonas de riesgo y amortiguamiento se tomarán los siguientes criterios:

a) Estudios de Riesgo Ambiental y/o Programa de Prevención de Accidentes entregados a SEMARNAT.
b) Programas de prevención de accidentes de la empresa PEMEX.
c) Consideración de distancias de acuerdo a la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos – CENAPRED.

d) En caso de no contar con la información anterior, se determinarán mediante el uso de un Simulador de Contaminación y Riesgos en Industrias (SCRI). Se utilizará SCRI-Modelos para la simulación de nubes tóxicas y SCRI-Fuego para la modelación de incendios y explosiones.

Se elaborarán mapas para la ubicación de las zonas de afectación como consecuencia de una nube tóxica, un incendio o una explosión obtenidos a partir de los escenarios simulados.

IV.4 Peligro por incendios forestales.

Para la determinación del peligro se realizará una búsqueda de la información disponible en plataformas oficiales como el Atlas Nacional de Riesgos, el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales (SPPIF) de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) o, en su defecto, se utilizará la guía metodológica *"Estimación simplificada de la amenaza por incendios forestales*". Esta guía permite determinar el Índice de Peligro por Incendios Forestales (IPIF) que señala la posibilidad de ocurrencia de incendios en una región determinada, para lo cual se consideran 3 componentes que son: material combustible forestal, condiciones meteorológicas y entorno socioeconómico.

Con la información recopilada se elaborarán mapas de puntos de calor, biomasa forestal total, incendios forestales combatidos, áreas prioritarias de protección contra incendios forestales y riesgo de ocurrencia de incendio por biomasa forestal.

IV.5 Estimación de la vulnerabilidad.

Para la estimación de la vulnerabilidad se analizará y determinará la población e instalaciones expuestas dentro de las zonas de riesgo y de amortiguamiento a eventos relacionados con los componentes de almacenamiento de sustancias peligrosas, autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas, transporte por ductos de sustancias peligrosas e incendios forestales.

Además, se establecerá la probabilidad de que ocurra un accidente dentro de dichas instalaciones con base en el historial de accidentes por empresas que manejan sustancias peligrosas ocurridos en el municipio de Irapuato desde el año 2013 a la fecha.

Además, se calcularán los efectos nocivos en la población cercana a los eventos mediante las ecuaciones de PROBIT (INSST, 1991), en el caso de incendios o explosiones se consideraron los valores ingresados en el programa de simulación para cada uno de los escenarios, ya sean catastróficos o más probables.

IV.6 Estimación del riesgo.

Para el riesgo de cada componente se incluirán los costos del daño esperado en la infraestructura básica para cada escenario de accidente considerado, así como las memorias de cálculo correspondientes.

IV.7 Marco normativo aplicable

- Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED). (2006). Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos – Fenómenos Químicos.
- Diario Oficial de la Federación (DOF) (21 de diciembre de 2016). Acuerdo por el que se emite la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-005-STPS-1998**, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-010-STPS-1999**, condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-018-STPS-2015**. Sistema Armonizado para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-028-STPS-2012**. Sistema para la administración del trabajo – Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.
- **Primer (DOF 28 de marzo de 1990) y Segundo (DOF 4 de mayo de 1992) Listado de Actividades Altamente Riesgosas** que establecen el conjunto de acciones, ya sean de origen natural o antropogénico, que estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, en caso de producirse una

liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente y a la población o a sus bienes, de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales SEMARNAT.

- Norma Oficial Mexicana **NOM-052-SEMARNAT-2005** que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-002-SCT/2011**, listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-004-SCT/2008**, Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos
- Norma Oficial Mexicana **NOM-010-SCT2/2013,** sobre las disposiciones y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- Norma Oficial Mexicana **NOM-012-SCT-2-2017,** sobre el peso y las dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en las vías generales de comunicación de jurisdicción federal.
- Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos (20 de noviembre de 2012).
- Reglamento de la Ley General de Equilibrio Ecológico en Materia de Residuos Peligrosos. **(DOF 25 de noviembre de 1988)**. Capítulo III del Manejo de Residuos Peligrosos.
- Ley de Protección Civil para el Estado de Guanajuato. (PO Tercera Parte 24 de octubre de 1997).
- Reglamento Interior de la Coordinación del Centro de Atención de Emergencias del municipio de Irapuato, Gto., (PO 8 de noviembre de 2016).

V. BÚSQUEDA HEMEROGRÁFICA

En esta sección se realizó la búsqueda de eventos reportados principalmente en periódicos de tipo digital e impreso, con el objetivo de identificar las principales problemáticas del fenómeno químico-tecnológico ocurridas en el municipio de Irapuato, desde enero de 2014 hasta octubre de 2024. Con la información obtenida, se obtuvo la siguiente estadística, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Resumen de noticias de los últimos 10 años relacionadas con el fenómeno.

Componente	Evento	Notas
Almacenamiento de sustancias peligrosas	Fuga	13
	Incendio	5
	Explosión	6
Transporte por ductos de sustancias peligrosas	Fuga	5
	Derrame	6
	Incendio	3
	Explosión	1
Incendios Forestales	Incendio	7
Total		**46**

Fuente: elaboración propia.

En el Anexo 3A del documento electrónico del atlas, se puede consultar un resumen de cada una de las notas relacionadas con los componentes de fugas, derrames, incendios y explosiones. En la siguiente tabla, se muestra una síntesis de la información encontrada:

Tabla 4: Eventos relacionados con el FQT en los últimos 10 años.

Componente	Fecha	Sitio	Compuesto químico	Daños materiales	Daños a población	Daños al ambiente	Causa
Almacenamiento de sustancias peligrosas	14/07/2015	Casa-habitación	Gas LP	Si	Si	No	Explosión
	7/11/2015	Fábrica de veladoras	No especificado	Si	Si	Si	Incendio
	8/08/2016	Casa-habitación	Gas LP	Si	No	No	Explosión
	9/09/2016	Casa-habitación	Gas LP	No	No	No	Fuga
	3/10/2016	Tienda departamental	Gas LP	No	No	No	Fuga
	14/06/2017	Casa-habitación	Gas LP	No	No	No	Fuga
	17/03/2020	Empacadora de vegetales	Amoniaco	No	Si	No	Fuga
	6/10/2020	Casa-habitación	Gas LP	No	Si	No	Fuga
	24/10/2020	Congeladora	Amoniaco	No	No	No	Fuga
	29/03/2021	Fábrica de hielo	Amoniaco	No	Si	No	Fuga
	28/08/2021	Pozo de agua	Gas cloro	No	No	No	Fuga
	14/09/2021	Polvorín	Pólvora	Si	Si	No	Explosión
	3/11/2022	Negocio	Gas LP	No	No	No	Fuga
	1/01/2023	Casa-habitación	No	Si	No	No	Pirotecnia
	26/07/2023	Casa-habitación	Gas LP	No	No	No	Fuga
	26/07/2023	Casa-habitación	Gas LP	Si	No	No	Explosión
	18/09/2023	Negocio (dulcería)	No	Si	No	Si	Pirotecnia
	27/12/2023	Casa-habitación	Gas LP	No	No	No	Fuga
	28/01/2024	Casa-habitación	Gas LP	No	No	No	Fuga
	14/03/2024	Basurero municipal	No	No	No	Si	Solventes y fogatas
	22/06/2024	Negocio (tarimas)	No	Si	No	Si	No especificado
	2/07/2024	Registro pluvial	Derrame de químicos	No	Si	No	Explosión
	09/08/2024	Polvorín	Pólvora	Si	No	No	Explosión
	20/08/2024	Empresa	Gas (no especificado)	No	No	No	Fuga

Componente	Fecha	Sitio	Compuesto químico	Daños materiales	Daños a población	Daños al ambiente	Causa
Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	-	-	-	-	-	-	-
Transporte por ductos de sustancias peligrosas	20/02/2013	Ducto	Gas Natural	No	No	No	Ruptura
	1/01/2014	Ducto	Combustible	Si	No	Si	Toma clandestina
	20/05/2014	Ducto	Combustible	Si	No	Si	Toma clandestina
	2/10/2014	Ducto	Combustible	Si	No	Si	Toma clandestina
	24/04/2015	Ducto	Combustible (Gasolina Magna)	Si	No	Si	Toma clandestina
	14/02/2016	Ducto	Combustible (Gasolina)	Si	No	Si	Toma clandestina
	29/11/2017	Ducto	Combustible	Si	Si	Si	Toma clandestina
	18/04/2018	Ducto	Gas Natural	No	No	No	Ruptura
	31/03/2021	Ducto	Gas Natural	No	No	No	Ruptura
	20/09/2022	Ducto	Gas Natural	No	No	No	Ruptura
	28/11/2022	Ducto	Gas Natural	No	No	No	Ruptura
	3/10/2024	Ducto	Gas Natural	Si	No	Si	Ruptura
	14/10/2024	Ducto	Gas Natural	No	Si	No	Ruptura
Incendios forestales	16/04/2020	Cerro de Arandas y Copalillo	74 hectáreas	No	No	Si	Descuido
	2/06/2022	Pastizal	No especificado	No	No	Si	Quema de basura
	14/04/2024	Cerro de Arandas	No especificado	No	No	Si	No especificado
	24/10/2024	Pastizal	No especificado	No	No	Si	Intencional

Fuente: Consulta de notas periodísticas de enero de 2014 a octubre de 2024.

De acuerdo a la búsqueda hemerográfica, de los 46 eventos encontrados, se tiene lo siguiente:

- Para el componente de "Almacenamiento de sustancias peligrosas", el **gas LP** es el compuesto químico que más se mencionó en eventos relacionados con fugas y explosiones en casas-habitación, negocios y una tienda departamental.
- Un compuesto relevante en este componente es el **amoníaco,** el cual fue responsable de una muerte, intoxicaciones y evacuaciones en una empresa empacadora de vegetales, una de fabricación de hielo y una congeladora.
- El caso de los **polvorines** es de gran importancia. En los últimos 10 años, se han registrado 2 eventos de explosión, siendo el último de ellos de tal magnitud que pudo percibirse en todo el municipio de Irapuato e incluso, hasta en el municipio de Salamanca.
- Llama la atención que en el caso del "Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas" no se tengan eventos registrados en los últimos 10 años.
- Las **tomas clandestinas** han sido eventos relevantes en el municipio de Irapuato, ocasionando el derrame de combustible, provocando daños materiales, a la población y al medio ambiente. Destaca la nota del Periódico Milenio (8 de agosto de 2022), en donde se menciona que cada 12 horas con 35 minutos se detecta una nueva toma clandestina en el estado de Guanajuato. En este reporte se indica que al menos en los primeros 3 meses del año, se registraron en Irapuato 47 tomas clandestinas.
- Por otro lado, se identifican rupturas constantes de los **ductos de gas natural** debido a perforaciones, reparaciones e instalación de drenaje, las cuales han provocado el desalojo de la población aledaña, las movilizaciones de estudiantes en escuelas y hasta el incendio del ducto localizado muy cerca de una gasolinera (3 de octubre de 2024).
- Los eventos de **incendios forestales** son considerables. Al menos en la nota registrada el 2 de abril de 2016 se menciona que al menos en los meses de enero y febrero se registraron 54 eventos. Por otro lado, en la nota del 2 de marzo de 2018 se menciona que se tuvieron 30 incendios por día (considerando incendios en pastizales, terrenos baldíos y casas-habitación).
- Un evento de gran magnitud fue el incendio registrado en el cerro de Arandas y el Copalillo el 16 de abril de 2020, en donde se consumieron 74 hectáreas, causando daños a la flora y a la fauna del lugar.
- Se destaca en una nota del Sol de León (18 de agosto de 2023) que Guanajuato se ha convertido en uno de los estados que más le han apostado al tema de la prevención de incendios forestales en el país. A pesar del número de registros en el año, estos se lograron controlar en poco tiempo.

VI. TALLER CON DEPENDENCIAS

El día jueves 14 de noviembre de 2024 se desarrolló el Taller con dependencias para la actualización del Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato (ver Figura 7).

Figura 7: Desarrollo del taller participativo con dependencias.
Fuente: elaboración propia

En la mesa participativa se contó con la participación de las siguientes instituciones (ver Tabla 5 y Figura 8). Nota: Las letras asignadas se utilizarán más adelante para designar a cada una de las instituciones participantes.

Tabla 5: Asistentes en la mesa participativa del FQT.

Nombre	Dependencia	Letra asignada
Edwin Cuapio Lima	USAE Irapuato	A
M.I. Francisco Gerardo Guerrero	Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes	B
Lic. Juan Gabriel Ortega Beltrán	Dirección General de Movilidad y Transporte	C
Lorena González Martínez	Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA)	D
Carlos Eduardo Cu Núñez / Luis Fernando Padrón Martínez	Protección Civil de Irapuato	E

Fuente: elaboración propia.

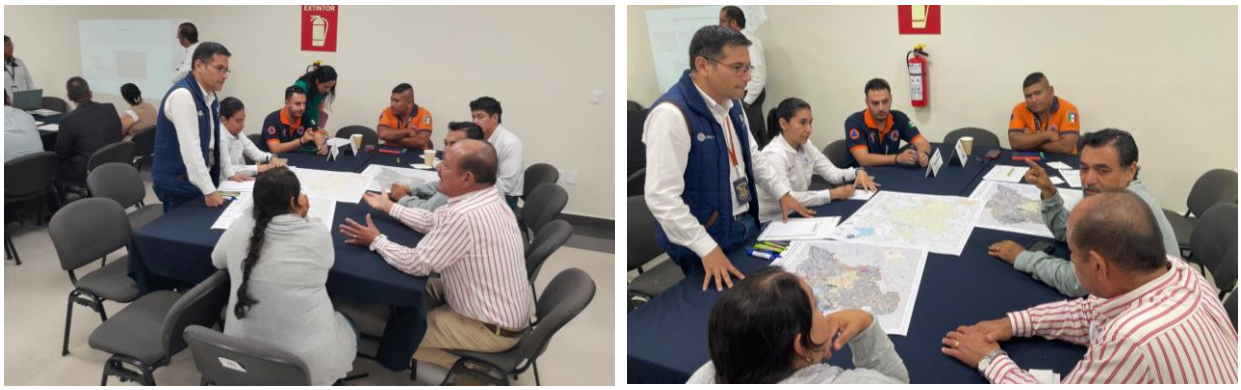


Figura 8: Participantes en la mesa de trabajo del FQT.
Fuente: elaboración propia

Como primera actividad, se les solicitó a los participantes que, de acuerdo a su experiencia, ordenaran por importancia a cada uno de los componentes del fenómeno Químico-Tecnológico que más impactan al municipio de Irapuato (siendo el 1 el de mayor importancia y el 4 el de menor importancia). Las respuestas aparecen en la Tabla 6.

Tabla 6: Jerarquización de los componentes del fenómeno por parte de los participantes

Componente	A	B	C	D	E
Almacenamiento de sustancias peligrosas	2	2	2	1	1
Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	3	3	1	2	2
Transporte por ductos de sustancias peligrosas	1	1	1	4	4
Incendios forestales	4	4	3	3	3

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla anterior, hay diferencia de opinión entre los participantes. Al menos 3 de 5 personas consideran al **Transporte por ductos de sustancias peligrosas** como el componente más importante, seguido del **Almacenamiento de sustancias peligrosas**. Por otra parte, los **Incendios Forestales** son el componente menos importante en el municipio. Por otro lado, se realizaron preguntas para conocer la opinión acerca de los componentes del fenómeno químico-tecnológico, las cuales se muestran a continuación:

1. **¿Considera que los eventos derivados del almacenamiento de sustancias peligrosas (fuga, derrame, incendio, explosión) han aumentado en los últimos 10 años y han afectado considerablemente a la población, sus bienes y la infraestructura? ¿por qué?**
   A. Sí, anteriormente no existía una empresa que ofertara el gas natural y no ocurrían accidentes relacionados con fugas de gas. En los últimos diez años se implementó una empresa de gas natural, la cual instaló ductos y esos mismos han sufrido fugas. Digamos que no es muy frecuente, pero a diferencia de que antes no existía la problemática, se puede decir que ahora es muy común.

B. No, no tengo conocimiento de incidentes significativos.
C. Polvorín de Peñuelas: ya existen muchas viviendas. Tren, mucho tiempo de espera en la mancha urbana. Gas, se han presentado explosiones por mantenimiento.
D. Si han aumentado, desconozco el grado de afectación.
E. Sí, ya que ha habido un gran crecimiento industrial, así como el crecimiento urbano, el cual causa que algunas empresas de alto riesgo queden dentro de la marcha urbana.

Conclusión 1: 80% de los participantes considera que han aumentado los eventos de almacenamiento de sustancias peligrosas en los últimos 10 años.

2. ¿Considera que los eventos derivados del autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas (fuga, derrame, incendio, explosión) han aumentado en los últimos 10 años y han afectado considerablemente a la población, sus bienes y la infraestructura? ¿por qué?

A. Desde siempre ha existido el transporte ferroviario, pero desde mi poca experiencia no recuerdo accidentes que tengan que ver con el autotransporte y el transporte ferroviario de sustancias peligrosas.
B. Sí, recuerdo la explosión de una pipa de gas en la autopista.
C. Ferroviarios desconozco, pero en autotransporte sí han aumentado. Afectaciones: solo conozco las afectaciones a infraestructuras que sí se han provocado.
D. Sí, ya que, conforme al crecimiento de la demanda de ciertos productos, es más constante el transporte de materias primas dentro del municipio.

Conclusión 2: 80% de los participantes considera que han aumentado los eventos de autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas en los últimos 10 años.

3. ¿Considera que los eventos derivados del transporte por ductos de sustancias peligrosas (fuga, derrame, incendio, explosión) han aumentado en los últimos 10 años y han afectado considerablemente a la población, sus bienes y la infraestructura? ¿por qué?

A. Sí, desde que existe el problema de huachicol/robo de combustible, han aumentado los eventos.
B. No, por las rutas del municipio.
C. Sí, por mantenimiento de drenaje, los planos de tuberías no son muy exactos o no se cierran los ductos cuando se interviene.
D. Se desconoce (yo). Pero en lo que respecta a ductos, principalmente de hidrocarburos, ASEA podría tener la información total.
E. No, debido a la disminución del robo de hidrocarburos, es menos frecuente la presencia de fuga por ductos. Sin embargo, la presencia de distribución de gas natural dentro de la mancha urbana sí ha aumentado el número de reportes por fugas de gas.

Conclusión 3: 60% de los participantes considera que han aumentado los eventos de transporte por ductos de sustancias peligrosas en los últimos 10 años.

4. ¿Considera que los eventos derivados a incendios forestales han aumentado en los últimos 10 años y han afectado considerablemente a la población, sus bienes y la infraestructura?, ¿por qué?

A. No, desde mi experiencia no he presenciado un incendio forestal.
B. No aplicamos.
C. No conozco el tema.
D. Si afecta a la población en la calidad del aire, sus bienes principalmente en cultivos que alcanzan los incendios forestales y viceversa, así como la afectación al deterioro de suelos forestales y desplazamiento de fauna silvestre, la cual llega a las áreas urbanas.
E. No

Conclusión 4: 80% de los participantes considera que NO han aumentado los eventos de incendios forestales en los últimos 10 años.

5. ¿Considera que la sociedad está consciente de los riesgos que puede generar este fenómeno en el municipio?, ¿por qué?

A. Sí, Protección Civil otorga capacitaciones constantes a centros de trabajo, escuelas, empresas, etc.
B. No, porque no toman medidas, por ejemplo, el consumo o la quema de pirotecnia.
C. No, tal vez por desconocimiento.
D. Solo un grupo pequeño. Quizá porque la mayoría de la población se concentra en las manchas urbanas y no ve una afectación directa a su patrimonio.
E. Sí, porque cada vez aumentan más los incidentes relacionados con sustancias químicas dentro del municipio.

Conclusión 4: 60% de los participantes considera que la sociedad está consciente de los riesgos que puede generar el fenómeno químico-tecnológico en el municipio.

6. De acuerdo con su experiencia en la dependencia, ¿qué medidas de prevención deberían tomarse para mitigar los impactos del fenómeno Químico-Tecnológico?

A. Monitoreo de los conductos de transporte de combustibles.
B. Limitar horarios de movimiento de productos peligrosos.
C. Campañas informativas para saber qué hacer en los casos determinados.
D. Recorridos de vigilancia para la detección de materiales combustibles, así como para las deforestaciones que degradan los suelos y crean más factibilidad a incendios. Un programa de inspección a industrias permanente. Solo que la falta de personal y presupuesto en varias dependencias que realizan estas inspecciones es una barrera.
E. Zonificaciones previas a desarrollos industriales o urbanos. Análisis de riesgos de impacto/vulnerabilidad. Concientización. Procesos de control adecuados.

Conclusión 6: 100% de los participantes aportaron medidas de prevención para mitigar los impactos del fenómeno Químico-Tecnológico.

7. De acuerdo con su experiencia, ¿qué tanto se ha avanzado respecto a la comunicación entre dependencias y los programas de atención a emergencias en estos últimos 10 años?

A. Se ha tenido un avance considerable, pues, como se ha dicho, Protección Civil del municipio sí otorga capacitaciones constantes a los centros de trabajo.
B. Considerablemente, ya que hay respuesta, presencia y colaboración en corto tiempo.
C. Si existe mayor comunicación. Para autorizar permisos se deben tener los dictámenes y aprobación de las dependencias.
D. El avance es mínimo, por lo menos en lo que respecta a la parte industrial.
E. Hay avance, pero se puede mejorar.

Conclusión 7: 100% de los participantes considera que se ha avanzado respecto a la comunicación entre dependencias y los programas de atención a emergencias en los últimos 10 años.

8. ¿Considera que se debe hacer alguna actualización a la normatividad municipal vigente para gestionar los impactos del fenómeno Químico-Tecnológico en el municipio de Irapuato?

A. Considero que sí, pues son impactos en constante cambio por diversas situaciones.
B. Sí, la movilidad de las pipas para recarga de gas estacionario, en equipos seguros y en buen estado.
C. Sí, los usos de suelo en el sentido de zonificación.
D. Desconozco la normatividad municipal en materia de Irapuato.
E. Si

Conclusión 8: 80% de los participantes considera que se debe hacer una actualización a la normatividad municipal para gestionar impactos del fenómeno Químico-Tecnológico en el municipio de Irapuato.

9. Como dependencia, ¿cuál es/son los desafíos a los que se enfrentan para reducir los impactos del fenómeno Químico-Tecnológico?

A. Poder reubicar escuelas por donde pasan conductos de PEMEX, ya sea por dentro del centro de trabajo o por calles que colinden. Incluso si la escuela estuviera cerca de algún conducto de PEMEX.
B. Que se observe y respete la normatividad en cuanto a las cargas y velocidades autorizadas.
C. Verificación de estudios de impacto vial para apertura de gasolineras, gaseras o similares.
D. Falta de personal y presupuesto.
E. La falta de regularización y planeación.

Conclusión 9: 100% de los participantes aportaron desafíos a los que se enfrentan para reducir los impactos del fenómeno Químico-Tecnológico.

10. En sus planes de acción y gestión del riesgo, ¿usted tiene interacción con alguna otra dependencia del municipio para atender los eventos relacionados al fenómeno Químico-Tecnológico?

a) Protección Civil – Levantamiento de reporte. Visita a las escuelas con alguna afectación estructural o evento relacionado al fenómeno Químico-Tecnológico. Bomberos – apoyo ante algún evento Químico-Tecnológico en las escuelas o cerca de ellas.
b) Policía – Apoyo ante algún evento Químico-Tecnológico en las escuelas o cerca de ellas.
c) Tránsito y Movilidad – Para casos de canalización del tráfico por desvíos a causa de obras.
d) Tránsito – En caso de tener que hacer una ruta.
e) Desarrollo urbano – Dictamen de impacto vial.
f) CONAFOR – es federal, pero se ubica en Irapuato. Para el tema de inspección de suelos forestales y establecer las poligonales para los cambios de uso de suelo forestal.
g) FGR – Es federal, pero hay una región en Irapuato. Para el tema de derrames y análisis de sustancias y la toma de muestras para determinar si constituye delito o no.
h) Sustentabilidad – Relación y cantidad de sustancia.
i) Desarrollo urbano – Zonificaciones. Validaciones de proyecto.

Conclusión 10: 100% de los participantes tienen interacción con alguna otra dependencia del municipio para atender los eventos relacionados al fenómeno Químico-Tecnológico.

VII. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

VII.1 Peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas

Para la identificación de peligros de instalaciones industriales o de servicios que manejan y/o almacenan sustancias químicas peligrosas, se llevó a cabo la búsqueda de unidades económicas (UE) en el municipio, usando como herramienta de apoyo el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE, 2024). Esta base de datos aporta la información detallada de cada unidad económica (nombre de la unidad económica, razón social, dirección, ubicación geográfica).

En el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, en el año 2013 se cuantificó un total de 1,326 UE, de las cuales el 10% correspondía a empresas de alto riesgo. En esta actualización, el municipio de Irapuato tiene registradas 25,249 UE. Sin embargo, se llevó a cabo un escrutinio de aquellas que manejan y almacenan sustancias químicas peligrosas obteniendo un total de **4,891 UE**, las cuales se muestran en la Tabla 7. Cabe mencionar que para esta actualización se adicionaron las ramas de Hospitales, Hoteles y moteles y el Manejo de residuos peligrosos.

Tabla 7: UE que manejan sustancias peligrosas en Irapuato.

Fase	Rama	UE Micro	UE Pequeñas	UE Medianas	UE Grandes	UE Totales
Primera	PEMEX	0	0	0	1	1
	Gas LP	0	4	1	1	6
	Refrigeración y fabricación de hielo	0	6	8	8	22
	Tratamiento de agua	6	5	0	1	12
	Subtotal	*6*	*15*	*9*	*11*	*41*
Segunda	Gasolina	17	55	0	0	73
	Gas LP	21	7	0	0	28
	Industria manufacturera	496	41	30	19	586
	Hospitales	14	7	2	12	35
	Hoteles y moteles	44	18	2	2	66

Fase	Rama	UE Micro	UE Pequeñas	UE Medianas	UE Grandes	UE Totales
	Manejo de residuos peligrosos	6	3	1	1	11
	Purificación de agua	42	2	0	2	46
	Laboratorios	74	14	0	3	91
	Servicios de control	10	3	0	0	13
	Comercio al por mayor	101	16	2	1	120
	Comercio al por menor	866	19	1	0	886
	Elaboración de productos varios	55	2	1	5	63
	Preparación y venta de alimentos	2,193	83	6	0	2,282
	Tortillerías	334	0	0	0	334
	Panificadoras	201	5	0	1	207
	Polvorines	9	0	0	0	9
	Subtotal	*4,483*	*275*	*45*	*46*	*4,850*
	TOTAL	**4,489**	**290**	**54**	**57**	**4,891**

Fuente: elaboración propia

Las UE de la tabla anterior se dividieron en 2 fases:

- **Primera fase:** se incluyen las que manejan sustancias químicas citadas en cualquiera de los 2 listados de actividades altamente riesgosas y que, además, rebasan o podrían rebasar la cantidad de reporte. Son de gran interés, por su clasificación como empresas de riesgo y ser de competencia federal. De acuerdo con los datos, se tiene un total de **41 UE (6 micro, 15 pequeñas, 9 medianas y 11 grandes).**
- **Segunda fase:** se incluyen las que manejan sustancias químicas citadas en cualquiera de los 2 listados de actividades altamente riesgosas, pero no alcanzan ni rebasan la cantidad establecida de reporte. Las de segunda fase se analizaron por ser de interés municipal. De acuerdo con los datos, se tiene un total de 4,850 UE (4,483 **micro, 275 pequeñas, 45 medianas y 46 grandes)**.

La información detallada de las 4,891 UE que manejan y almacenan sustancias químicas peligrosas se encuentra en el Anexo 3B del presente documento electrónico.

VII.1.1 Primera fase: industrias de riesgo

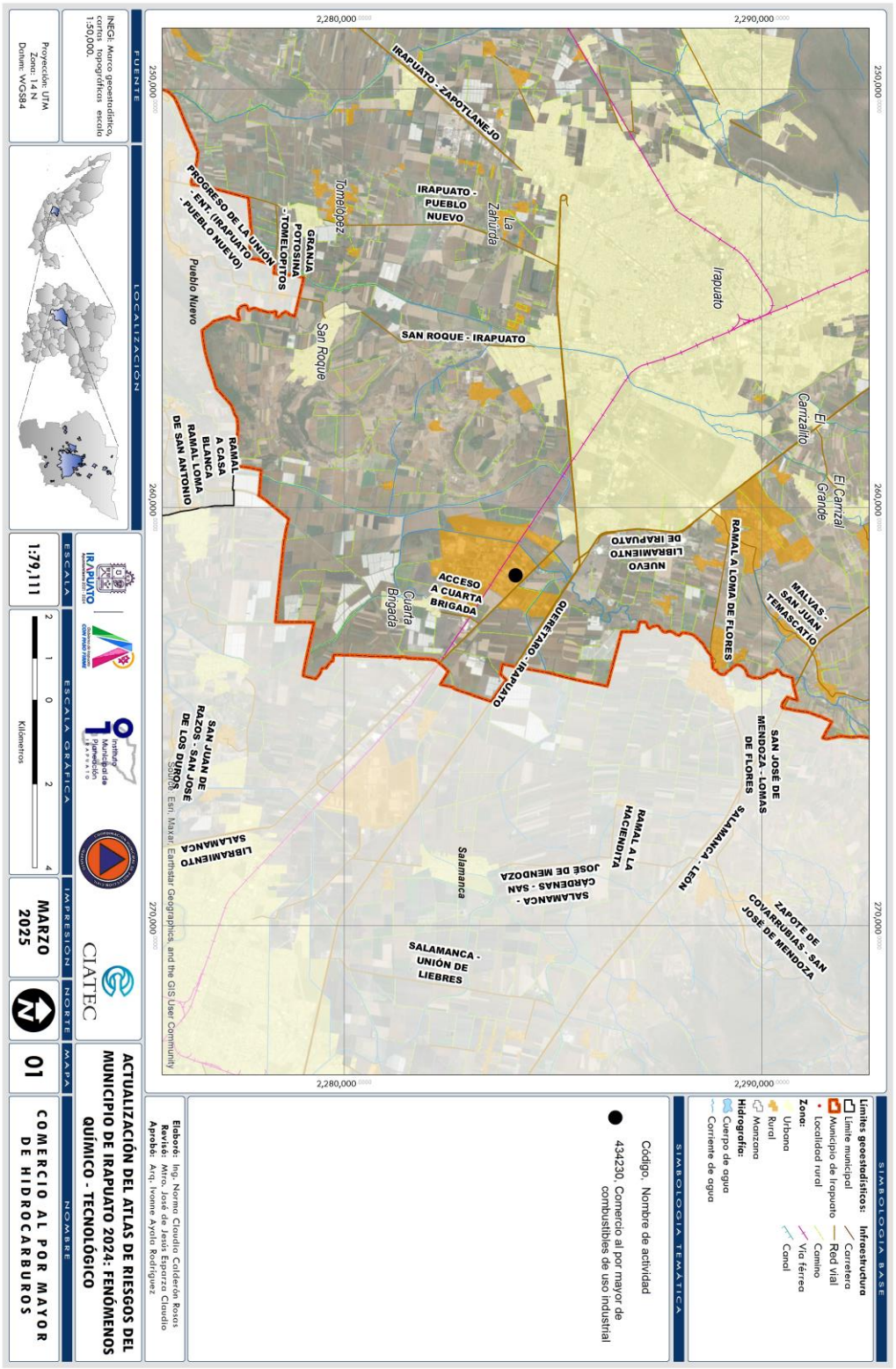
VII.1.1.1 TAD Irapuato

La TAD de Irapuato ha abastecido la demanda regional por 30 años. Cuenta con una capacidad nominal de almacenamiento de 435 mil barriles, que permite comercializar más de 69 millones de litros de diferentes combustibles como Gasolina Regular, Premium, Diesel, Turbosina y Combustóleo Pesado (COPE).

Esta terminal atiende a 145 estaciones de servicio locales y 34 foráneas ubicadas en los municipios de Salamanca, Silao, Pénjamo, Abasolo, Valle de Santiago, Yuriria, Pueblo Nuevo, Huanímaro, Cuerámaro en los estados de Guanajuato, Michoacán y Jalisco.

La TAD Irapuato se encuentra localizada en la Avenida Canal del Sur S/N, dentro del Parque Industrial "Ciudad Industrial" (ver Figura 9 y Mapa 1). La superficie total es de 640,000 m^2 y la superficie construida de 360,000 m^2, las áreas verdes abarcan 4,000 m^2 y la zona de amortiguamiento cubre una superficie de 276,000 m^2. Su capacidad nominal de almacenamiento está distribuida en 10 tanques cilíndricos verticales, construidos con placas de acero soldadas (ver Tabla 8).

Figura 9: Ubicación, fachada y acceso principal de TAD Irapuato.
Fuente: elaboración propia.



Mapa 1: Ubicación geográfica de la TAD Irapuato.

Tabla 8: Tanques de almacenamiento de producto petrolífero en TAD Irapuato.

Tanque	Producto	Capacidad (BLS)	Tipo de techo
TV-1	P. Magna	55,000	Flotante
TV-2	P. Magna	30,000	Flotante
TV-3	P. Premium	20,000	Flotante
TV-4	P. Premium	20,000	Flotante
TV-5	P. Diésel	55,000	Fijo con MIF
TV-6	P. Diésel	30,000	Fijo con MIF
TV-9	Combustóleo	80,000	Fijo
TV-10	Combustóleo	80,000	Fijo
TV-11	Turbosina	30,000	Fijo con MIF
TV-12	Turbosina	30,000	Fijo con MIF

MIF: Membrana Interna Flotante

Fuente: Información tomada de (CIATEC, 2008)

VII.1.1.2 *Gas LP*

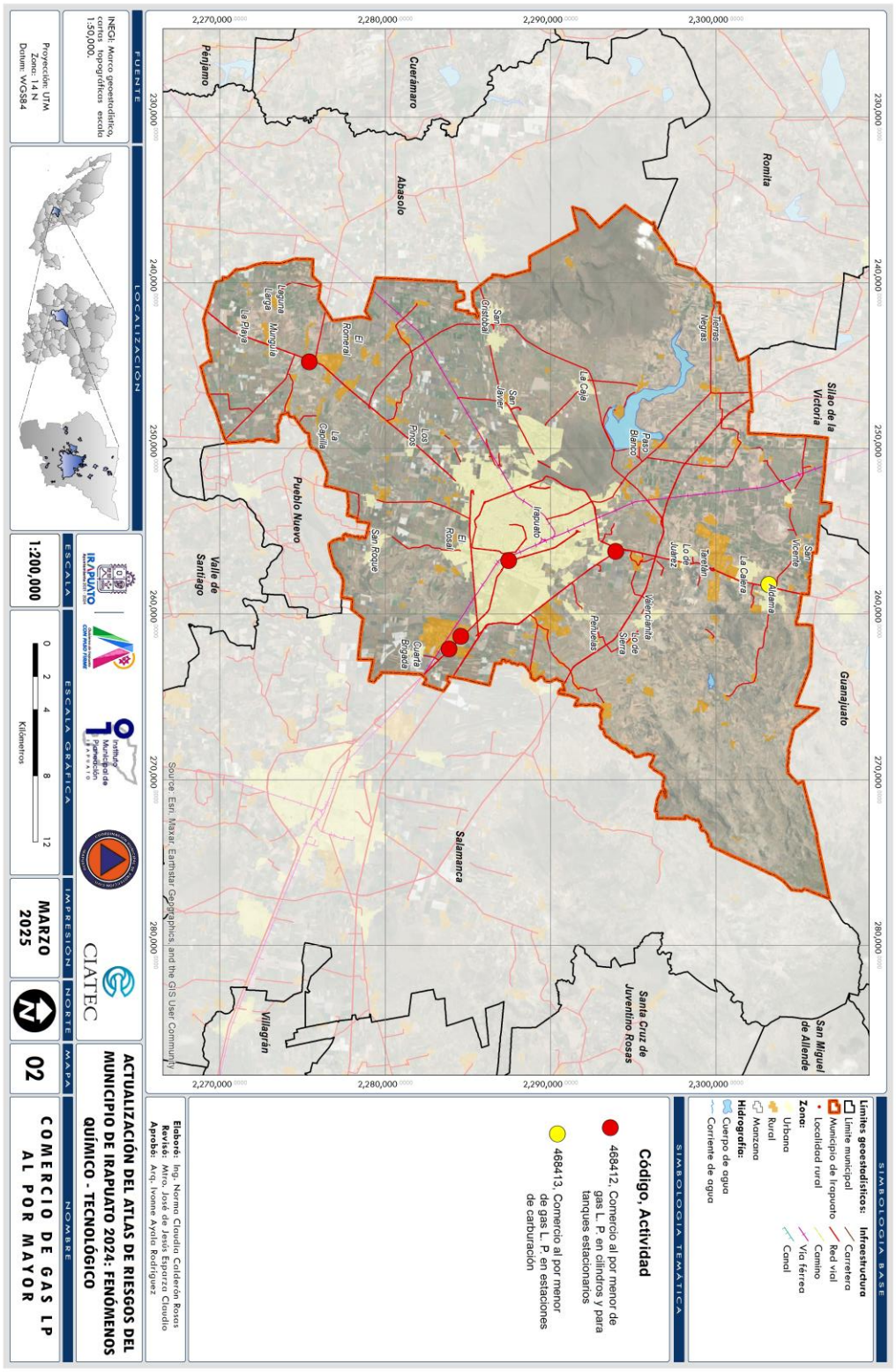
Dentro de la rama de la comercialización del gas LP, el municipio cuenta con seis instalaciones con capacidad de almacenamiento mayor a 185,000 litros, las cuales se describen a continuación (ver Tabla 9 y Mapa 2).

Tabla 9: Tanques de almacenamiento de producto petrolífero en TAD Irapuato.

No.	Nombre comercial	Descripción	Instalaciones
1	DIESGAS	Ubicada sobre la carretera Irapuato-Silao, en el ejido Jaripitio, la cual tiene 2 tanques de almacenamiento de 250,000 litros, un tanque de 110,000 y dos tanques de aproximadamente 42,000, lo que equivale a un total de 694,000 litros.	
2	Ultra Gas	Ubicado en la Ex-Hacienda El Copal; tiene un tanque de almacenamiento de 170,000 litros y otro de 42,000, lo que equivale a un total de 212,000 litros.	

No.	Nombre comercial	Descripción	Instalaciones
3	Gas Noel	Ubicado dentro de Ciudad Industrial. Tiene un tanque de almacenamiento de 250,000 litros y otro de 191,000, lo que equivale a un total de 441,000 litros.	
4	Gas Express Nieto	También dentro de Ciudad Industrial; cuenta con tres tanques de almacenamiento de 150,000 litros, lo que equivale a un total de 450,000 litros.	
5	Rana Gas	Ubicado sobre la carretera Irapuato-Abasolo en la localidad de Vista Hermosa, posee un solo tanque de almacenamiento de 250,000 litros.	
6	Gas Butano Irapuato	Ubicado en la Ex-Hacienda Las Ánimas, tiene dos tanques de almacenamiento de 200,000 litros.	

Fuente: elaboración propia



Mapa 2: Ubicación de estaciones de almacenamiento y distribución de gas LP.

VII.1.1.3 Refrigeración y fabricación de hielo

Las actividades de refrigeración y fabricación de hielo pueden ser consideradas de riesgo debido a las sustancias que se usan como refrigerantes. Uno de los compuestos usados en sectores industriales y comerciales es el amoníaco. Este es un gas incoloro comúnmente usado en plantas de refrigeración como amoníaco anhidro (99 % de pureza) ya que tiene la capacidad de alcanzar una refrigeración a temperaturas de hasta -70 °C. Este es categorizado como un corrosivo que puede causar quemaduras en la piel y lesiones oculares; adicionalmente, es considerado tóxico en caso de inhalación y peligroso para ambientes acuáticos (Chemos GmbH & Co, 2024).

El manejo de sustancias peligrosas, incluyendo el amoníaco, debe cumplir con lo estipulado en la NOM-018-STPS-2015 que establece los requisitos de seguridad para manejo, almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas. Este compuesto se encuentra dentro del primer listado de actividades altamente riesgosas (ver Tabla 10).

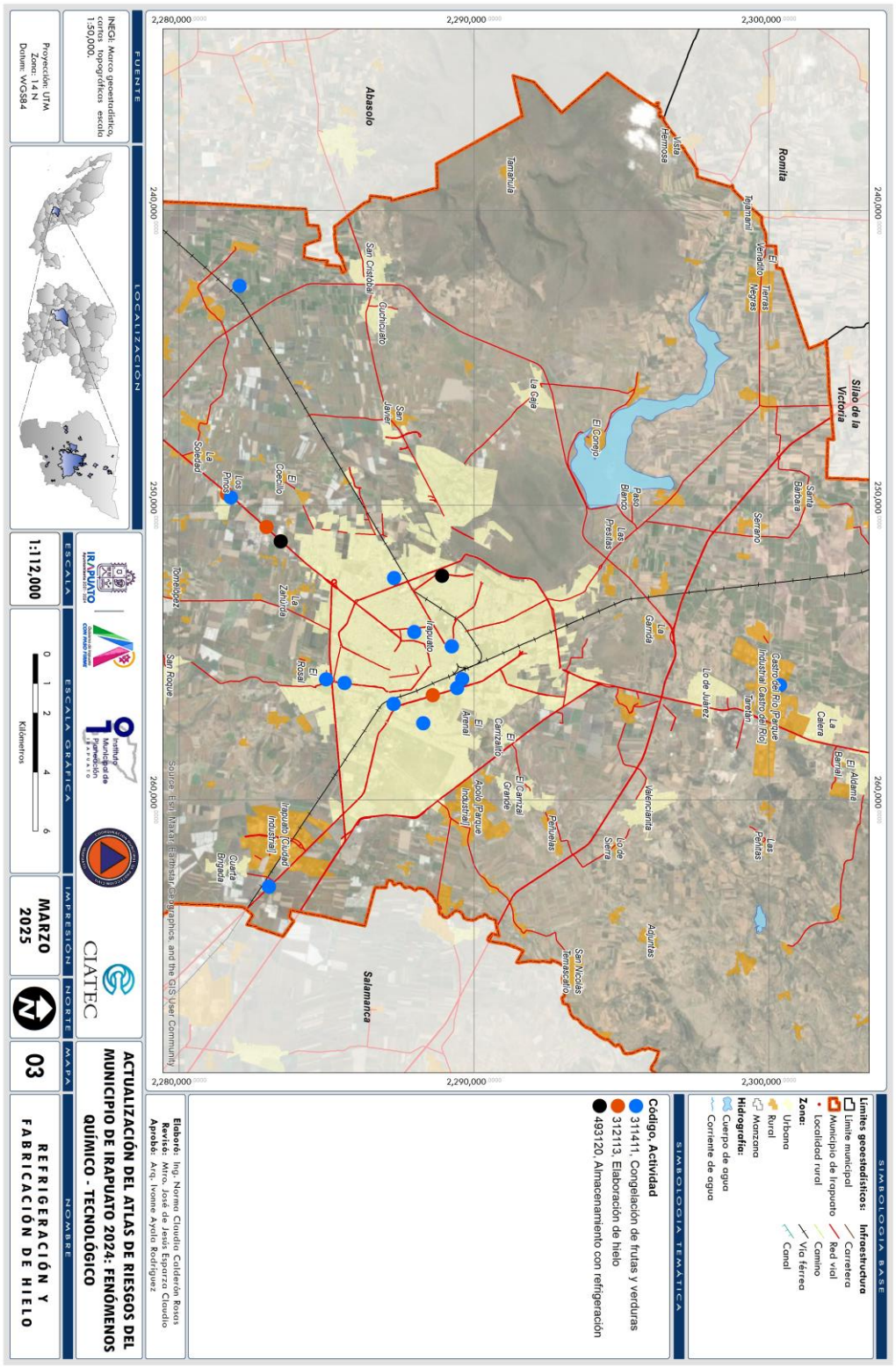
En el municipio de Irapuato existe un total de 22 centros de fabricación y almacenamiento de hielo, considerando empresas pequeñas, medianas y grandes. La colonia Esfuerzo Obrero cuenta con 4 UE dedicadas a esta actividad, mientras que las colonias Santa Elena y Guadalupe cuentan con al menos 2 unidades económicas.

Tabla 10: Sustancias consideradas de alto riesgo en la refrigeración y fabricación de hielo.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Amoniaco anhidro	7664-41-7	10 kg	Corrosivo/Tóxico

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

En el Mapa 3 se presenta la ubicación de los centros de fabricación y almacenamiento de hielo en el municipio de Irapuato, Gto.



Mapa 3: Ubicación de unidades dedicadas a la refrigeración y fabricación de hielo.

VII.1.1.4 Tratamiento de agua

El cloro es comúnmente usado para los procesos de desinfección de agua. En su estado gaseoso, es amarillento y puede causar irritación en tejidos mucosos y puede ser letal después de unos minutos de exposición directa. Aplicar el gas cloro directamente al agua genera iones hipoclorito y ácido hipocloroso que corroen la materia orgánica y los microorganismos, haciéndolos efectivos como desinfectantes.

El ozono, por su parte, es un oxidante y agente germicida muy fuerte, lo cual se debe a que su descomposición en agua genera radicales libres como peróxido de hidrógeno o hidróxido (OMS, 2009). Sus mecanismos como desinfectante son variados dado que tiene la capacidad de oxidar paredes celulares o dañar componentes de ácidos nucleicos. No obstante, este puede irritar los ojos y el tracto respiratorio y una exposición prolongada a este puede generar daño a los pulmones (EPA, 1999) (ver Tabla 11).

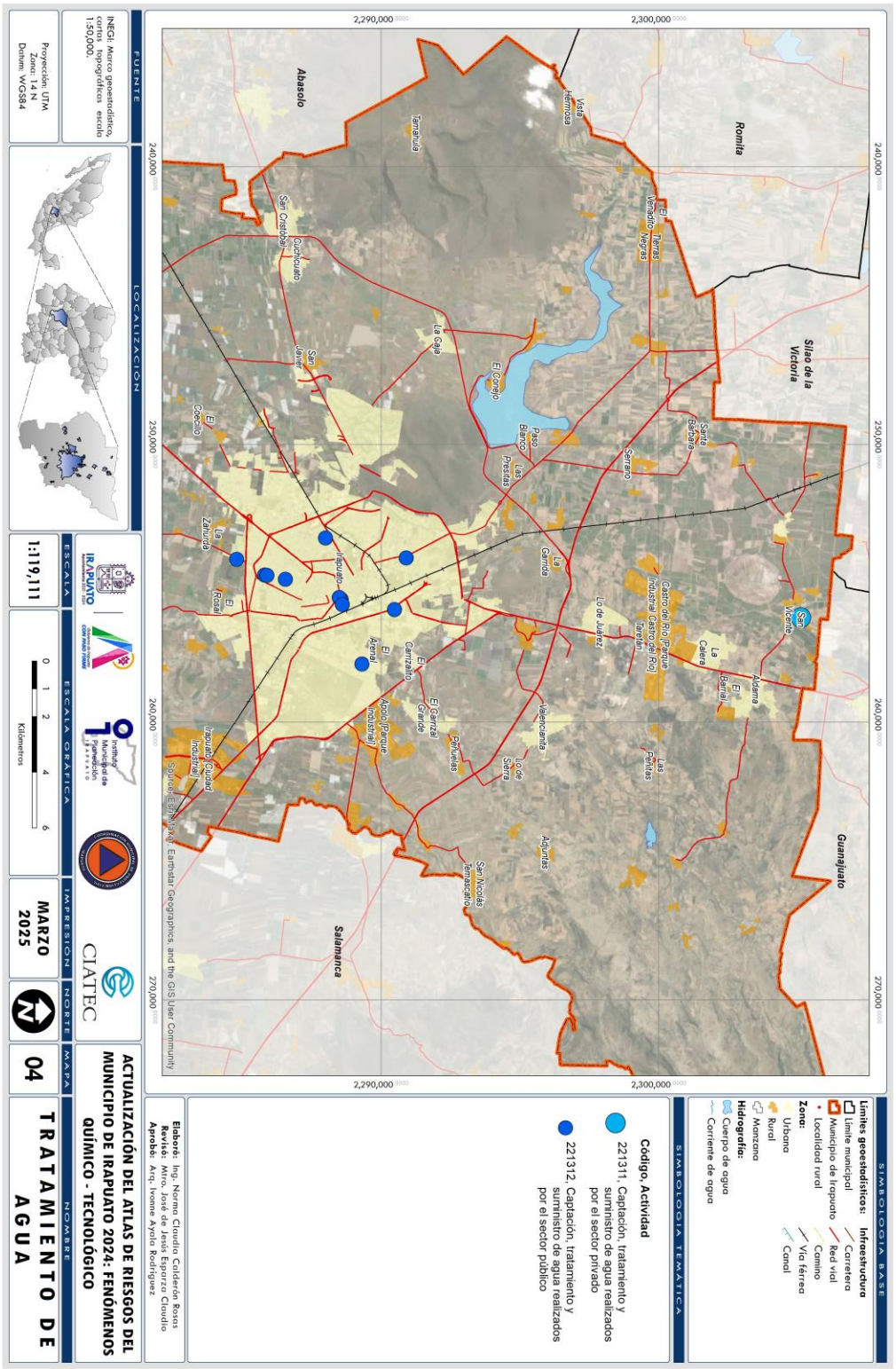
Tabla 11: Sustancias consideradas de alto riesgo en el tratamiento de agua.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gas cloro	7782-50-5	1 kg	Tóxico
Ozono	10028-15-6	1 kg	Tóxico

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

El municipio de Irapuato cuenta con un total de 12 plantas de captación, tratamiento y suministro de agua, ubicadas en las colonias CFE, Independencia, Guerrero, Las Plazas, Los Reyes, Nuevo México, San Vicente, Tenerías de Irapuato, Unidad Deportiva Sur, Valencianita y Villas de San Cayetano.

En el Mapa 4 se presenta la ubicación de plantas de captación, tratamiento y suministro de agua ubicadas en el municipio de Irapuato, Gto.



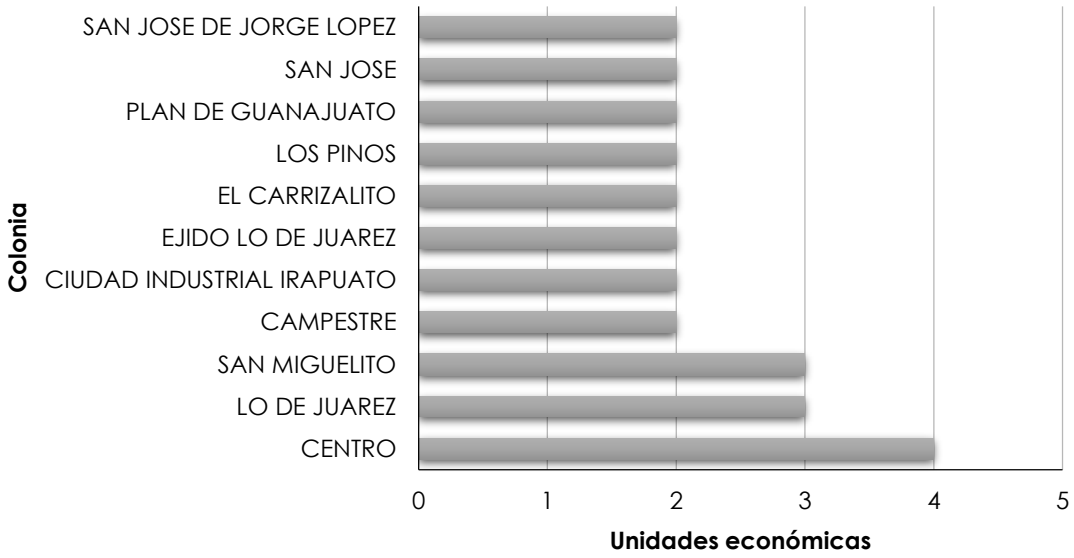
Mapa 4: Ubicación de plantas de captación, tratamiento y suministro de agua.

VII.1.2 Segunda fase: industrias de riesgo municipal

VII.1.2.1 Comercio al por menor de gasolina y diésel

La gasolina es una mezcla conformada principalmente por hidrocarburos líquidos que se obtienen de una destilación de petróleo. Este es el combustible más importante en la actualidad, dado que es utilizado en motores de combustión interna. No obstante, es una sustancia inflamable y una exposición prolongada puede ocasionar variados síntomas de intoxicación. Por su parte, el diésel, también conocido como gasoil o gasóleo, es similar a la gasolina en el sentido de que es un hidrocarburo líquido que se obtiene a partir de un destilado de petróleo. Sin embargo, este es utilizado en motores de combustión interna de dos y cuatro tiempos.

El municipio de Irapuato cuenta con un total de 73 gasolineras distribuidas a lo largo del municipio. Existen 11 colonias que tienen por lo menos 2 gasolineras, las cuales se pueden visualizar en la Gráfica 1 y en el Mapa 5.



Gráfica 1: Colonias con al menos 2 gasolineras en el municipio de Irapuato, Gto.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE.

Los tanques de combustible de las gasolineras pueden tener una capacidad de 30,000 a 60,000 litros. Además, las gasolineras tienen varios tanques, por lo regular con más depósitos de gasolina que de diésel (ver Tabla 12).

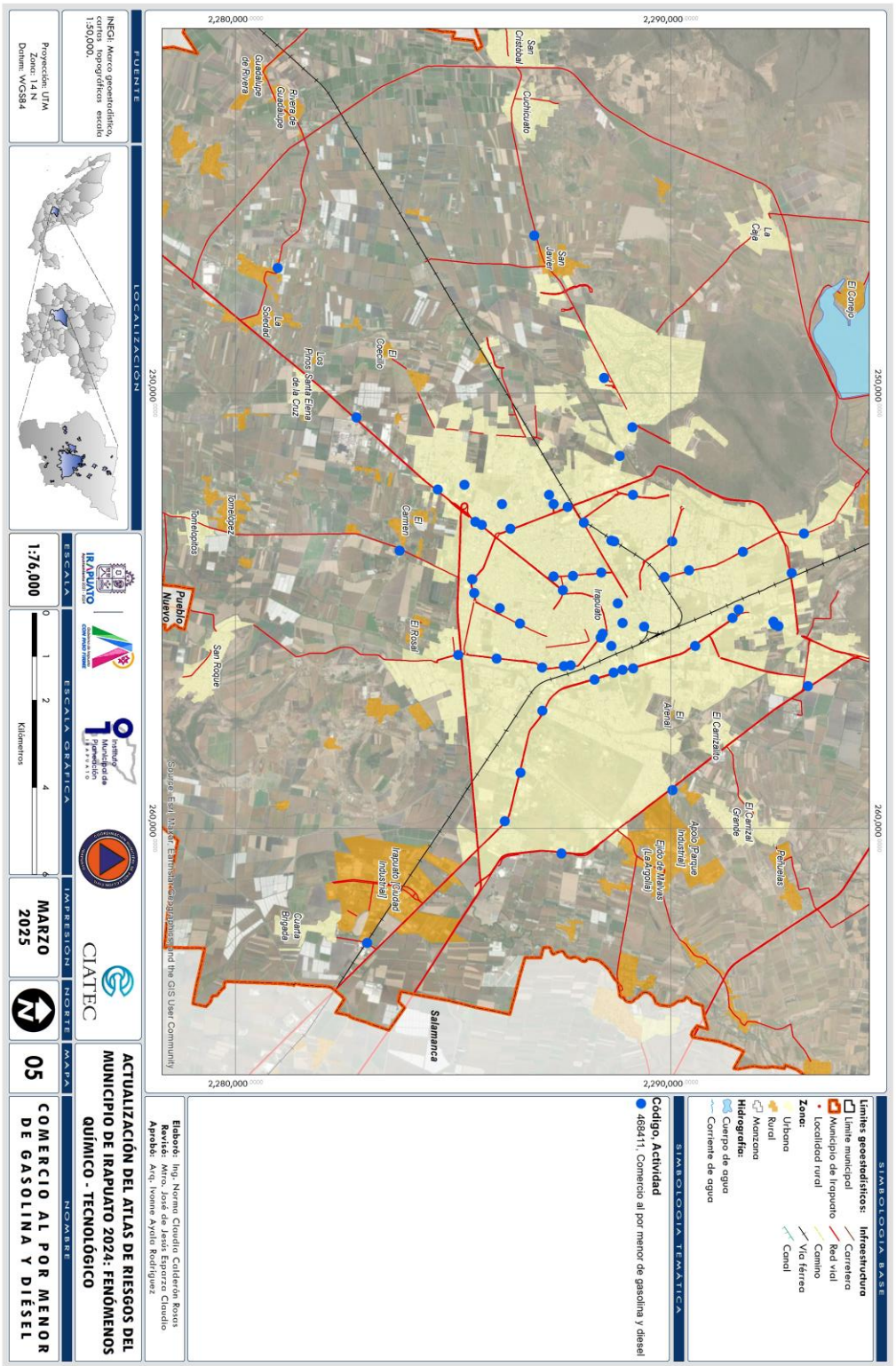
Tabla 12: Sustancias consideradas de alto riesgo en gasolineras

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gasolinas	8006-61-9	10,000 barriles (~1.6 millones de litros)	Inflamable/Tóxico

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

La **NOM-005-ASEA-2016**, que regula el diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones de servicio para diésel y gasolina, y la **NOM-005-SCFI-2011**, instrumentos de medición – Sistema para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos – Especificaciones, métodos de prueba y de verificación, son normativas que deben cumplir este tipo de establecimientos. Dentro de los lineamientos que marca la **NOM-005-ASEA-2015** se establece que en caso de derrames de combustibles se deben realizar las siguientes acciones:

a) Suspender inmediatamente los trabajos de mantenimiento que se estén realizando.
b) Suspender el suministro de energía eléctrica a los equipos que originaron el derrame.
c) Activar el sistema de paro por emergencia de la instalación.
d) Eliminar todas las fuentes de calor o que produzcan ignición (chispas, flama abierta, etc.), que estén cercanas al área del derrame.
e) Evacuar al personal ajeno a la instalación.
f) Corregir el origen del derrame.
g) Lavar el área con abundante agua y recolectar el producto derramado en la trampa de combustibles.
h) Colocar los residuos peligrosos en los lugares de almacenamiento temporal.
i) Una vez realizada la corrección del origen del problema y establecidas las condiciones seguras de operación de la instalación, se podrá continuar con los trabajos de operación y mantenimiento, de acuerdo a los lineamientos del procedimiento de emergencia por fugas y derrames de hidrocarburos.
j) Estas medidas preventivas son enunciativas y no limitativas.



Mapa 5: Ubicación de gasolineras.

VII.1.2.2 Comercio al por menor de gas LP

El gas licuado de petróleo, comúnmente llamado gas LP, se compone principalmente de butano y propano. En México, se ha usado para impulsar vehículos de transporte público desde la década de los 80, dado que es más económico que la gasolina. Este se puede obtener como subproducto de petróleo o a través del gas natural.

Es un gas incoloro, inodoro, razón por la cual debe mezclarse con mercaptano (compuesto azufrado) para ser detectado. Es un gas que tiene una combustión casi completa, por lo cual no deja huella de hollín y los gases producto de la combustión no son tóxicos ni cancerígenos. En caso de fugas, se forman nubes de gas que pueden ser explosivas. También puede provocar asfixia en personas que se encuentran en espacios cerrados (CONUEE, 2016).

El almacenamiento de este producto debe seguir lo especificado en la norma **NOM-017-ASEA-2023**. Dentro de sus lineamientos se especifica que las instalaciones deben estar provistas de un sistema de agua contra incendios, el cual debe formar un circuito alrededor del área del sistema de almacenamiento y de los sistemas de recepción y/o entrega de GLP. Este sistema de agua contra incendios debe incluir como mínimo lo siguiente:

- Una fuente de abastecimiento de agua que satisfaga las necesidades de mayor demanda (cisternas, presas, lagos, lagunas, ríos, tanque de almacenamiento de agua, entre otros).
- Red de agua contra incendios que incluye anillo principal y circuitos de agua contra incendios.
- Bombas de alimentación principal y de relevo, así como bomba compensadora de presión.
- Sistemas fijos de agua: hidrantes monitores, gabinetes con mangueras, tomas para camión-cisterna, entre otros.
- Sistema de enfriamiento (sistema de diluvio y sistema de aspersión).
- Extintores fijos, portátiles y móviles con el agente extintor de acuerdo con el riesgo.

Así también, se menciona que:

- Las estaciones de servicio deben contar con un programa de mantenimiento para conservar en condiciones óptimas de seguridad y operación los elementos constructivos, equipos e instalaciones.

- El mantenimiento debe ser de carácter preventivo y correctivo, a efecto de identificar y corregir situaciones que pudieran generar riesgos e interrupciones repentinas en la operación de equipos e instalaciones, así como para reparar o sustituir equipos o instalaciones que estén dañados o que no funcionan.
- Se debe elaborar un programa mensual de detección de fugas y derrames tomando como base la información del sistema de control de inventarios para detectar situaciones de riesgo en la seguridad operativa y la protección al ambiente.
- El programa de mantenimiento debe elaborarse conforme lo prevean los manuales de mantenimiento de cada equipo, o en su caso, conforme a las indicaciones de los fabricantes, proveedores de materiales y constructores.

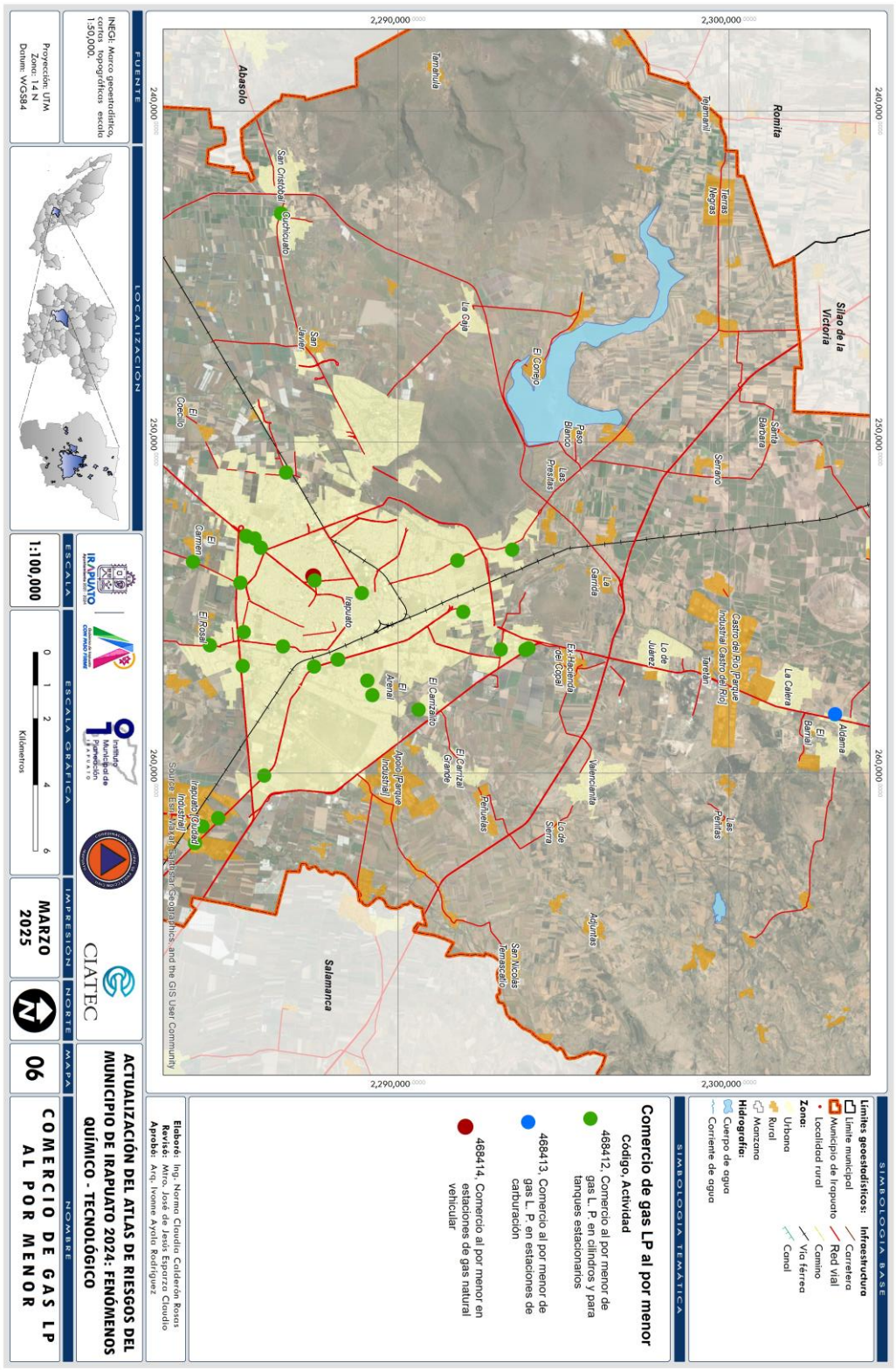
Los tanques de almacenamiento de las estaciones de carburación pueden tener diferentes dimensiones que van de los 2,200 a los 5,000 litros (ver Tabla 13).

Tabla 13: Sustancias consideradas de alto riesgo en el almacenamiento de gas LP.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gas LP	68476-85-7	100,000 kg equivalente a 185,000 litros	Inflamable/Tóxico

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se cuenta con un total de 28 estaciones de carburación. Sobresale la colonia Los Fresnos, la cual cuenta con 3 instalaciones de este tipo. El Mapa 6 muestra la ubicación de las estaciones de carburación presentes en el municipio.



Mapa 6: Ubicación de estaciones de carburación.

VII.1.2.3 Industria manufacturera

El municipio de Irapuato cuenta con una importante industria manufacturera, en la cual están consideradas tanto empresas locales, nacionales y transnacionales ubicadas en la zona urbana y dentro de Parques y Fraccionamientos Industriales. Para este giro se consideraron 42 actividades diferentes, las cuales utilizan sustancias químicas peligrosas durante sus procesos. Estas actividades se enlistan a continuación:

1. Fabricación de aceites y grasas lubricantes
2. Fabricación de adhesivos
3. Fabricación de desbastes primarios y ferroaleaciones
4. Fabricación de equipo de aire acondicionado y calefacción
5. Fabricación de equipo y aparatos de distribución de energía eléctrica
6. Fabricación de espumas y productos de poliestireno
7. Fabricación de espumas y productos de uretano
8. Fabricación de fertilizantes
9. Fabricación de hules sintéticos
10. Fabricación de jabones, limpiadores y dentífricos
11. Fabricación de ladrillos no refractarios
12. Fabricación de motores y generadores eléctricos
13. Fabricación de otra maquinaria y equipo para la industria en general
14. Fabricación de otras partes para vehículos automotrices
15. Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos
16. Fabricación de otros productos de hierro y acero
17. Fabricación de otros productos de hule
18. Fabricación de otros productos de madera
19. Fabricación de otros productos de vidrio
20. Fabricación de otros productos metálicos
21. Fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos
22. Fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos
23. Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices
24. Fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotrices
25. Fabricación de partes de sistemas de transmisión para vehículos automotores
26. Fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes
27. Fabricación de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices
28. Fabricación de pinturas y recubrimientos
29. Fabricación de preparaciones farmacéuticas
30. Fabricación de productos de asfalto
31. Fabricación de productos de herrería

32. Fabricación de productos de madera para la construcción
33. Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados
34. Fabricación de resinas de plásticos reciclados
35. Fabricación de resinas sintéticas
36. Fabricación de velas y veladoras
37. Fabricación de vidrio
38. Industria básica del aluminio
39. Maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general
40. Moldeo por fundición de piezas de hierro y acero
41. Moldeo por fundición de piezas metálicas no ferrosas
42. Recubrimientos y terminados metálicos

VII.1.2.3.1 Fabricación de adhesivos

Los adhesivos son sustancias que se utilizan para unir dos superficies mediante una fuerza de adhesión. Existen diferentes tipos de adhesivos, cada uno con propiedades y usos específicos, que se determinan por las sustancias químicas que los componen (Tabla 14).

- **Adhesivos sintéticos:** a base de polímeros derivados del petróleo (colas de polivinil-acetato, colas etilénicas, colas de poliuretano, colas de caucho sintético, adhesivos anaeróbicos o de cianoacrilato, etc.), y de solventes como la acetona, hexano, metil-etil-cetona, ciclohexanona, acetato de butilo, acetato de etilo, heptano, n-pentano, disolventes clorados, benceno y tolueno.
- **Adhesivos de origen vegetal**: a base de derivados de la fécula de papa, maíz (colas de almidón, dextrinas, cauchos naturales, etc.).
- **Adhesivos de origen animal**: cola tradicional, hecha a base de pieles animales o su esqueleto (colas de pezuña, de gelatina); colas de derivados lácteos (caseína).

En el municipio de Irapuato existe una empresa dedicada a la fabricación de adhesivos ubicada en el Parque Central Guanajuato.

Tabla 14: Sustancias utilizadas para la elaboración de adhesivos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Amoniaco	7664-41-7	10 kg	Tóxico
Hexano	110-543	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Etil-metil cetona	78-93-3	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Ciclohexano	110-82-7	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Acetato de butilo	123-86-4	200,000 kg	Inflamable/Explosivo

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Heptano	142-82-5	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Benceno	71-43-2	1,000 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Explosivo
Xileno	95-47-6	200 kg	Inflamable/Explosivo
Pentano	109-66-0	500 kg	Inflamable/Explosivo
Alcohol isopropílico	67-63-0	100,000 kg	Inflamable/Explosivo

Fuente: Primer y Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

VII.1.2.3.2 Fabricación de desbastes y ferroaleaciones

La ferroaleación es un término genérico para designar las aleaciones de hierro que poseen un elemento constitutivo además del carbón y que se caracterizan por conferir cualidades distintivas al acero y al hierro fundido. La ventaja para el acero, al introducir los elementos de aleación en esta forma, reside en que las ferroaleaciones tienen puntos de fusión más bajos que los propios elementos de aleación, de manera que la colada las absorbe más fácilmente. Su desarrollo, por tanto, está íntimamente ligado a la industria siderúrgica. Los desbastes primarios son productos semiacabados de hierro y acero que se fabrican a partir de arrabio comprado (ver Tabla 15).

En la fabricación de ferroaleaciones y desbastes primarios, se manejan varias sustancias químicas peligrosas que pueden representar riesgos para la salud y la seguridad. Algunas de estas sustancias incluyen:

- **Óxidos de hierro:** Utilizados para la fabricación de hierro fundido y acero.
- **Cromo:** Añadido para mejorar la resistencia a la corrosión.
- **Níquel:** Utilizado para aumentar la resistencia y la tenacidad.
- **Manganeso:** Mejora la resistencia y la dureza del acero.
- **Molibdeno:** Añadido para mejorar la resistencia a la corrosión y la tenacidad.
- **Silicio:** Utilizado para aumentar la resistencia y la dureza.
- **Boro:** Añadido para mejorar la resistencia y la tenacidad.

En el municipio de Irapuato existe una sola unidad económica de fabricación de desbastes primarios y ferroaleaciones en la colonia Malvas.

Tabla 15: Sustancias utilizadas para la fabricación de desbastes y ferroaleaciones.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Cromo	7440-47-3	500 kg	Tóxico, Carcinógeno
Níquel	7440-02-0	10 kg	Tóxico, Carcinógeno
Boro	7440-42-8	500 kg	No tóxico, en altas concentraciones peligrosas
Arsénico	7440-38-2	100 kg	Tóxico, Carcinógeno
Manganeso	7439-96-5	10,000 kg	Tóxico en altas dosis
Silicio	7440-21-3	10,000 kg	No peligroso

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

VII.1.2.3.3 Fabricación de espumas y productos de poliestireno y uretano

El poliestireno expandido (EPS) es un material de espuma termoplástica ampliamente utilizado en aplicaciones industriales. El EPS, derivado de la polimerización del monómero de estireno, incorpora pentano como gas de expansión dentro de su estructura. Este material es conocido por su estructura de espuma de células cerradas, lo que lo convierte en la opción preferida en aplicaciones de embalaje y aislamiento. En el proceso de fabricación del poliestireno se utilizan compuestos azoicos como el azo-benceno y el dietil-diazeno además de isocianatos y acetato de etilo (ver Tabla 16).

El uretano, también conocido como carbamato de etilo, se produce industrialmente mediante la reacción de urea con etanol. Durante este proceso, la urea y el etanol se calientan juntos, lo que resulta en la formación de uretano y agua.

El municipio de Irapuato alberga tres empresas dedicadas a la fabricación de espumas y productos de poliestireno, dos de ellas ubicadas en la Colonia San Miguelito, y otra en el Ejido Lo de Juárez. Dentro del Parque Industrial se encuentra una fábrica de espumas y productos de uretano.

Tabla 16: Sustancias utilizadas para la fabricación de espumas y productos de poliestireno y uretano.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Cloruro de vinilo	75-01-4	500 kg	Inflamable/Explosivo
Dioctilftalato (DOP)	117-81-7	1,000,000 kg	Tóxico
Isocianato de metilo	624-83-9	1 kg	Tóxico
Hexano	110-543	20,000 kg	Inflamable/Explosivo

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Tolueno	108-88-3	100,000 kg	Inflamable/Explosivo
Alcohol etílico	64-17-5	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Acetona	75-01-4	500 kg	Inflamable/Explosivo
Acetato de etilo	141-78-6	20,000 kg	Inflamable/Explosivo
Estireno	100-42-5	200 kg	Tóxico/Inflamable
Formaldehído	50-00-0	500 kg	Tóxico/Corrosivo
Propano	74-98-6	500 kg	Inflamable
Xileno	95-47-6	200 kg	Inflamable/Explosivo

Fuente: Primer y Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

VII.1.2.3.4 Fabricación de equipo y aparatos de distribución eléctrica

La fabricación de equipo y aparatos de distribución eléctrica en el municipio de Irapuato está enfocada principalmente en la producción de transformadores eléctricos que son dispositivos electrónicos que por inducción eléctrica transfieren energía.

Los transformadores, autotransformadores y reactores utilizan como medio refrigerante aceite mineral aislante, que se obtiene de la destilación y refinación del petróleo crudo, con un punto de inflamación de 145 °C mínimo a 101.3 kPa. Se compone de hidrocarburos parafínicos, nafténicos y aromáticos. Su resistencia térmica prolonga la vida del aislamiento del transformador. Anteriormente, se utilizaban los bifenilos policlorados en transformadores, pero en la actualidad su uso está prohibido a nivel mundial.

De acuerdo a la guía **CFE-SPA00-57**, el aceite mineral aislante utilizado en los transformadores, autotransformadores, reactores y demás equipos que los contienen, en las subestaciones eléctricas, no se clasifican como materiales peligrosos, como residuos peligrosos, ni se encuentra en los listados de actividades riesgosas ya que no presenta ninguna de las características de peligrosidad establecidas en el Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos ni en la Norma Oficial Mexicana **NOM-052-SEMARNAT-2005**. Sin embargo, su manejo debe hacerse con base en la **NOM-018-STPS-2015**. Los residuos de los aceites minerales aislantes deben manejarse como residuos de manejo especial. Los transformadores de potencia utilizados en las subestaciones de alta y media tensión cuentan con elementos de protección interna y externa que minimizan la posibilidad de derrames de aceite que contaminen el medio ambiente.

En el municipio de Irapuato existen once empresas manufactureras de este giro, cuatro de ellas ubicadas en la colonia Independencia, y las otras en La Paz, Los Hoyos, Miguel Hidalgo, Granja Saldaña, Morelos, así como en Parque Industrial Apolo y Castro del Río.

VII.1.2.3.5 Fabricación de fertilizantes

Los fertilizantes son sustancias ricas en nutrientes que se utilizan para mejorar las características del suelo para un mayor desarrollo de los cultivos agrícolas (ver Tabla 17). Existen tres tipos:

- **Fertilizantes nitrogenados:** Se considera el grupo más numeroso e importante. Las materias primas son el nitrógeno del aire y el hidrógeno del gas natural/metano (CH_4). Cuando se mezcla a alta temperatura y presión, el producto resultante es el amoníaco (NH3). Este producto intermedio se oxida para producir ácido nítrico (HNO_3), que da lugar a los fertilizantes minerales de nitrato de amonio (AN) y, mezclado con CO_2, urea. Un tercer tipo de fertilizante nitrogenado es el nitrato amónico de urea (UAN), que se obtiene mezclando AN, urea y agua.
- **Fertilizantes fosforados:** Procede de la roca fosfórica, un mineral extraído. Cuando el concentrado de fosfato se trata con ácido sulfúrico (H_2SO_4), se transforma en superfosfato simple (SSP) o ácido fosfórico. Este ácido se mezcla con amoníaco para producir fosfato monoamónico (MAP) o fosfato diamónico (DAP). El fertilizante de superfosfato triple (TSP) puede fabricarse concentrando el ácido fosfórico o concentrando aún más el fosfato.
- **Fertilizantes a base de potasio:** Procede de un mineral extraído: la roca potásica, una amalgama de carbonato de potasio y sales de potasio. El proceso de fabricación de los fertilizantes potásicos comienza con la concentración de la potasa y su tratamiento para obtener una solución de cloruro potásico. Esta solución produce muriato de potasio (MOP), nitrato de potasio (KN) cuando se mezcla con ácido nítrico, y sulfato de potasio (SOP) cuando se mezcla con ácido sulfúrico.

Tabla 17: Sustancias utilizadas para la fabricación de fertilizantes.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Amoníaco	7664-41-7	10 kg	Tóxico
Metano	74-82-8	500 kg	Tóxico/explosivo
Ácido nítrico	7697-37-2	100 kg	Tóxico/corrosivo/ comburente

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se localizan cinco empresas de fabricación de fertilizantes ubicadas en las colonias Rivera de Guadalupe, San Miguelito, Independencia, Ciudad de los Olivos y en el Parque Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.4 Fabricación de hules sintéticos y de otros productos de hule

En este tipo de industria, los solventes orgánicos juegan un papel crucial en la fabricación de hule sintético, especialmente durante los procesos de polimerización y vulcanización (ver Tabla 18). Durante la polimerización, los solventes orgánicos ayudan a disolver los monómeros y a facilitar su reacción para formar polímeros. Por ejemplo, el tolueno y el xileno son comúnmente utilizados como solventes para disolver monómeros como el butadieno y el estireno. Estos solventes permiten que los monómeros se mezclen y reaccionen de manera más eficiente, formando largas cadenas de polímeros.

En el proceso de vulcanización, el azufre y otros agentes de vulcanización se disuelven en solventes como la acetona o el tolueno para crear una solución que se mezcla con el caucho sintético. Este proceso de mezcla y calentamiento hace que las cadenas de polímeros se entrecruzan, mejorando la durabilidad y elasticidad del hule.

Además, los solventes orgánicos se utilizan para disolver y aplicar aditivos y reforzadores que mejoran las propiedades del hule sintético. Estos pueden incluir antioxidantes, agentes de resistencia al calor y a los químicos, y otros compuestos que se disuelven en solventes orgánicos antes de ser añadidos al caucho.

Tabla 18: Sustancias utilizadas para la fabricación de hules sintéticos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Benceno	71-43-2	1000 kg	Tóxico
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable/Tóxico
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Cloruro de vinilo	75-01-4	500 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Dioxano	111-42-2	100,000 kg	Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Existe una fábrica de hules sintéticos en el municipio de Irapuato, ubicada en el Parque Industrial Castro del Río. Para el caso de la fabricación de otros productos de hule, existen empresas ubicadas en la colonia Buenavista y en el Parque Industrial Castro del Río.

VII.1.2.5 Fabricación de jabones, limpiadores y dentífricos

En la fabricación de jabón, la reacción de saponificación es fundamental. Es en este proceso donde se utilizan aceites y grasas de origen animal o vegetal que reaccionan con el hidróxido de sodio (NaOH) o el hidróxido de potasio (KOH). Esta reacción produce una sal sódica o potásica soluble en agua, conocida como jabón. El NaOH se utiliza generalmente para obtener jabón sólido, mientras que el KOH se emplea para producir jabón líquido.

La fabricación de pasta dental implica el uso de varias sustancias químicas clave. La base líquida de la pasta dental incluye polioles como el sorbitol y la glicerina, que actúan como humectantes para evitar que el producto se seque y preservar su textura. Estas soluciones de polioles pueden contener hasta un 30% de agua, completando la base líquida con un 10-25% de agua adicional.

Los rellenos y abrasivos son cruciales para la acción pulidora de la pasta dental. Ingredientes como el carbonato de calcio, la sílice hidratada, el bicarbonato de sodio, el fosfato dicálcico y el metafosfato de sodio son utilizados en las pastas dentales blancas, mientras que en los geles transparentes se utiliza principalmente sílice hidratada para proporcionar pulido y cuerpo.

El flúor, presente en formas como el fluoruro de sodio, monofluorofosfato de sodio o fluoruro de estaño, se añade para prevenir caries. En la fabricación de productos de limpieza, el riesgo químico se produce debido a las grandes cantidades y variedad de sustancias químicas que se almacenan para la preparación de las formulaciones de los productos. Estas pueden provocar evaporación y generación de nubes tóxicas y peligrosas para una posible fuente de ignición de productos como cloro, amoníaco, disolvente, ácidos, formol, alcohol etílico, alcohol isopropílico, butil cellosolve (también llamado éter butil glicol), etc.

En muchas ocasiones estos productos químicos no son almacenados adecuadamente bajo las condiciones de calor, luz, humedad, hermeticidad o incompatibilidad, ocasionando reacciones fuertes dependiendo del grado de peligrosidad de la sustancia o su inflamabilidad (ver Tabla 19).

Tabla 19: Sustancias utilizadas para la fabricación de jabones, limpiadores y dentífricos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Cloro	7782-50-5	1 kg	Tóxico
Ozono	10028-15-6	1 kg	Tóxico
Propano	108-88-3	500 kg	Inflamable/explosivo
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1	1,000 kg	Tóxico
Metacrilato de etilo	80-62-6	200 kg	Inflamable/explosivo
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable/explosivo
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/explosivo
Alcohol butílico	71-36-3	200 kg	Inflamable/explosivo
Alcohol propílico	71-23-8	100,000 kg	Inflamable/explosivo
Alcohol etílico	64-17-5	20,000 kg	Inflamable/explosivo
Hexano	110-543	20,000 kg	Inflamable/explosivo
Tolueno	108-88-3	100,000 kg	Inflamable/explosivo
Xileno	95-47-6	200 kg	Inflamable/explosivo
Ciclohexano	110-82-7	20,000 kg	Inflamable/explosivo
Butanol	71-36-3	200 kg	inflamable/explosivo
Acetato de butilo	123-86-4	200 kg	Inflamable/explosivo
Metil isobutil cetona	108-10-1	200 kg	Inflamable/explosivo
Etil benceno	100-41-4	200 kg	Inflamable/explosiva
Metil amina	74-89-5	500 kg	Tóxico
Dimetil amina	121-69-7	500 kg	Inflamable/tóxico
Óxido de propileno	7722-84-1	3,000 kg	Tóxico
Acetato de vinilo	108-05-4	20,000 kg	Inflamable/explosivo
Ácido cianhídrico	74-90-8	3,000 kg	Tóxico
Ácido nítrico	7697-37-2	100 kg	Tóxico
Cianuro de sodio	143-33-9	1kg	Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se tienen registradas dos empresas dedicadas a este giro industrial ubicadas en la Colonia Los Álamos y el Fraccionamiento Esmeralda.

VII.1.2.5.1 Fabricación de ladrillos no refractarios

La fabricación de ladrillos comienza con la extracción de arcilla, la cual se mezcla con agua y otros materiales como arena y cal para mejorar su plasticidad y resistencia. Esta mezcla se tritura y homogeniza, luego se moldea en formas específicas utilizando moldes individuales o múltiples. Los ladrillos moldeados se secan para eliminar el exceso de agua, aumentando así su resistencia. Finalmente, se cuecen a altas temperaturas (entre 900 °C y 1,000 °C) en hornos de túnel, proceso conocido como sinterización, que les confiere su

dureza y durabilidad final. La arcilla utilizada contiene principalmente sílice y alúmina, junto con pequeñas cantidades de cal, hierro, manganeso y azufre.

En la fabricación de ladrillos, se pueden utilizar varias sustancias químicas peligrosas como los óxidos de metales pesados, como el óxido de plomo y el óxido de cromo, que pueden estar presentes en algunos tipos de arcilla o esmaltes utilizados en la fabricación de ladrillos. Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son liberados en algunos procesos de fabricación y pueden liberar vapores tóxicos.

En el municipio de Irapuato están localizadas cuatro empresas dedicadas a la fabricación de ladrillos no refractarios, dos ubicadas en la colonia 24 de diciembre, una más en Ampliación 24 de diciembre y en la colonia Las Delicias.

VII.1.2.5.2 Fabricación de otras partes para vehículos automotrices

En este segmento están incluidas empresas proveedoras de piezas metálicas para vehículos, hasta componentes aislantes y techos para la industria automotriz. De acuerdo con la naturaleza de sus actividades, tienen riesgos asociados al uso de adhesivos, metales, solventes y procesos relacionados con acabados y recubrimientos (ver Tabla 20).

Este tipo de empresas debe aplicar diversas normativas nacionales e internacionales que establecen especificaciones de identificación, comunicación, manejo, transporte y almacenamiento de sustancias como lo son la **NOM-005-STPS-1998** y la **NOM-018-STPS-2015** para mitigar posibles riesgos que pudieran tener en el proceso de producción.

Dentro de las sustancias químicas peligrosas que se utilizan se encuentran el ácido nítrico, así como también el benceno y el cianuro de sodio utilizados en el proceso de galvanoplastia o en recubrimientos, y solventes para los adhesivos o como desengrasantes.

Tabla 20: Sustancias utilizadas para la fabricación de otras partes para vehículos automotrices.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Benceno	71-43-2	20,000 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	100,000 kg	Inflamable/Tóxico
Fosfato de zinc	7779-90-0	1 kg	Corrosivo, Peligroso
Hexano	110-54-3	20,000 kg	Inflamable, Tóxico

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Cianuro de sodio	143-33-9	1 kg	Altamente tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato, se encuentran registradas 8 fábricas de otras partes para vehículos automotrices. Seis de ellas se encuentran en el Parque Industrial Castro del Río, otra en el Ciudad Industrial Irapuato y una más en el Centro Industrial Guanajuato.

VII.1.2.5.3 Fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos

Estas empresas producen productos derivados del cuero y la piel como etiquetas para pantalones, talabartería y manufactura de productos metálicos. Trabajan en la manufactura utilizando procesos como el galvanizado, el curtido de materiales y tratamientos térmicos como la soldadura (ver Tabla 21). Las sustancias químicas consideradas como de riesgo en caso de derrames o de acuerdo con la toxicidad son el acetato de etilo y la acetona, que son altamente inflamables y tóxicos.

Tabla 21: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetato de etilo	141-78-6	20,000 kg	Inflamable
Anilina	62-53-3	10,000 kg	Tóxico/Carcinógeno
Isocianato de tolueno	585-65-5	100 kg	Tóxico/Corrosivo
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico

Fuente: Primer y Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se encuentran registradas cuatro empresas de fabricación de otros productos de cuero, piel y materiales sucedáneos en el Barrio de la Salud y en las colonias Plan Guanajuato, Viveros Revolución y el Refugio.

VII.1.2.5.4 Fabricación de otros productos de hierro y acero

Estas empresas producen productos que pueden incluir estructuras metálicas, herramientas y otros componentes utilizados para diversas industrias. Existen riesgos como la exposición a polvo metálico, altas temperaturas y el uso de maquinaria pesada. Sin embargo, existen normas que obligan a tratar las condiciones de seguridad en la iluminación de trabajo, polvos industriales y proporcionan directrices para el trabajo con

maquinaria pesada, como la **NOM-026-STPS-2008, NOM-007-STPS-2000** y la **NOM-002-STPS-2010,** respectivamente (ver Tabla 22).

Tabla 22: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de hierro y acero.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Níquel	7440-02-0	10 kg	Tóxico

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

Existen dos fábricas dedicadas a esta actividad, las cuales se encuentran en Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.5.5 Fabricación de otros productos de madera

Estas empresas generan una variedad de productos que incluyen muebles y componentes estructurales para la construcción. Estas actividades implican procesos como lijado, ensamblaje, corte y el mismo tratamiento de la madera que requieren equipos, sustancias y personal especializado. Entre las sustancias químicas utilizadas se encuentran aquellas requeridas como disolventes o como parte de adhesivos, barnices, resinas o plastificantes, como es el caso de la acetona, benceno, tolueno, cloruro de polivinilo, entre otros (ver Tabla 23).

Tabla 23: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de madera.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable, Tóxico
Benceno	71-43-2	1,000 kg	Tóxico, Carcinógeno
Tolueno	108-88-3	1000 kg	Inflamable, Tóxico
Cloruro de vinilo	9002-86-2	500 kg	Tóxico en altas dosis
Dioxano	111-42-2	100,000 kg	Tóxico, Carcinógeno
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable, Tóxico

Fuente: Primer y Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Existen dos fábricas dedicadas a esta actividad, ubicadas en las colonias Revolución y Rancho Grande.

VII.1.2.5.6 Fabricación de otros productos de vidrio

Este sector incluye la fabricación de productos de vidrio como envases, botellas y componentes de construcción, donde se llega a utilizar altas temperaturas para la fundición de material de vidrio y polvo de vidrio, lo que genera un riesgo significativo en esta producción. Es por lo que la **NOM-002-STPS-2010** establece medidas de seguridad para trabajos con materiales calientes, esenciales para proteger a los empleados de quemaduras y algún otro accidente generado en procesos relacionados con la fundición. Asimismo, la **NOM-007-STPS-2000** aborda la seguridad en la exposición al polvo industrial, la cual es una normativa clave para prevenir enfermedades respiratorias.

Entre las sustancias químicas usadas se encuentran el ácido bórico, ácido clorhídrico, carbonato de calcio, óxido de zinc, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, fosfato de amonio y el óxido de aluminio, usado para la fabricación de vidrio o esmaltes para vidrios decorativos y limpieza de materiales. Sin embargo, únicamente el ácido clorhídrico es el que se encuentra listado (ver Tabla 24).

Tabla 24: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos de vidrio.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Ácido clorhídrico	7647-01-0	1 kg	Corrosivo

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio se cuenta con la presencia de tres unidades especializadas en este sector, ubicadas en las colonias La Calera, Las Reynas y Barrio de Santiaguito.

VII.1.2.5.7 Fabricación de otros productos metálicos

Este sector abarca una amplia gama de productos metálicos, desde herramientas hasta componentes de maquinaria. Los procesos involucrados en su producción incluyen la soldadura, el troquelado y el ensamblaje, y están asociados al uso intensivo de maquinaria pesada, utilizando sustancias que pueden ser un riesgo, como lo son el plomo, cromo, níquel, zinc, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, tolueno, acetona, entre otros (ver Tabla 25).

Tabla 25: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos metálicos

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Níquel	7440-02-0	10 kg	Tóxico
Cianuro de potasio	151-50-8	1 kg	Tóxico

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Ácido clorhídrico	7647-01-0	1 kg	Corrosivo
Cloruro de polivinilo	9002-86-2	500 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

El municipio de Irapuato cuenta con 11 empresas dedicadas a esta actividad ubicadas en las colonias Guadalupe, Cuarto Día, Las Misiones, 1° de Mayo, Cd. División del Norte y Ejido de los de Juárez, en el Fraccionamiento Colón, en el Barrio Calzada de Guadalupe, Barrio de San Cayetano, en el Parque Centro Industrial Guanajuato y en Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.5.8 Fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos y orgánicos

Este tipo de empresas desarrolla compuestos químicos como ácidos, sales, solventes, utilizados en múltiples industrias. En el caso del municipio de Irapuato, se desarrollan productos relacionados con la industria automotriz para el acabado de metales, productos de pretratamiento como agentes de limpieza, productos para procesos y aleaciones de zinc, selladores, cromos trivalentes, productos para el procesamiento del aluminio, agentes de recubrimiento. Muchos de estos productos están patentados y se desconoce la composición exacta de los mismos.

Por su parte, las empresas dedicadas a la producción de químicos orgánicos están relacionadas en la rama de la biotecnología, principalmente en la fabricación de kits para diagnóstico molecular. También, se encuentran empresas para la fabricación y venta de productos químicos de grado alimenticio para la industria de la tortilla, producción de alquilaminas para la industria de la fundición dentro del sector automotriz y la industria farmacéutica, y la fabricación de aditivos, resinas y compuestos para diversas industrias (ver Tabla 26).

Tabla 26: Sustancias utilizadas para la fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos y orgánicos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Ácido clorhídrico	7647-01-0	1 kg	Corrosivo
Cloro	7782-50-5	1 kg	Tóxico/Corrosivo
Ácido nítrico	7697-37-2	100 kg	Corrosivo
Benceno	71-43-2	1,000 kg	Tóxico

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable/Tóxico
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Metil amina	74-89-5	500 kg	Inflamable/Tóxico
Dietil amina	109-89-7	10,000 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Propil amina	107-10-8	10,000 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Diisopropil amina	108-18-9	20,000 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Butil amina	109-73-9	20,000 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Trietil amina	121-44-8	20,000 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Etilbutil amina	13360-63-9	200 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo
Trimetil amina	75-50-3	500 kg	Inflamable/Tóxico/ Corrosivo

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato existen 2 empresas dedicadas a la fabricación de otros productos químicos básicos inorgánicos ubicadas en el Centro Industrial Guanajuato y en el Parque Industrial Castro del Río. Por su parte, existen 4 empresas dedicadas a la fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos ubicadas en el Fraccionamiento Tabachines, la colonia Las Malvas Revolución y dos en Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.5.9 Fabricación de partes de sistema de dirección y de suspensión, de frenos, de sistemas de transmisión, de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices.

La industria automotriz es importante en el municipio de Irapuato. Dentro de ella, se encuentra la presencia de dos empresas productoras de amortiguadores y barras de dirección, las cuales desempeñan un papel crucial en el funcionamiento y la estabilidad de los vehículos en circulación. Además, cuenta con tres empresas que se dedican a la producción de discos, pastillas y otros componentes críticos del sistema de frenos vehiculares. Estos productos no solo son vitales para el rendimiento de los vehículos, sino que también representan un área de alta responsabilidad en términos de calidad y seguridad.

Existen también cuatro empresas dedicadas a la producción de ejes, embragues y cajas de cambios. Estos componentes son esenciales para el funcionamiento de cualquier vehículo, ya que permiten que el automóvil aproveche de manera eficiente el impulso generado por su motor.

Por otro lado, la producción de componentes estampados de metal para la industria automotriz abarca una variedad de productos, incluidos paneles, abrazaderas y elementos estructurales. Este proceso requiere el uso de maquinaria pesada y un alto nivel de precisión, lo que a su vez eleva la importancia de los estándares de seguridad de los empleados (ver Tabla 27).

Tabla 27: Sustancias utilizadas para la fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión, de frenos, de sistemas de transmisión, de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Benceno	71-43-2	1,000 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable/Tóxico
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Alcohol metílico	67-56-1	20,000 kg	Tóxico/Inflamable
Ácido clorhídrico	7647-01-0	1 kg	Corrosivo
Cobalto	7440-48-4	1 kg	Tóxico
Níquel	7440-02-0	10 kg	Tóxico
Óxido de cadmio	1306-19-0	1 kg	Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Dentro del municipio de Irapuato existen dos empresas dedicadas a la fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotores. Una ubicada en El Venado Industrial y el otro en el Parque Industrial Castro del Río.

Para el caso de la fabricación de partes de sistemas de frenos para vehículos automotores, hay una empresa ubicada en el Parque Industrial Castro del Río, otra en el Parque Apolo y una más en el Centro Industrial Guanajuato.

Las tres empresas dedicadas a la fabricación de partes de sistemas de transmisión para vehículos automotores se encuentran en el Parque Industrial Castro del Río. Existen seis empresas dedicadas a la fabricación de piezas metálicas troqueladas para vehículos

automotrices. 4 de ellas se encuentran en el Parque Industrial Castro del Río, otra en el Centro Industrial Guanajuato y una más en el Fraccionamiento Rincón de las Bugambilias.

VII.1.2.5.10 Fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes

Este sector manufacturero se dedica a la producción de herbicidas, insecticidas y fungicidas, que son fundamentales para la obtención de resultados agrícolas óptimos. El proceso de producción en este ámbito implica el manejo de sustancias químicas altamente peligrosas, muchas de las cuales son inflamables.

A pesar de su importancia en la maximización de la productividad agrícola, la legislación en México pone un fuerte énfasis en la gestión segura de tales sustancias. Por ejemplo, la Norma Oficial Mexicana **NOM-004-SEMARNAT-2010** establece directrices precisas para el manejo seguro de agroquímicos, incluyendo la minimización del impacto ambiental y la protección de los trabajadores de las fábricas, así como de las comunidades circundantes. De manera análoga, la **NOM-017-STPS-2008** regula el manejo y almacenamiento de productos químicos peligrosos, con el objetivo de reducir la probabilidad de accidentes y exposiciones tóxicas. En la Tabla 28 se presentan los plaguicidas reportados en el Primer listado de Actividades Altamente Riesgosas.

Tabla 28: Sustancias utilizadas para la fabricación de pesticidas y otros agroquímicos, excepto fertilizantes.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Endosulfán	115-29-7	1 kg	Tóxico/Corrosivo
Aldicarb	116-06-3	1 kg	Tóxico
Acroleína	107-02-8	1 kg	Tóxico/Corrosivo
Carbofurano	1563-66-2	1 kg	Tóxico
Metil Paratión	298-00-0	1 kg	Tóxico
Paraquat	1910-42-5	1 kg	Tóxico/Corrosivo

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

Irapuato cuenta con dos empresas registradas como fabricantes de pesticidas y otros agroquímicos. Una de ellas se encuentra en la colonia Rafael Galván y la otra en Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.5.11 Fabricación de pinturas y recubrimientos

Uno de los principales peligros asociados con este sector es la exposición a solventes que pueden ser tóxicos e inflamables. Estos compuestos químicos, aunque necesarios para el proceso de producción, requieren un manejo cuidadoso y responsable para garantizar la seguridad de los trabajadores y de la comunidad en general (ver Tabla 29).

Tabla 29: Sustancias utilizadas para la fabricación de pinturas y recubrimientos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Benceno	71-43-2	1,000 kg	Tóxico
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Xileno	1330-20-7	200 kg	Inflamable/Tóxico
Formaldehído	50-00-0	500 kg	Tóxico
Metanol	67-56-1	10,000 kg	Inflamable/Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato podemos encontrar 3 empresas registradas en esta actividad localizadas en las colonias Los Fresnos, Las Américas y el Fraccionamiento Camino Real.

VII.1.2.5.12 Fabricación de preparaciones farmacéuticas

Si bien este proceso implica una serie de etapas complejas que requieren un manejo minucioso de productos químicos, es necesario implementar rigurosos controles de calidad para garantizar que los medicamentos sean seguros y efectivos. Es fundamental tener en cuenta ciertos aspectos clave en esta industria, como la **NOM-073-SSA1-2015**, que establece directrices sobre la fabricación de medicamentos. Asimismo, la **NOM-059-SSA1-2014** se centra en las sustancias que se utilizan en farmacología, asegurando que se sigan protocolos específicos para la seguridad de los consumidores.

Diferentes principios activos se utilizan en este tipo de industria, como el paracetamol, la clorfenamina, el ibuprofeno, la aspirina, la metformina, así como antibióticos como la ampicilina, la amoxicilina, el ciprofloxacino, la azitromicina, la cefalexina, entre otros. Sin embargo, ninguno de ellos está registrado en el primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas (ver Tabla 30).

Tabla 30: Sustancias utilizadas para la fabricación de preparaciones farmacéuticas.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Alcohol etílico	64-17-5	20,000	Inflamable
Alcohol metílico	67-56-1	10,000 kg	Inflamable

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio existen ocho empresas dedicadas a esta actividad, dos de ellas ubicadas en la colonia Las Heras, y el resto repartidas en las colonias Santa Julia, Santa María, Plan Guanajuato, Bajada de San Martín, Los Álamos y La Estancia.

VII.1.2.5.13 Fabricación de productos de asfalto

El asfalto es una sustancia viscosa, negra y pegajosa, derivada del petróleo crudo a través de un proceso de destilación. Se forma cuando el petróleo se somete a temperaturas altas, lo que permite separar sus componentes livianos (gasolina y diésel) de los más pesados. También se encuentra de forma natural en depósitos geológicos, conocidos como asfaltos naturales.

Las aplicaciones principales del asfalto son la construcción de carreteras y pavimentación, así como la reparación de baches y el mantenimiento de calles y carreteras. El asfalto se puede tratar con diferentes aditivos para mejorar sus propiedades, de acuerdo a su aplicación. Entre los más comunes, podemos mencionar los polímeros, fibras, agentes antioxidantes, entre otros. Éstos mejoran la viscosidad, flexibilidad y resistencia del material cuando se encuentra a la intemperie y bajo esfuerzos mecánicos recurrentes.

De acuerdo al Documento Técnico No. 23 por la Coordinación de Equipamiento para el Transporte del Instituto Mexicano del Transporte, actualmente se utiliza una gran variedad de polímeros comerciales con composición química y propiedades diferentes, para emulsiones de asfaltos modificados, como lo son los elastómeros termoplásticos de estireno-butadieno-estireno (SBS) y de estireno butadieno (SBR), y los copolímeros de estireno acetato de vinilo (EVA).

Por otro lado, las resinas fenol-aldehído, la más común, el fenol-formaldehído son utilizadas como agentes estabilizantes en la elaboración de emulsiones de asfaltos. Es importante mencionar que estos aditivos son altamente inflamables, por lo que, son un riesgo para la población en caso de un incendio (ver Tabla 31).

Tabla 31: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de asfalto.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Estireno	100-42-5	200 kg	Inflamable/Tóxico
Butadieno	106-99-0	1,000 kg	Inflamable/Tóxico
Acetato de vinilo	108-05-4	100 kg	Inflamable/Tóxico
Fenol	108-95-2	10 kg	Tóxico/Corrosivo
Formaldehído	50-00-0	500 kg	Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato, este giro industrial tiene actualmente 3 unidades económicas, las cuales se localizan en Ciudad Industrial Irapuato, Colonia La Pradera y el Fraccionamiento Colón II Sección.

VII.1.2.5.14 Fabricación de productos de herrería

La herrería es una actividad cuya característica principal es transformar el acero en estructuras y productos como balcones, puertas, ventanas, portones, escaleras, protecciones, barandales, entre otros, que son usados para casas habitación y edificios, pero también objetos decorativos, muebles o artesanías (Tabla 32).

Existen diferentes tipos de herrería, que dependen del producto final que se desea obtener:

- **Forjado:** Consiste en la laminación y extrusión para deformar los metales para la fabricación de tuercas, clavos, tornillos o pernos.
- **Soldadura:** Es la unión de metales o plásticos mediante calor o presión.
- **Templado:** Se refiere al tratamiento térmico para modificar las propiedades de los metales o plásticos. Primero se calienta el metal a temperatura elevada, una vez alcanzada la temperatura de temple, esta debe permanecer constante y uniforme en toda la pieza metálica, por último, se enfría bruscamente con aceites, agua o salmuera.
- **Mecanizado:** A partir de la eliminación y el desgaste de los metales, se fabrican artículos y herramientas para distintas industrias.

En el caso particular del templado, los aceites de temple cuentan con dos componentes principales:

- **Aceites base:** Son el componente principal y suelen ser aceites minerales altamente refinados o aceites sintéticos.

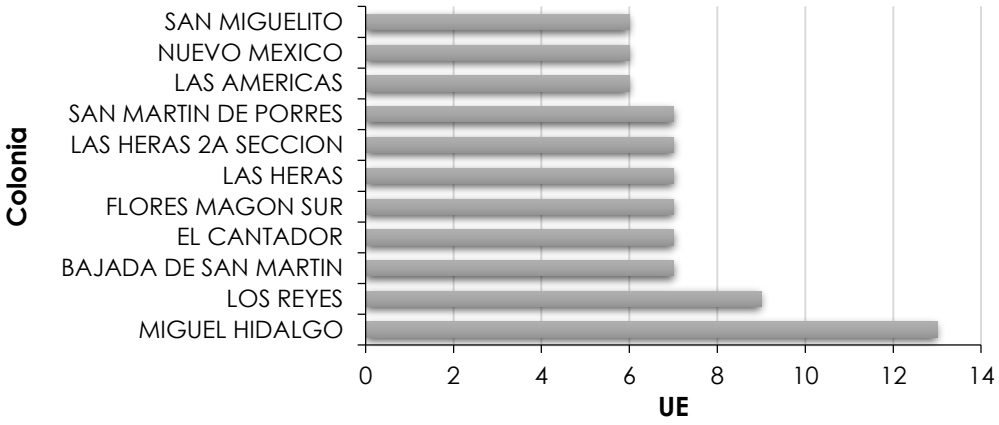
- **Aditivos:** Se añaden para modificar las propiedades de los aceites base.
  - **Inhibidores de la oxidación:** Evitan que el aceite se oxide a altas temperaturas. De acuerdo con su origen, se clasifican en orgánicos (fenoles, etanolaminas, amidas, tioles o tioéteres); inorgánicos (molibdatos, arseniatos, cromatos o fosfatos); o de origen natural (extractos de plantas).
  - **Agentes de enfriamiento:** Aumentan la velocidad de transferencia de calor del acero al aceite. Entre lo más comunes se encuentran el agua, soluciones salinas, aceites minerales, gases (en lugar de aire pueden usarse gases protectores o inertes como el amoníaco craquizado o el gas de la ciudad quemado), sales fundidas (constituidas por cantidades variables de sodio, potasio, bario, etc.).
  - **Modificadores de la viscosidad:** Ajustan la viscosidad del aceite para controlar la velocidad de enfriamiento
  - **Mejoradores de la templabilidad:** Ayudan a aumentar la dureza y la resistencia del acero templado.

Tabla 32: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de herrería.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Amoniaco anhidro	7664-41-7	10 kg	Corrosivo/Tóxico
Fenol	108-95-2	10 kg	Corrosivo/Tóxico
Gas LP	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo
Gasolina	8006-61-9	10,000 barriles	Inflamable/explosivo

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato están registrados 305 fabricantes de productos de herrería, los cuales están distribuidos en diversas colonias y/o fraccionamientos (ver Gráfica 2).



Gráfica 2: Colonias con más de 5 UE dedicadas a la fabricación de productos de herrería.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE.

VII.1.2.5.15 Fabricación de productos de madera para la construcción

La madera es uno de los elementos orgánicos más utilizados como materia prima. Con ella se fabrican infinidad de objetos, aparatos, muebles y edificaciones que facilitan la vida y el trabajo diario. La madera es un material ideal para la construcción por ser muy versátil, en especial por los diferentes tonos de colores y su elasticidad (ver Tabla 33). Diferentes sustancias químicas se utilizan en la fabricación de productos de madera entre los que se encuentran:

- Impermeabilizantes: A base de cromo, cobre y arsénico.
- Insecticidas: Como piretroides y organofosforados.
- Conservantes de cobre cuaternario alcalino (ACQ): Utilizado para proteger la madera de la descomposición.
- Conservantes de cobre azol (CA): Los cuales contienen fungicida y cobre.
- Retardantes de fuego: Productos con base de óxidos de boro.
- Barnices: Contienen sustancias como o-cresol, tolueno, xileno, metil etil acetona, acetona, etilbenceno, metanol, acetato de metilo, acetato de etilo, isobutanol.

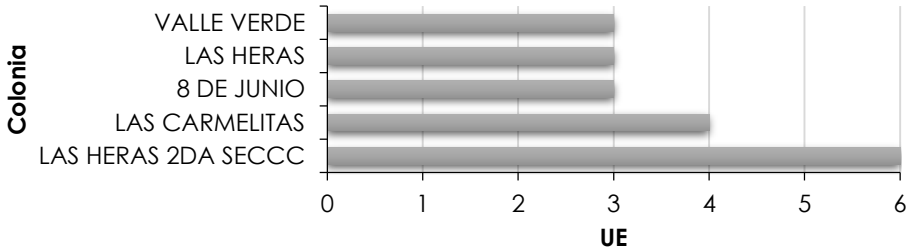
Tabla 33: Sustancias utilizadas para la fabricación de productos de madera para la construcción.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Tolueno	108-88-3	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Xileno	1330-20-7	200 kg	Inflamable/Tóxico
Acetona	67-64-1	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Etil benceno	100-41-4	200 kg	Inflamable/Tóxico

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Alcohol metílico	67-56-1	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Acetato de metilo	79-20-9	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Acetato de etilo	141-78-6	20,000 kg	Inflamable/Tóxico
Alcohol isobutílico	78-83-1	200 kg	Inflamable/Tóxico

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato están registrados 85 fabricantes de productos de madera para la construcción, los cuales están distribuidos en diversas colonias y/o fraccionamientos (ver Gráfica 3).



Gráfica 3: Colonias con más de 2 UE dedicadas a la fabricación de productos de madera para la construcción.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE.

VII.1.2.5.16 Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados

La forja de metales es un proceso de conformación a temperaturas elevadas, se somete a grandes presiones, se realiza a veces de forma continua (prensa mecánica o hidráulica) e intermitente (con martillo de caída libre). Se divide en tres etapas: calentamiento, deformación y enfriamiento. Se pueden forjar varios metales, cada uno con atributos únicos, para diversas aplicaciones:

- Acero al carbón – Automotriz, aeroespacial, construcción.
- Aleación de acero – Automotriz y maquinaria de alto estrés.
- Acero inoxidable – Dispositivos médicos, equipos marinos, procesamiento de alimentos.
- Aluminio y Aleaciones – Aeroespacial, automotriz, bienes de consumo.
- Titanio – Aeroespacial, implantes médicos, automotriz.
- Aleaciones a base de níquel – Plantas químicas, generación de energía.
- Cobre y Aleaciones de Cobre (Latón, Bronce) – Componentes eléctricos, intercambiadores de calor, artículos decorativos.

- Magnesio y Aleaciones – Aeroespacial, componentes automotrices.

Por otro lado, el troquelado de piezas metálicas es un proceso de fabricación en el cual se utilizan troqueles y prensas para cortar o deformar metal en formas específicas. Permite la producción de piezas de manera rápida, precisa y eficiente. Entre las principales aplicaciones del troquelado de piezas metálicas se encuentran el sector automotriz, la electrónica, la construcción y el hogar. Generalmente se utilizan el acero, el aluminio y el cobre como materia prima (ver Tabla 34).

Tabla 34: Sustancias utilizadas en las forjadoras y troqueladoras de piezas metálicas.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetileno	74-86-2	500 kg	Inflamable/explosivo
Gas L.P.	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo
Gasolina	8006-61-9	10,000 barriles	Inflamable/explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se encuentran registrados 3 fabricantes de productos metálicos forjados y troquelados. Dos de ellos se ubican en Parque Industrial Castro del Río y Centro Industrial Guanajuato. Y el otro, en la Colonia San Miguelito.

VII.1.2.5.16.1 Fabricación de resinas de plásticos reciclados

Las resinas plásticas son compuestos sintéticos utilizados en la fabricación de una amplia variedad de productos. Sin embargo, el consumo excesivo de estos materiales ha generado impactos negativos en el medio ambiente, por lo que, es fundamental la recolección y el reciclaje de plásticos para reducir su impacto ambiental y promover la sostenibilidad en la industria (ver Tabla 35).

El reciclaje de plásticos es un proceso mediante el cual los residuos de plástico se recuperan y se utilizan como materia prima para producir nuevos productos. Los métodos más comunes de reciclaje de plásticos son el reciclaje mecánico y el químico.

El reciclaje mecánico consiste en la recolección de desechos plásticos, lavado, fusión y transformación de los desechos en materia prima para un nuevo proceso productivo. Es el método más común para reciclar el tereftalato de polietileno (PET) y el polietileno de alta densidad (HDPE). Se requiere de equipos de lavado y secado, molinos para trituración de materiales, extrusores y máquinas de moldeo por inyección para la transformación del plástico en un producto específico.

El reciclaje químico es una tecnología innovadora que se utiliza para tratar los residuos plásticos que no son fácilmente reciclables mediante métodos convencionales. Implica la descomposición molecular de los materiales plásticos en sus componentes originales para sintetizar nuevos productos químicos o polímeros de alta calidad. Este método se lleva a cabo de la siguiente manera: recolección y selección de residuos plásticos, triturado, descomposición molecular, purificación y refinamiento. Se utilizan disolventes (metanol, etanol, acetato de etilo y hexano), catalizadores (titanio, zinc, boro o aluminio) y otros (peróxido de oxígeno, ácidos y enzimas).

Tabla 35: Sustancias utilizadas en recicladoras de plásticos.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Metanol	67-56-1	10,000 kg	Inflamable/Tóxico
Acetato de etilo	141-78-6	20,000 kg	Inflamable
Hexano	110-54-3	20,000kg	Inflamable

Fuente: Primer y segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el Municipio de Irapuato se tienen registrados 3 fabricantes de resinas de plásticos reciclados, ubicados en la localidad de Aldama y en las colonias Barrio Nuevo y Miguel Hidalgo.

VII.1.2.5.16.2 Fabricación de velas y veladoras

Para la fabricación de velas y veladoras se requieren cera, mecha, fragancia, colorantes y otros accesorios para personalizarlas y dar forma a las velas.

La cera es la base de cualquier vela y puede ser de cera de abeja, soya, parafina, entre otros (las cuales están compuestas de ácidos grasos saturados e insaturados, mezclas de hidrocarburos de elevado peso molecular). La mecha es generalmente de algodón, el cual es combustible para que la vela se queme. Las fragancias (aceites esenciales) y los colorantes son para añadir aroma y color. Los accesorios pueden ser moldes, herramientas de corte y otros elementos que facilitan el proceso de fabricación de velas.

Con base en lo anterior, los principales componentes de una vela y/o veladora (la cera, la parafina, la mecha) son altamente inflamables, por lo que pueden producir un incendio. Sin embargo, no se encuentran en los listados de actividades altamente peligrosas. Existen 10 registros de unidades económicas en el municipio de Irapuato, las cuales se localizan

en las siguientes colonias: Cuarta Brigada 1.ª y 2.ª Sección, Las Flores, Real de Arandas, San Vicente, Barrio de San José y Ciudad Industrial Irapuato.

VII.1.2.5.16.3 Industria básica del aluminio

El municipio de Irapuato, Gto., cuenta con 4 unidades económicas registradas, las cuales se localizan en el Parque Industrial Castro del Río y en el Fraccionamiento Los Reyes. La industria básica de aluminio está dedicada principalmente a la refinación de alúmina, producción de aleaciones y formas primarias de aluminio, como lingotes, placas, barrotes. Además de productos derivados como laminados, perfiles (ángulos, tubos y alambrón), laminación secundaria y papel de aluminio.

Se necesitan tres materias primas diferentes para fabricar aluminio: óxido de aluminio, energía eléctrica y carbono. Durante el proceso de refinado se utilizan sosa cáustica y cal. Para la fabricación de productos, se requieren extrusores de metal, máquinas de laminado y máquinas para forjar metales (ver Tabla 36).

Tabla 36: Sustancias utilizadas en la industria básica del aluminio.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetileno	74-86-2	500 kg	Inflamable/explosivo
Gas L.P.	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo
Gasolina	8006-61-9	10,000 barriles	Inflamable/explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

VII.1.2.5.16.4 Maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general

Estas unidades económicas están especializadas en afilados y máquinas industriales, fabricación de piezas mecánicas, mantenimiento de maquinaria industrial, mecánica industrial, talleres de tornos, entre otros.

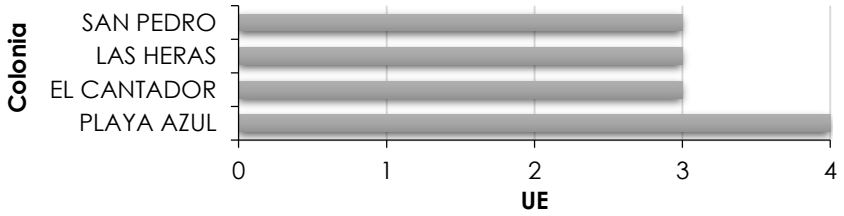
Generalmente se utilizan máquinas de fresado, centros de maquinado, torneado convencional, afilado, rectificado plano y cilíndrico, sopletes, etc. Es común que se utilicen solventes, grasas, aceites y lubricantes, los cuales son sustancias inflamables. Sin embargo, no se encuentran en ninguno de los listados de actividades altamente peligrosas (ver Tabla 37).

Tabla 37: Sustancias utilizadas en el maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetileno	74-86-2	500 kg	Inflamable/explosivo
Gas LP	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo
Gasolina	8006-61-9	10,000 barriles	Inflamable/explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato se encuentran registradas 56 unidades económicas, siendo las colonias Playa Azul, El Cantador, Las Heras y San Pedro las colonias que cuentan con más de 2 unidades económicas dedicadas a esta actividad industrial (ver Gráfica 4).



Gráfica 4: Colonias con más de 2 UE dedicadas al maquinado de piezas metálicas para maquinaria y equipo en general.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE.

Es importante mencionar que una parte de la industria manufacturera, principalmente aquella de riesgo municipal, está concentrada en los diferentes parques y fraccionamientos industriales en el municipio de Irapuato; entre ellos se encuentran:

1. Castro del Río.
2. Ciudad Industrial Irapuato.
3. Parque Industrial Apolo.
4. Centro Industrial Guanajuato.
5. Parque Central Guanajuato.

Castro del Río: Castro del Río es un complejo industrial y logístico en el municipio de Irapuato. Incluye tanto el Parque Tecnológico-Industrial Castro del Río como el Parque Industrial Marabis Castro del Río. Se encuentra ubicado en la Carretera Federal 45, km 125+250, tramo Irapuato-Silao (ver Figura 10). El Parque Tecnológico-Industrial Castro del Río tiene una extensión de 731 hectáreas en donde se han establecido más de 60 empresas internacionales provenientes de 5 países (Alemania, Japón, Estados Unidos,

China y México). El Parque Industrial Marabis Castro del Río cuenta con 450 hectáreas desarrolladas en 5 etapas, siendo la sexta iniciada en el año 2021 con una extensión de reserva de 150 hectáreas.

Figura 10: Complejo Industrial Castro del Río
Fuente: tomada de Google Maps

Empresas del sector automotriz se encuentran establecidas dentro de este Complejo Industrial, tales como: NAPS GUANAJUATO, CCM ACOUTICS SAPI, INALFA ROOF SYSTEMS DE MÉXICO, OKAWA MEXICANA, SANOH INDUSTRIAL DE MÉXICO, WRSI DE MÉXICO, NHK SPRING MÉXICO, AISIN TAKAOKA MÉXICO, FORD MOTOR, TEKFOR MÉXICO, SK TEC MEXICANA, TAKAMATSU PLATING MEXICANA, FUJIKOKI DE MÉXICO, KINUGAWA MÉXICO, IKD FAEZA, KEIAISHA MEX, WEBASTO DE MÉXICO, UACJ GROUP, NUKABE MEXICANA, RYOBI, SRG GLOBAL MÉXICO, y SAGA TEKKOSHO MEXICANA.

Ciudad Industrial Irapuato: Se encuentra localizada en el kilómetro 106 de la Carretera Federal 45, en el tramo Irapuato-Salamanca. Es un parque industrial de los más antiguos en el estado. Fue construido en 1969. Tiene una superficie aproximada de 350 hectáreas (ver Figura 11).

La TAD Irapuato se encuentra ubicada en este Parque Industrial, así como 2 gaseras que almacenan una cantidad considerable de gas LP (Gas Noel y Gas Express Nieto). Empresas del sector alimenticio, energético, manufacturero, fertilizantes y de disposición de residuos peligrosos se encuentran localizados en este Parque, por ejemplo: SUCROLIQ, DANONE DE MÉXICO, CARGILL DE MÉXICO, PROSI PVS CHEMICALS, METSO MÉXICO, TT ASSEMBLY MÉXICO, RANSPORTES EMULSIONES ASFÁLTICAS Y SUS DERIVADOS, PROMOTORA Y COMERCIALIZADORA DE PARAFINAS, AFALTHER, CENTRO GALVANIZADOR 2000, GRUPO COLLADO, PETRAMIN, SURFAMEX, CELOMEX, COMERCIALIZADORA DE LÁCTEOS Y DERIVADOS, SISTEMA DE TRATAMIENTO AMBIENTAL.

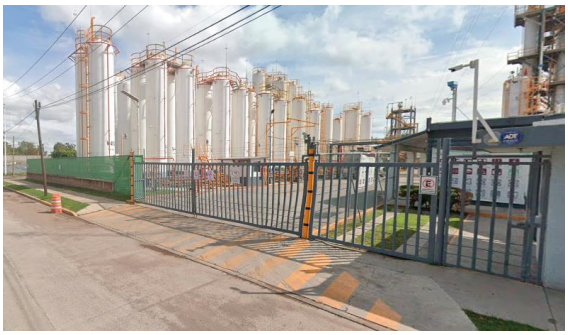


Figura 11: Ciudad Industrial Irapuato
Fuente: tomada de Google Maps

Parque Industrial Apolo: Este parque inició hace 25 años. Se ubica en la carretera Federal 45 Km 4.5. Cuenta con 79 naves industriales, ubicadas en 110 hectáreas de superficie, donde se encuentran establecidas 28 empresas de distintos giros, donde el 80% son centros de distribución y el resto de manufactura (ver Figura 12). Se planea expandir su territorio con 50 naves en un área de 80 hectáreas. Empresas del sector alimenticio (semillas), manufacturera y automotriz se encuentran localizadas en este Parque, por ejemplo: GOWAN SEMILLAS, DRAXTON, EVERCAST, ALUCOMEX PLANTA BAJÍO, PASS AUTOMOTIVE MÉXICO, WELDING ALLOYS PANAMERICANA, BOLDER INDUSTRIES, PROMOTORA Y COMERCIALIZADORA DE PARAFINAS, CONDUTEC, GENERAL BIOCHAR SYSTEMS, SERVICIOS FIPLA, INOVATIUM, INDUSPAC y CONAGRA.

Figura 12: Parque Industrial Apolo
Fuente: tomada de Google Maps

Centro Industrial Guanajuato: Este parque es un desarrollo industrial fundado en el año 2011, con una superficie de 220 ha enfocada en el sector automotriz, agroindustrial, plástico, metal-mecánico y logística (ver Figura 13). Está localizado entre la carretera Federal 90 km 15+500, en el tramo Irapuato – La Piedad, y la carretera Federal 41, tramo Irapuato – Cuerámaro. Empresas del sector automotriz, manufactura y alimenticio se encuentran localizadas en este Parque, por ejemplo: F&P MFG DE MÉXICO, U-SHIN

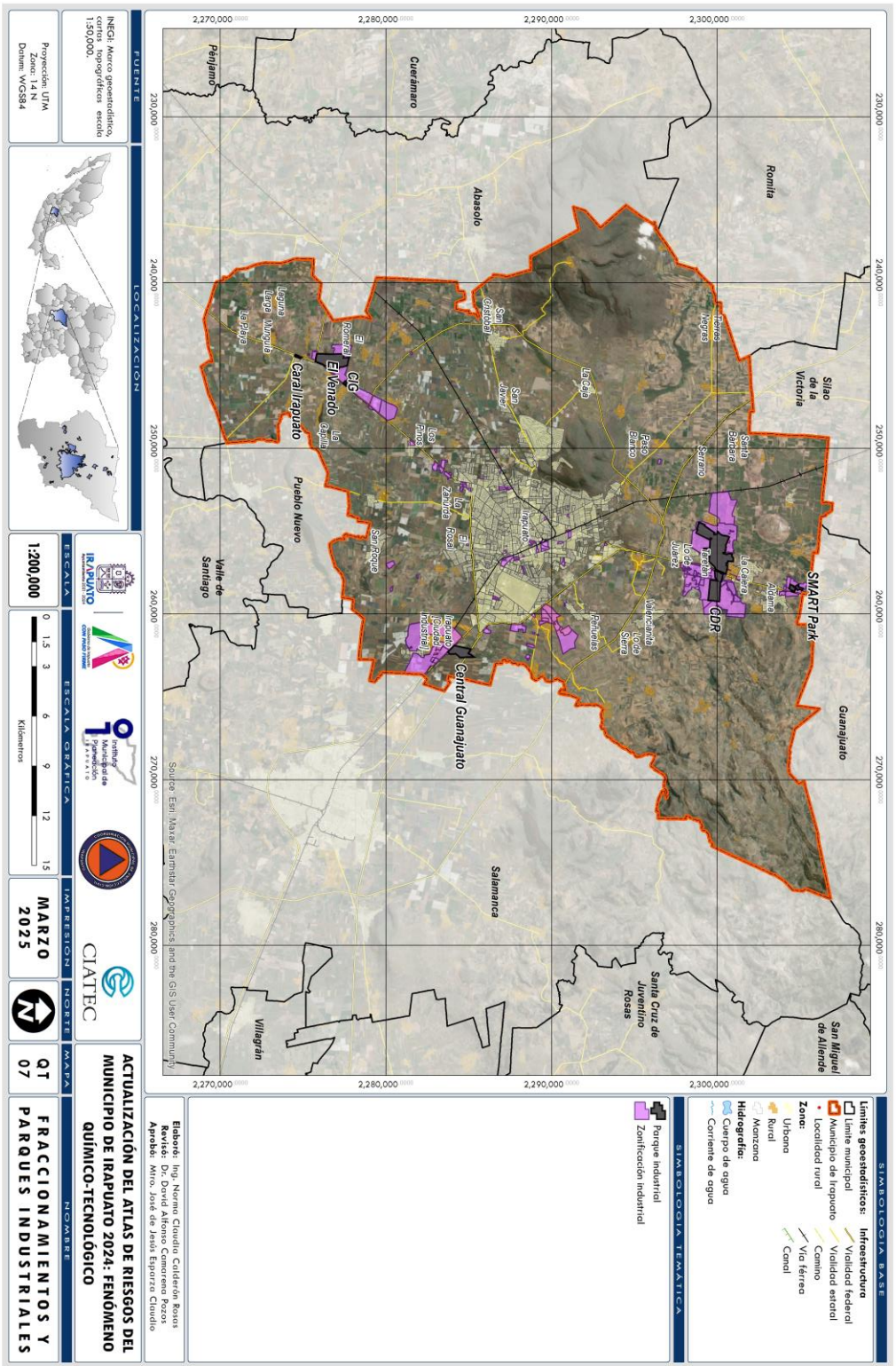
AUTOPARTS MÉXICO, HELLA AUTOMOTIVE MÉXICO, IKEGAMI MOLD DE MÉXICO, OMEGA MÉXICO AUTOMOTIVE ENGINEERING, HITACHI ASTEMO MÉXICO, WALORMEX, DIPSOL MÉXICO, RACK PROCESSING DE MÉXICO, FRESHKAMPO,

Figura 13: Centro Industrial Guanajuato
Fuente: tomada de Google Maps

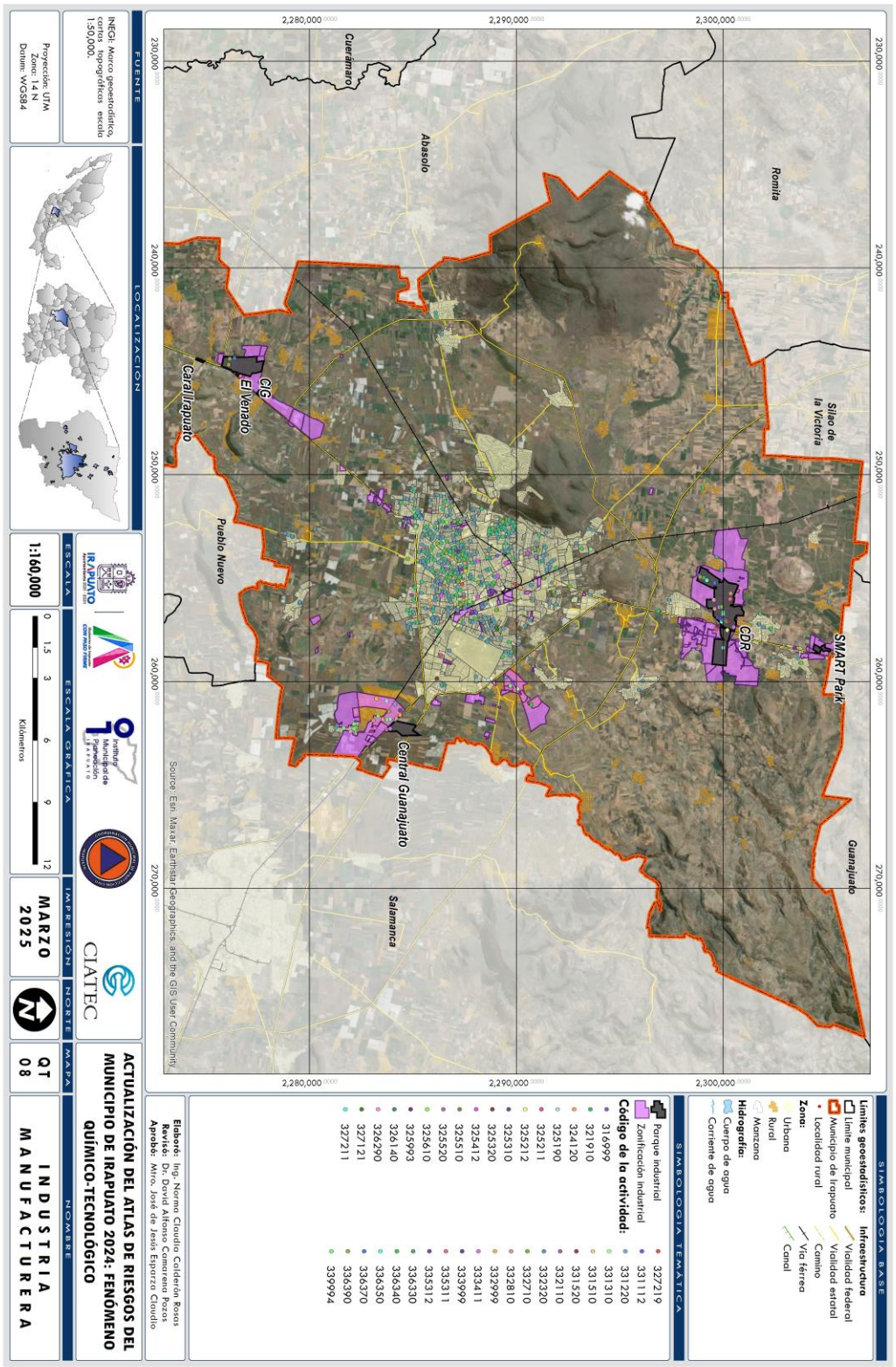
Parque Central Guanajuato: Ubicado sobre la Carretera Panamericana Irapuato-Salamanca km 5. Comprende 63 ha distribuidas en 24 lotes (ver Figura 14). Es una iniciativa de un grupo de inversionistas mexicanos, con el apoyo de la Secretaría de Desarrollo Económico Sustentable del Gobierno del Estado de Guanajuato. Empresas del sector automotriz y manufacturero como, por ejemplo: YMT INTERNATIONAL MEXICANA, CLAUGER y CEDIS GEPP IRAPUATO.

Figura 14: Parque Central Guanajuato
Fuente: tomada de Google Maps

Como se puede observar en la información anterior, una proporción de la industria manufacturera está establecida dentro de los Parques Industriales del municipio. La localización de estos Parques y Fraccionamientos Industriales en el municipio de Irapuato, se muestra en el Mapa 7. En el Mapa 8 se presenta la ubicación de la industria manufacturera en el municipio de Irapuato.



Mapa 7: Ubicación de parques y fraccionamientos industriales.



Mapa 8: Ubicación de la industria manufacturera.

VII.1.2.6 Hospitales

Los hospitales son unidades económicas consideradas de riesgo debido a los gases que se manejan y el número de personas que asisten diariamente. Entre otros gases utilizados dentro de los hospitales se encuentra el gas LP, el nitrógeno (N_2 en presentación líquida a muy baja temperatura) para tratamientos por criocirugías, oxígeno (O_2) para la respiración artificial, terapias de reanimación e inhalación, anestésico, tratamiento de quemaduras y en la terapia hiperbárica, dióxido de carbono (CO_2) utilizado en cirugías menos invasivas como laparoscopia, artroscopia, endoscopia y crioterapia, óxido nitroso (N_2O) utilizado en numerosos procedimientos quirúrgicos como anestésico y analgésico, aire comprimido, el cual se emplea para terapias respiratorias, como diluyente de O_2 y helio (He) utilizado para sistemas de refrigeración de tomógrafos y en el diagnóstico de enfermedades a través de imagen por resonancia magnética (ver Tabla 38).

Tabla 38: Sustancias utilizadas en hospitales

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gas LP	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Nota: Gases como el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, óxido nitroso, aire comprimido o helio no se encuentran dentro de los listados de actividades altamente riesgosas.

El almacenamiento de gases en hospitales debe cumplir con la **NOM-009-SESH-2011,** que hace referencia a los recipientes para contener gas LP, tipo no transportable, especificaciones y métodos de prueba, así como también con la **NOM-016-SSA3-2012**, que establece las características mínimas de infraestructura y equipamiento de hospitales y consultorios de atención médica especializada.

Los hospitales deben contar con una central de gases (Figura 15) que es el sitio en donde se abastecen, ubican y controlan exclusivamente los contenedores de gases medicinales, conexiones y dispositivos de control en las tuberías de distribución a los servicios del establecimiento.

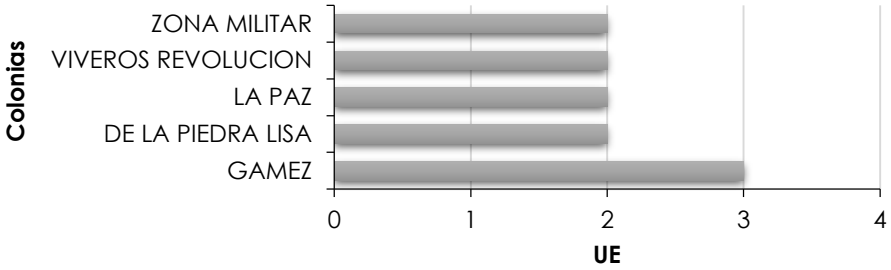
Figura 15: Central de gases en hospitales.
Fuente: PIPH y Seisamed

De acuerdo a la **NOM-016-SSA3-2012**, todos los establecimientos que manejen instalaciones fijas para el suministro de oxígeno y óxido nitroso, deberán disponer de una central de gases exclusiva para el suministro seguro e ininterrumpido a las áreas de atención médica, la cual deberá cumplir con las siguientes características:

- Deberá instalarse en un sitio al exterior del establecimiento principal, alejada de fuentes de calor y de energía eléctrica y en un lugar accesible que facilite la carga y descarga de los contenedores sin riesgo para el personal del área de la salud y los usuarios del establecimiento.
- Deberá estar techada, con suficiente ventilación, contar con piso de cemento y estar limitada perimetralmente. En caso de necesitar rampa de acceso vehicular, esta no deberá ser de asfalto ni de materiales inflamables.
- Estar debidamente identificada, contar con señalización de peligro, la prohibición de fumar y de manejar aceites o lubricantes de origen mineral.
- Deberá ser considerada un área de acceso restringido.
- Debe disponer como mínimo de un manifold exclusivo para oxígeno y otro, en su caso, para óxido nitroso.
- En caso de que se requiera instalar contenedores termoportátiles o estacionarios, en forma combinada con los cilindros de alta presión, se deberán hacer las adecuaciones tanto en el local de la central de gases como en las instalaciones del establecimiento, lo cual debe ser asentado en la bitácora.
- Para su reemplazo o recarga, los contenedores de gases medicinales deberán contar con los señalamientos y colores para su fácil identificación.
- Las líneas de distribución para cada uno de estos gases, deben estar tendidas en el exterior del edificio y fijas a los muros; asimismo, deberán identificarse con etiquetas y rotulación de color verde para oxígeno y con etiquetas y rótulos azules para óxido nitroso, debe estar señalizado a todo lo largo de la tubería, hasta las tomas de servicio final.

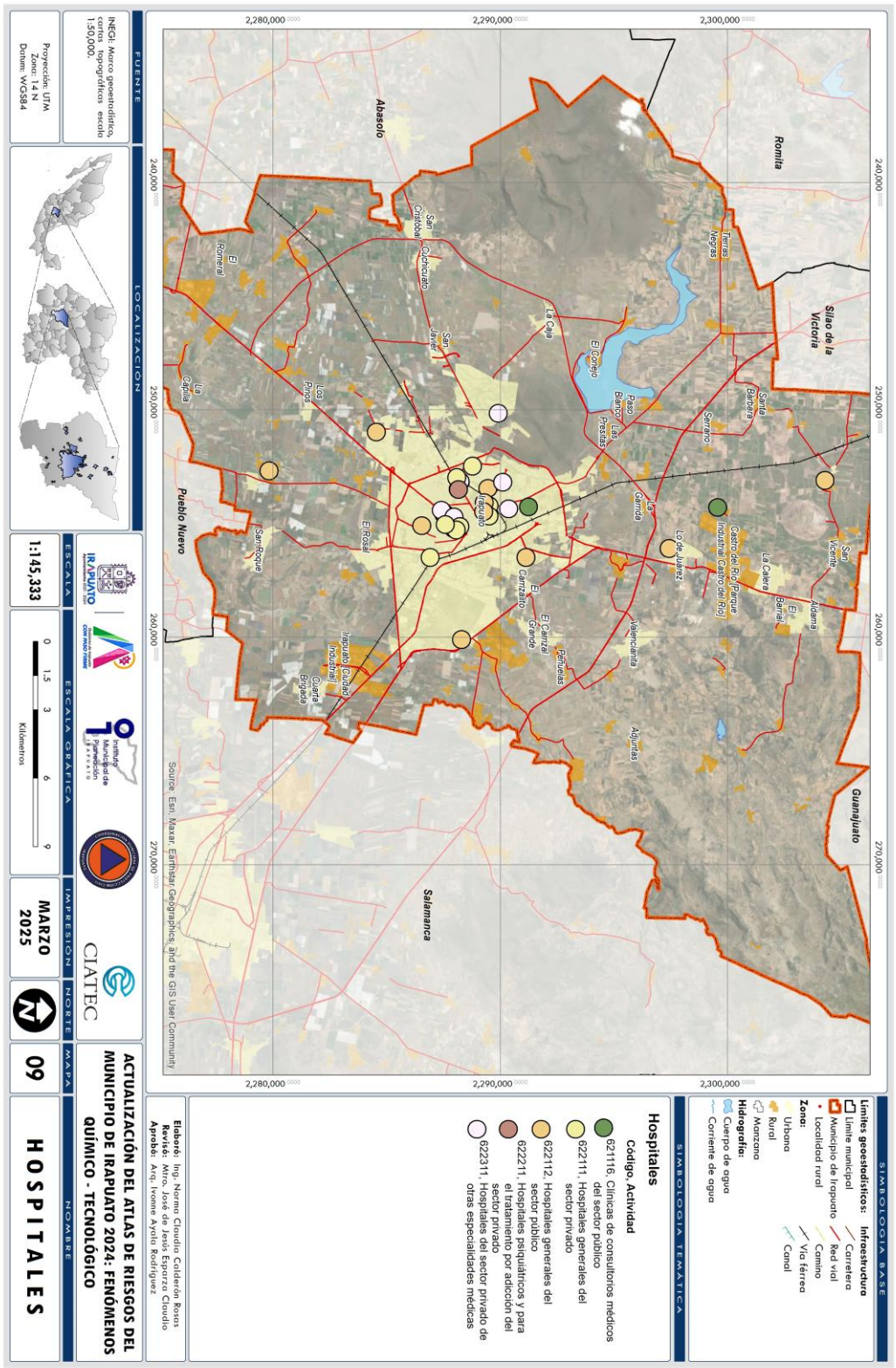
- Deberá tener un conjunto de sensores para el monitoreo de la presión de los gases, que debe activar el sistema de alarma cuando la presión del suministro primario, del suministro de respaldo o de la línea principal disminuya a valores que comprometan la presión de operación normal requerida.
- Las alarmas activadas por el conjunto de sensores de presión deben ser de tipo sonoro y luminoso; se requieren como mínimo dos de cada tipo. Una ubicada en la central de gases y otra en un área estratégica de control, cercana o dentro del establecimiento.

En el municipio de Irapuato, Gto., se encuentran registrados 35 hospitales, siendo la colonia Gámez la que concentra hasta 3 hospitales, como se observa en la Gráfica 5.



Gráfica 5: Colonias con más de 1 hospital en el municipio.
Fuente: elaboración propia con datos del DENUE

En el Mapa 9 se presenta la ubicación de los hospitales en el municipio de Irapuato.



Mapa 9: Ubicación de hospitales.

VII.1.2.7 Hoteles y moteles

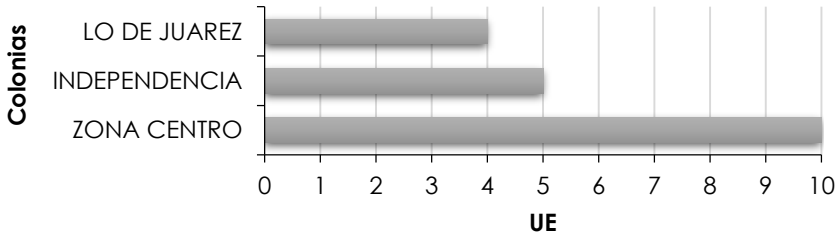
Los hoteles y moteles se pueden considerar establecimientos de riesgo, debido a los gases que se manejan y la cantidad de personas que se encuentran dentro del establecimiento. El gas comúnmente utilizado en estas instalaciones es el gas Licuado de Petróleo (gas LP), el cual normalmente se usa para cocina y calefacción. Debido a las características del mismo, su almacenamiento debe seguir lo especificado en la norma NOM-017-ASEA-2023, la cual denota las especificaciones de instalaciones de almacenamiento de gas LP (ver Tabla 39).

Tabla 39: Sustancias utilizadas en hoteles y moteles.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gas L.P.	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

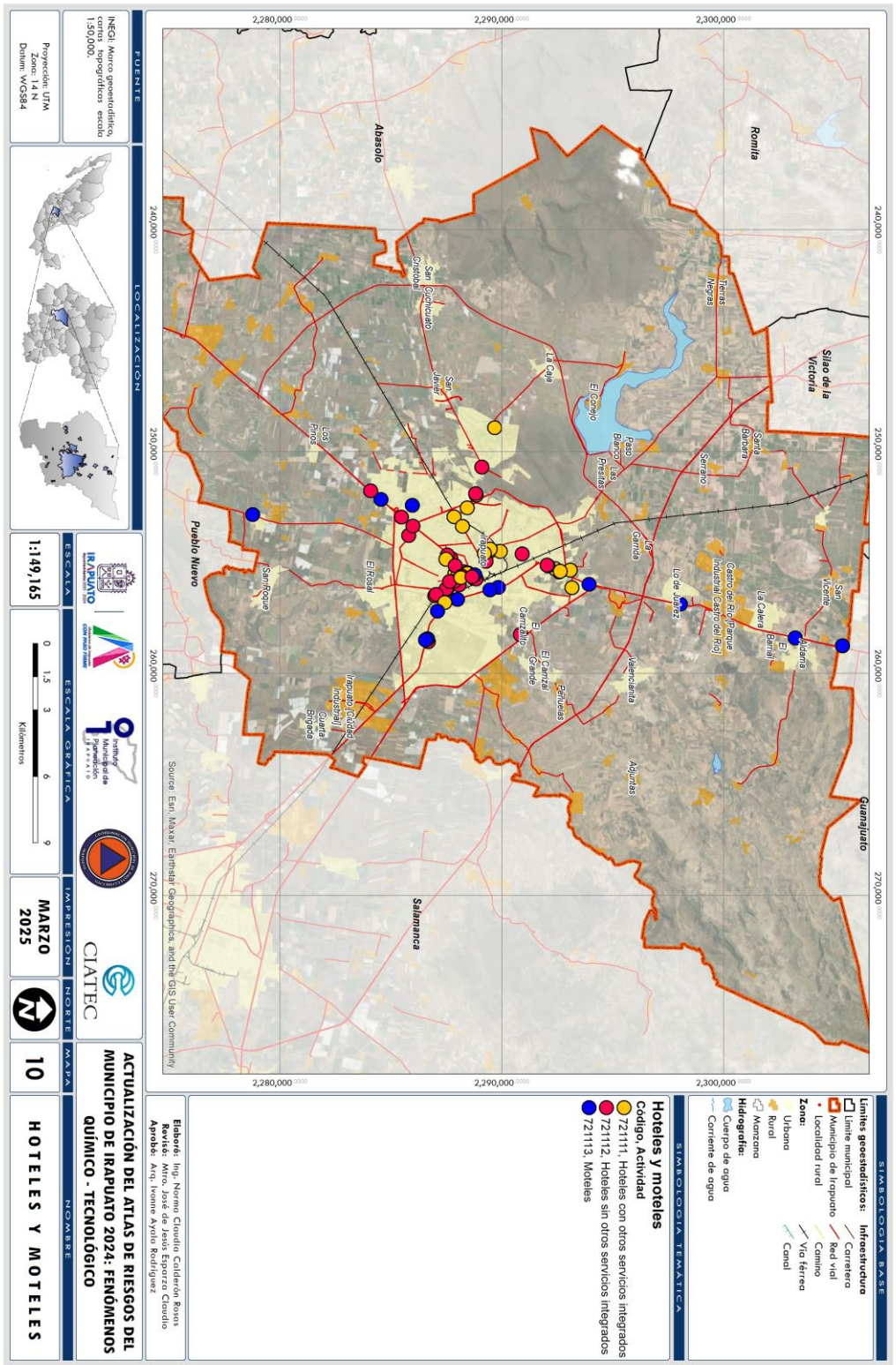
El municipio de Irapuato cuenta con un total de 66 hoteles y moteles y 10 de ellos se encuentran en la zona Centro (ver Gráfica 6).



Gráfica 6: Colonias con más de 3 hoteles y moteles en el municipio.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE.

En el Mapa 10 se presenta la ubicación de los hoteles y moteles en el municipio de Irapuato.



Mapa 10: Ubicación de hoteles y moteles.

VII.1.2.8 Manejo de residuos peligrosos

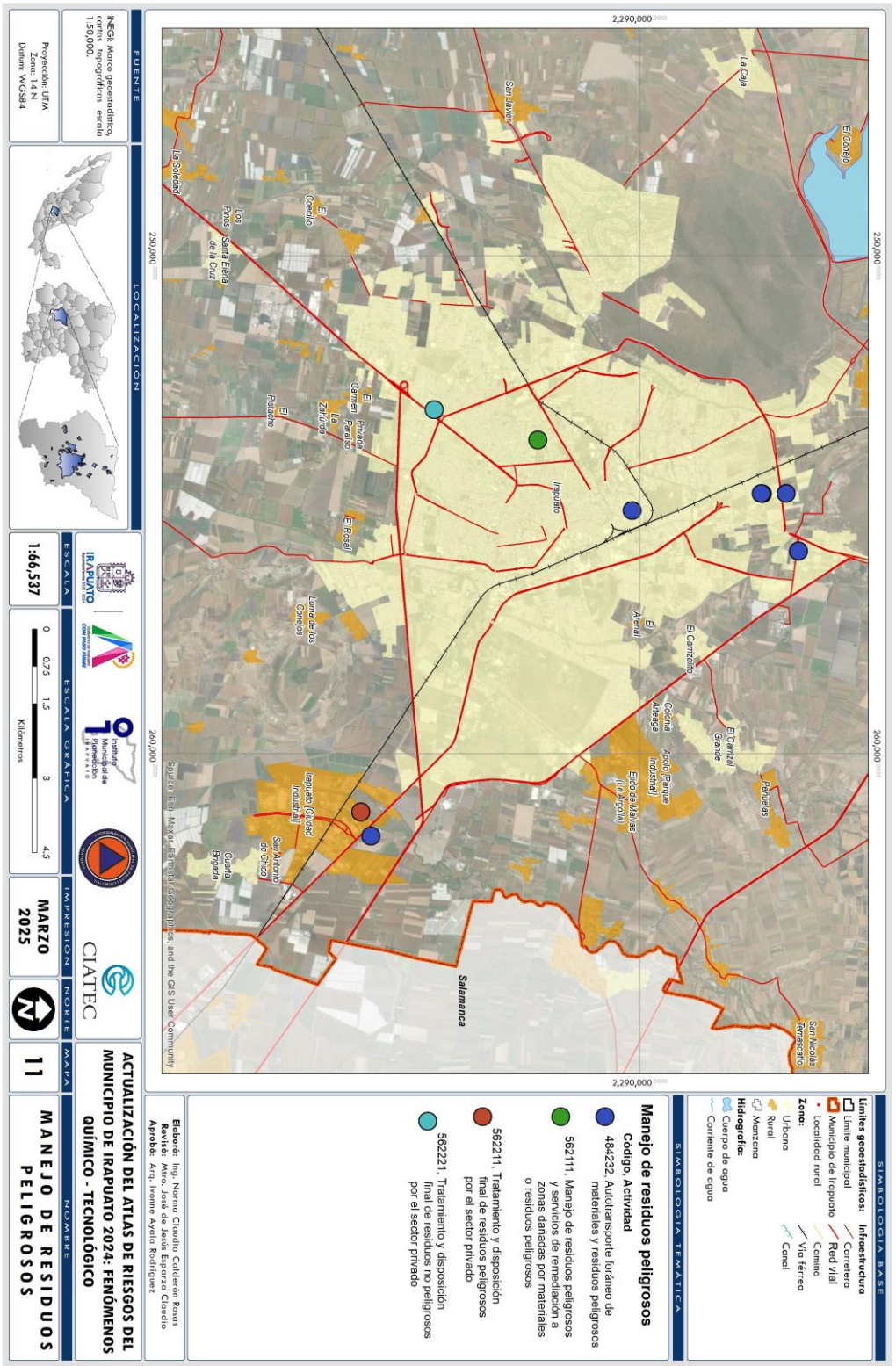
Los residuos peligrosos son todos aquellos desechos en estado sólido, líquido o gaseoso que contengan al menos una de las características CRETIB (por ejemplo: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable o biológico-infeccioso). Algunos ejemplos de residuos peligrosos incluyen benceno, ciclohexano, cloroformo, residuos de la producción de coque, residuos de pigmentos de base de cromo y plomo, así como lodos de distintas industrias.

La NOM-052-SEMARNAT-2005 enlista detalladamente todos los residuos peligrosos y los agrupa en diferentes clasificaciones como provenientes de fuente específica, no específica o resultados de desecho de productos químicos sin especificaciones o caducos. Las empresas dedicadas al manejo de residuos peligrosos deben apegarse a lo establecido en las siguientes normas:

1. **NOM-002-SCT-SEMAR-ARTF/2023**. Listado de sustancias y materiales peligrosos (mercancías peligrosas).
2. **NOM-002-1-SCT-SEMAR-ARTF/2023**. Listado de sustancias y materiales peligrosos (mercancías peligrosas) - Instrucciones y uso de embalajes/envases, recipientes intermedios para graneles (RIG), grandes embalajes/envases, cisternas portátiles, contenedores de gas de elementos múltiples y contenedores para graneles para el transporte de mercancías peligrosas.
3. **NOM-003-SCT/2008**. Características de las etiquetas de envases y embalajes, destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
4. **NOM-004-SCT/2008.** Sistemas de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
5. **NOM-005-SCT/2008**. Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
6. **NOM-006-SCT-2-2023.** Aspectos básicos para la revisión ocular de la unidad destinada al transporte de mercancías peligrosas.
7. **NOM-007-SCT-2-2022.** Disposiciones relativas a la construcción, marcado UN y ensayo de embalajes/envases, recipientes intermedios para graneles (RIG) y grandes embalajes/envases destinados al transporte de mercancías peligrosas.
8. **NOM-009-SCT2/2009.** Especificaciones especiales y de compatibilidad para el almacenamiento y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 de explosivos.
9. **NOM-010-SCT2/2009.** Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
10. **NOM-011-SCT2/2012.** Condiciones para el transporte de las sustancias y materiales peligrosos envasados y/o embalados en cantidades limitadas.

11. **NOM-011-1-SCT2-2-2022.** Especificaciones para el transporte de determinadas clases de mercancías peligrosas (substancias o materiales peligrosos) embaladas/envasadas en cantidades exceptuadas — Especificaciones para el transporte de productos para el consumidor final, inclusive.
12. **NOM-019-SCT2/2015.** Especificaciones técnicas y disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
13. **NOM-023-SCT2/2011.** Información que debe contener la Placa Técnica que deben portar los autotanques, cisternas portátiles y Recipientes Metálicos Intermedios a Granel (RIG) que transportan sustancias, materiales y residuos peligrosos.
14. **NOM-027-SCT2/2009.** Especificaciones especiales y adicionales para los envases, embalajes, recipientes intermedios a granel, cisternas portátiles y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos.
15. **NOM-028-SCT2/2010.** Disposiciones especiales y generales para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables.
16. **NOM-030-SCT2/2009.** Especificaciones y características relativas al diseño, construcción, inspección y pruebas de cisternas portátiles de gases licuados refrigerados.
17. **NOM-032-SCT2/2009.** Especificaciones y características relativas al diseño, construcción, inspección y pruebas de cisternas portátiles destinadas al transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de las clases 1, 3 a 9.
18. **NOM-043-SCT-SEMAR-ARTF-2023**. Documento de transporte de mercancías peligrosas.
19. **NOM-046-SCT2/2010.** Especificaciones y características relativas al diseño, construcción, inspección y pruebas de cisternas portátiles de gases licuados no refrigerados.
20. **NOM-051-SCT2/2011.** Especificaciones para la clasificación de las sustancias infecciosas y especificaciones especiales y adicionales para la construcción y ensayo (prueba) de los envases y/o embalajes que transporten sustancias infecciosas de la división 6.2, Categoría A.
21. **NOM-057-SCT2/2003.** Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de gases comprimidos, especificación SCT 331.

El municipio de Irapuato cuenta con 11 centros de manejo de residuos peligrosos, 3 de los cuales se ubican en la colonia Lo de Juárez. En el Mapa 11 se presenta la ubicación de los centros de manejo de residuos peligrosos en el municipio de Irapuato.



Mapa 11: Ubicación de centros de manejo de residuos peligrosos.

VII.1.2.9 Purificación de agua

La purificación del agua es un proceso que se lleva a cabo para garantizar la calidad y seguridad del agua para su consumo humano. Los procesos de purificación pueden variar según el origen del agua. Sin embargo, en muchos casos es común que se usen gas cloro y ozono para la eliminación de microorganismos (ver Tabla 40).

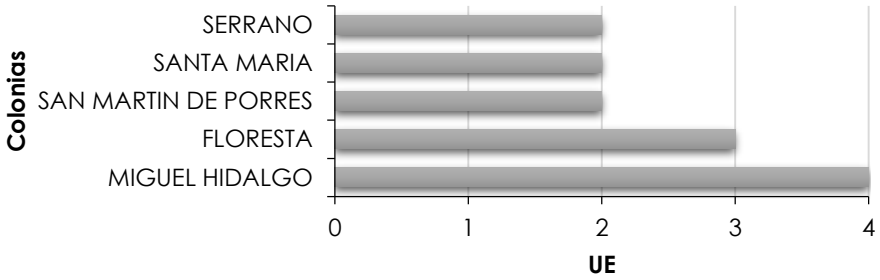
En el caso de gas cloro, el almacenamiento de este en grandes cantidades presenta un riesgo debido a sus características de peligrosidad. Este puede producir quemaduras en la piel, irritación e inflamación en el sistema respiratorio, que en casos graves puede resultar en edemas pulmonares.

Tabla 40: Sustancias utilizadas en purificación de agua

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Gas Cloro	7782-50-5	1 kg	Tóxico
Ozono	10028-15-6	1 kg	Tóxico

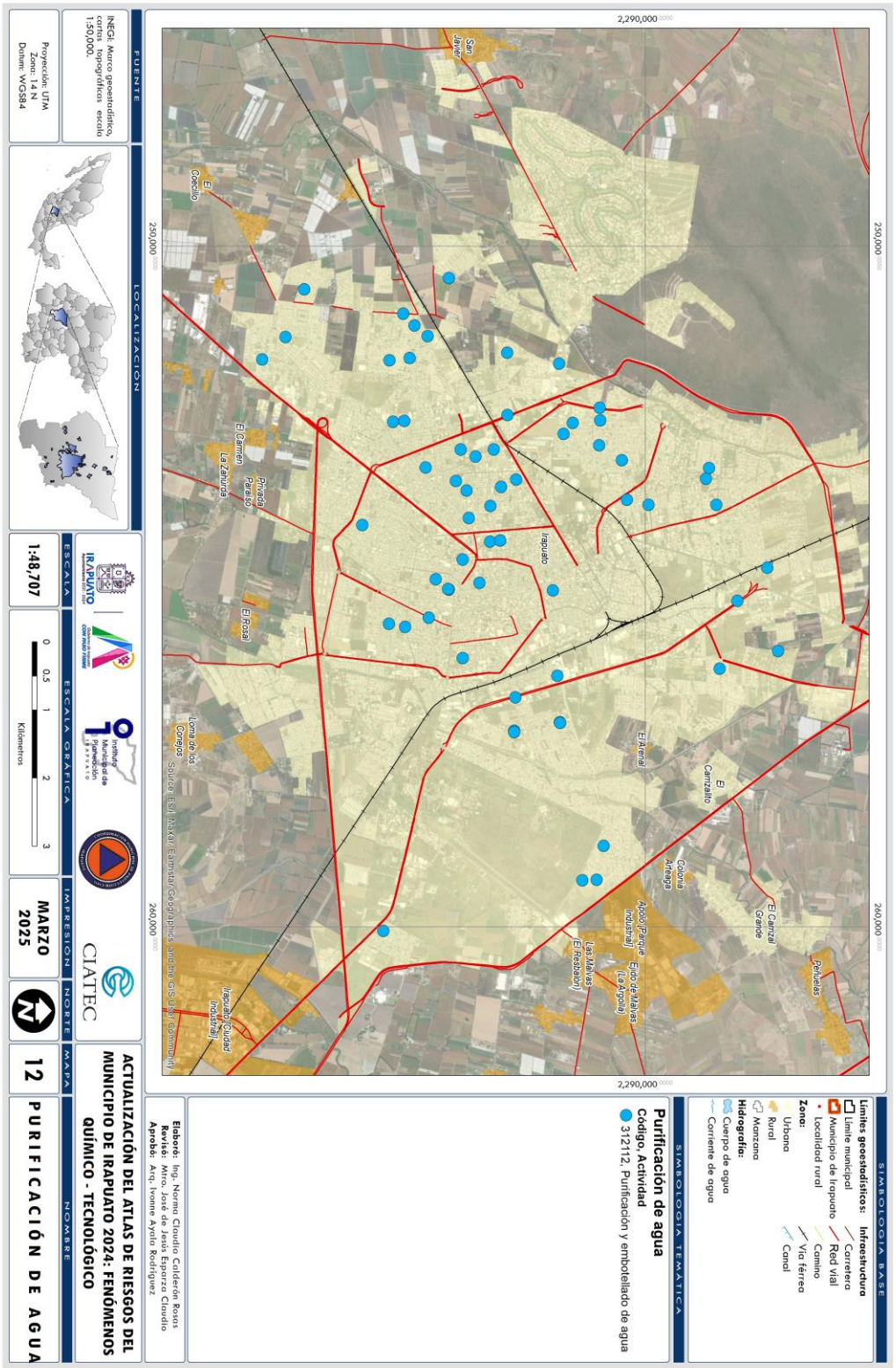
Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

El municipio de Irapuato cuenta con un total de 46 plantas de purificación y embotellamiento de agua y 4 de ellas se encuentran en la colonia Miguel Hidalgo (ver Gráfica 7). En el Mapa 12 se muestra la ubicación de las purificadoras dentro del municipio.



Gráfica 7: Colonias con más de una purificadora de agua.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE



Mapa 12: Ubicación de purificadora de agua.

VII.1.2.10 Laboratorios

En los laboratorios de análisis se emplean diferentes gases como soporte para diferentes aplicaciones. Generalmente se utilizan gases a presión suministrados a través de una instalación fija o directamente de botellas en su estado gaseoso o licuado y en el estado líquido. Por ejemplo, para el cultivo celular se requiere dióxido de carbono (CO_2) en estado sólido y gaseoso, nitrógeno (N_2) y mezcla de gases ($CO_2 + O_2 + N_2$). Para la conservación de tejidos celulares a bajas temperaturas, se utiliza nitrógeno líquido.

Por otro lado, la calibración de instrumentos analíticos permite garantizar el funcionamiento seguro de dichos instrumentos. Se utilizan mezclas de gases de alta precisión con composiciones definidas para su calibración. Por ejemplo: acetileno (C_2H_2), aire ($N_2 + O_2$), argón (Ar), helio (He), hidrógeno (H_2), oxígeno (O_2), óxido nitroso (N_2O), etc. (Tabla 41).

Así también, el municipio de Irapuato cuenta con 7 centros registrados de investigación científica y desarrollo en ciencias naturales y exactas, ingeniería, y ciencias de la vida. Cinco de ellos corresponden al sector privado y dos de ellos al sector público. Del sector privado se encuentran:

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato
- Geotecnia y Calidad LICCSA
- INVESCLINIC
- Parque de Innovación AGROBIOTEC
- Parque Tecnobiológico AGROTEC

Del sector público están registrados:

- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del IPN
- LANGEBIO

Existen diversas normas oficiales aplicables a los laboratorios, de las cuales destacan las siguientes:

- **NOM-007-SSA3-2011**, para la organización y funcionamiento de los laboratorios clínicos.

- **NOM-052-SEMARNAT-2005,** que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos.

En referencia al transporte, envasado y almacenamiento de sustancias peligrosas:

- **NOM-010-SCT2/2009** establece las disposiciones de compatibilidad y segregación que deben aplicarse para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos, debidamente envasados y embalados, a fin de proteger la seguridad y sus bienes, así como el medio ambiente y las vías generales de comunicación terrestre. Implica responsabilidad para los expedidores, transportistas y destinatarios de las sustancias, materiales y residuos peligrosos.
- **NOM-020-STPS-2011** establece los requisitos de seguridad para el funcionamiento de los recipientes sujetos a presión, recipientes criogénicos y generadores de vapor o calderas en los centros de trabajo, a fin de prevenir riesgos para los trabajadores y daños en las instalaciones.
- **NOM-005-STPS-1998** establece las condiciones de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y evitar daños al centro de trabajo.

Existen además normativas que hacen referencia a los residuos peligrosos biológico-infecciosos como:

- **NOM-087-ECOL-SSA1-2002**, Protección ambiental – Salud ambiental – Residuos peligrosos biológico-infecciosos – Clasificación y especificaciones de manejo.

Para aquellos laboratorios que dan servicios de rayos X, es importante considerar la siguiente norma:

- **NOM-229-SSA1-2002**, Salud ambiental. Requisitos técnicos para las instalaciones, responsabilidades sanitarias, especificaciones técnicas para los equipos y protección radiológica en establecimientos de diagnóstico médico con rayos X.

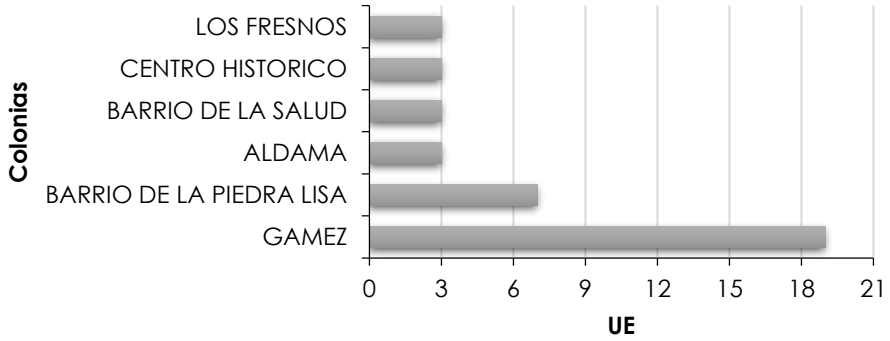
Tabla 41: Sustancias utilizadas en laboratorios.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Acetileno	74-86-2	500 kg	Inflamable/ Explosivo
Gas LP	68476-85-7	50,000 kg	Inflamable/ Explosivo

Fuente: Segundo listado de actividades altamente riesgosas.

Nota: Gases como el nitrógeno, oxígeno, dióxido de carbono, óxido nitroso, aire comprimido o helio no se encuentran dentro de los listados de actividades altamente riesgosas.

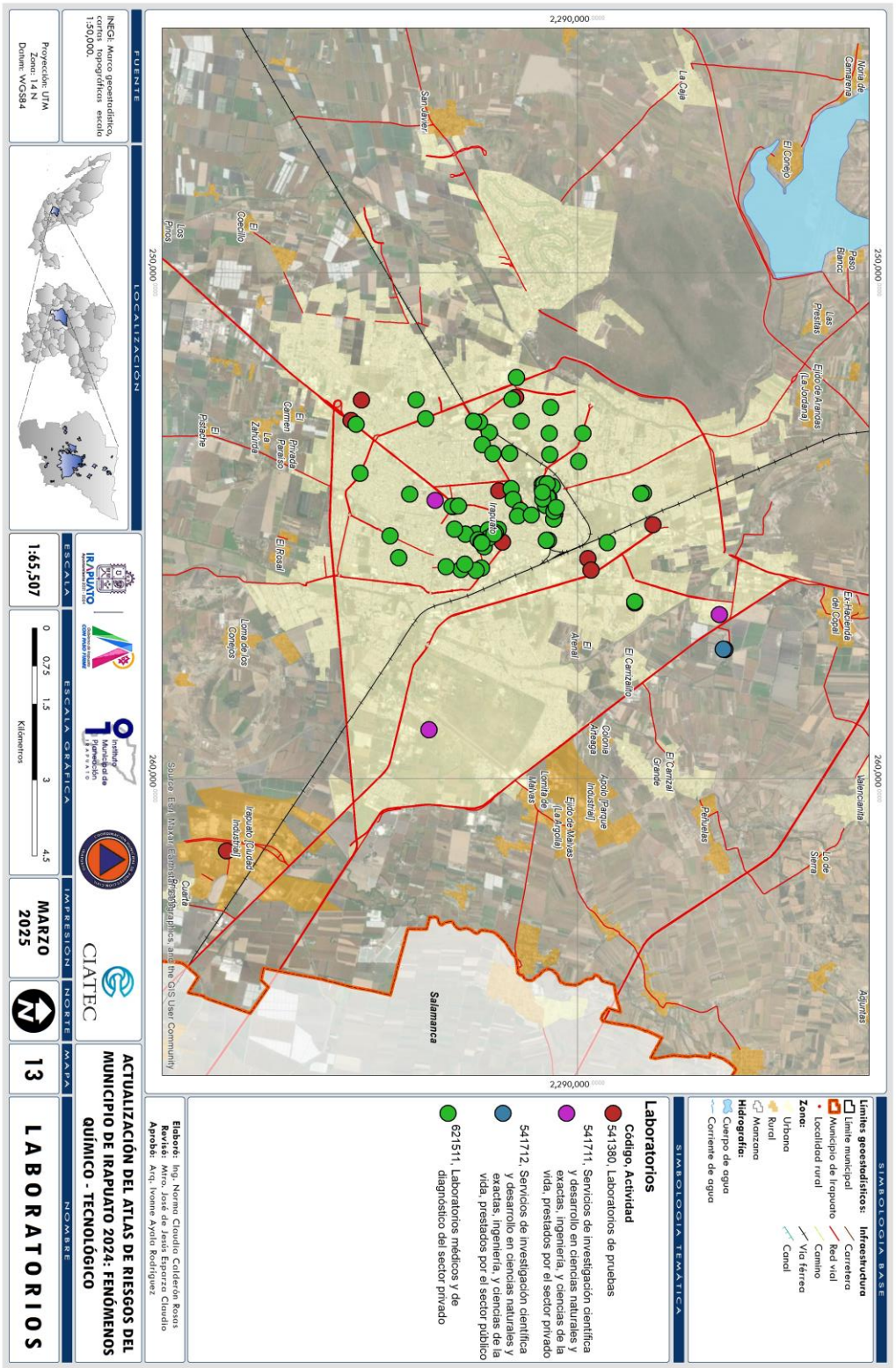
En el Municipio de Irapuato, Gto., se encuentran registrados 91 laboratorios, siendo la colonia Gámez la que concentra hasta 19 laboratorios (ver Gráfica 8).



Gráfica 8: Colonias con más de 2 laboratorios.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE

En el Mapa 13 se presenta la ubicación de los laboratorios en el municipio de Irapuato.



Mapa 13: Ubicación de laboratorios.

VII.1.2.11 Servicios de control de plagas

Dentro de este rubro se consideraron los servicios de control y exterminación de plagas, así como los servicios de fumigación agrícola. Estas unidades económicas deben contar con lineamientos, requisitos y condiciones sanitarias para realizar el servicio donde estos contribuyan a la disminución de riesgos asociados a la aplicación de plaguicidas. La normativa aplicable a estos establecimientos se encuentra en la **NOM-256-SSA1-2012**, la cual establece las condiciones sanitarias que deben cumplir los establecimientos y personal dedicados al control de plagas mediante plaguicidas.

Uno de los puntos importantes en esta norma es que el servicio de control de plagas urbanas debe contar con licencia sanitaria expedida, previo al inicio de actividades, por la Secretaría de Salud a nivel federal o por el Gobierno de Guanajuato en este caso, y además debe contar con licencia sanitaria para poseer, manejar, aplicar o almacenar plaguicidas o sustancias destinadas al control de plagas. Además, el titular de la licencia sanitaria debe cumplir con:

- Realizar vigilancia conforme a las disposiciones jurídicas aplicables.
- Proveer a su personal aplicador la atención médica adecuada con las actividades que realiza.
- Someter al personal aplicador a un examen médico al ingreso y al menos una vez por año para exámenes de seguimiento.
- Generar y archivar un expediente médico por cada aplicador.

En todo caso, para ejecutar el servicio, se deberá utilizar el equipo de protección personal y de seguridad que señale la etiqueta y la hoja de datos de seguridad del producto empleado. De igual manera, los productos que utilicen o comercialicen deben cumplir con lo descrito en la **NOM-232-SSA1-2009** sobre plaguicidas, que establece los requisitos del envase, embalaje y etiquetado de productos de grado técnico y para uso agrícola, forestal, pecuario, jardinería, urbano, industrial y doméstico. La Tabla 42 muestra algunos ingredientes activos mencionados en el Primer listado de actividades altamente riesgosas.

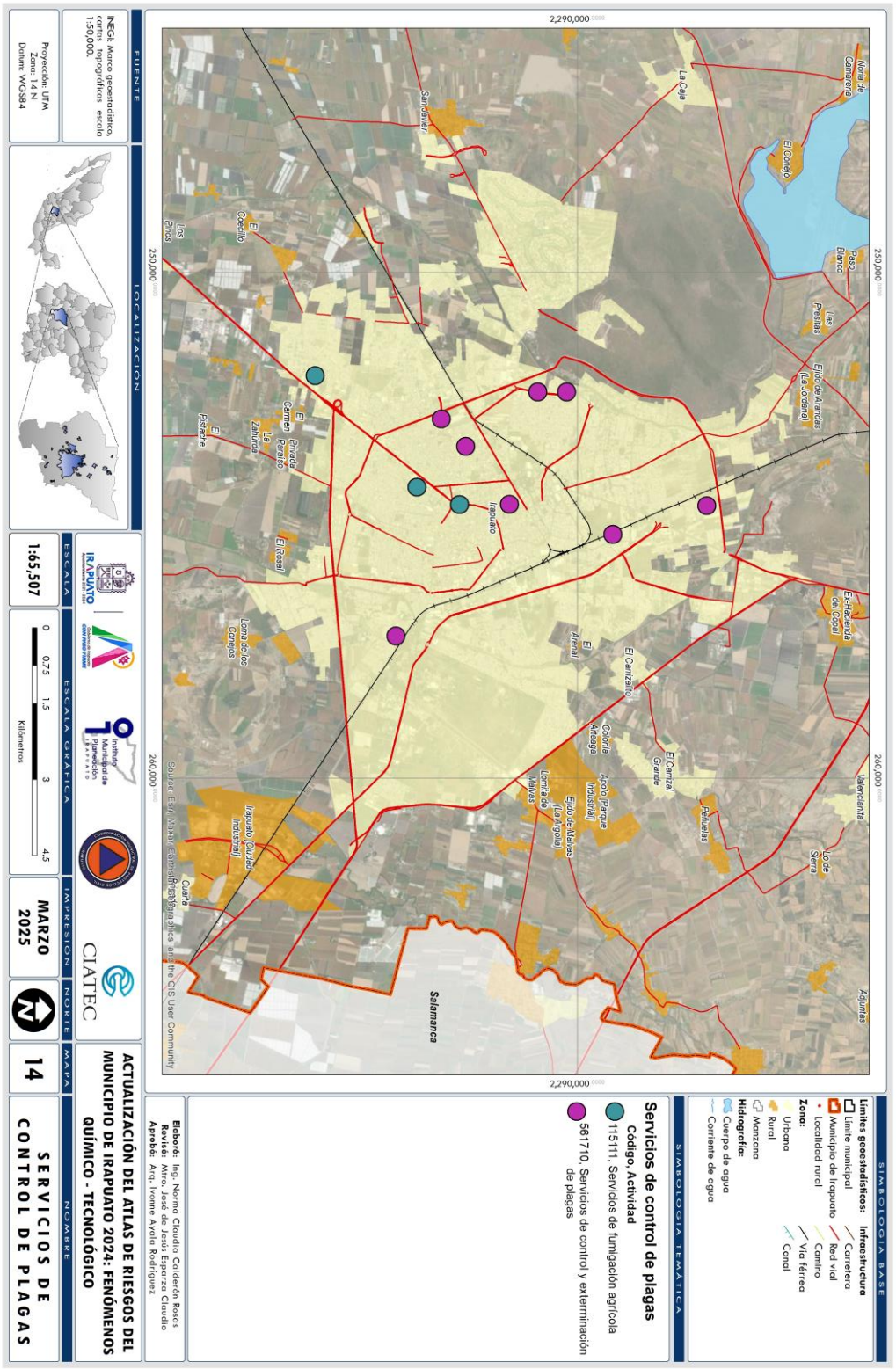
Tabla 42: Sustancias utilizadas en servicios de control de plagas.

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Endosulfán	115-29-7	1 kg	Tóxico/Corrosivo
Aldicarb	116-06-3	1 kg	Tóxico
Acroleína	107-02-8	1 kg	Tóxico/Corrosivo
Carbofurano	1563-66-2	1 kg	Tóxico

Sustancia química	No. CAS	Cantidad de reporte a partir de:	Característica de peligrosidad
Metil Parathion	298-00-0	1 kg	Tóxico
Paraquat	1910-42-5	1 kg	Tóxico/Corrosivo

Fuente: Primer listado de actividades altamente riesgosas.

En el municipio de Irapuato, Gto., se encuentran registradas 13 unidades económicas dedicadas a este rubro. El Mapa 14 muestra la ubicación de cada uno de ellos en el municipio de Irapuato, Gto.



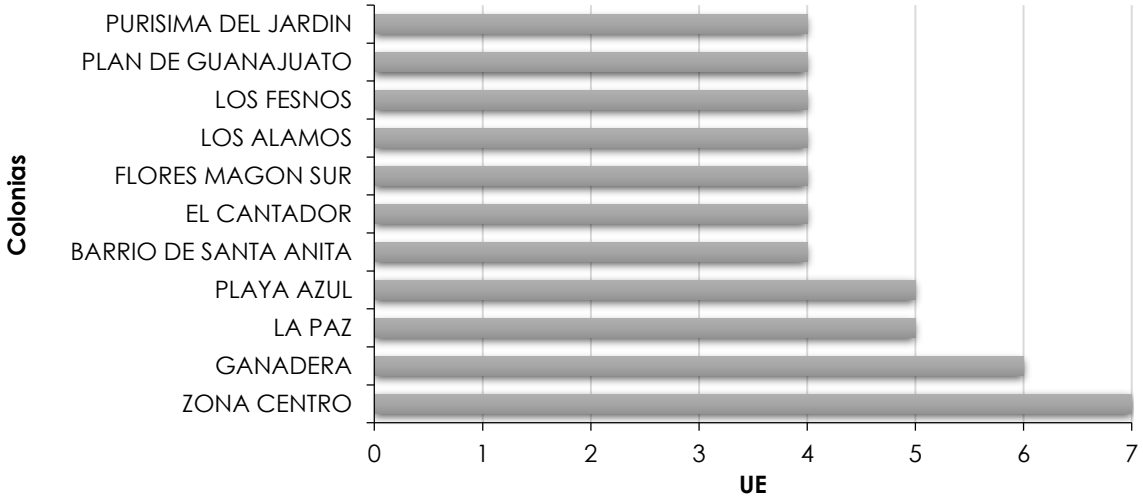
Mapa 14: Ubicación de establecimientos que ofrecen servicios de control de plagas.

VII.1.2.12 Comercio al por mayor

En este concepto se encuentran consideradas las actividades que comercializan productos químicos al por mayor en el municipio de Irapuato. Estas actividades se enlistan a continuación:

- Comercio al por mayor de fertilizantes, plaguicidas y semillas para siembra.
- Comercio al por mayor de otras materias primas para otras industrias.
- Comercio al por mayor de pan y pasteles.
- Comercio al por mayor de pintura.
- Comercio al por mayor de productos farmacéuticos.
- Comercio al por mayor de productos químicos para la industria farmacéutica y para otro uso industrial.

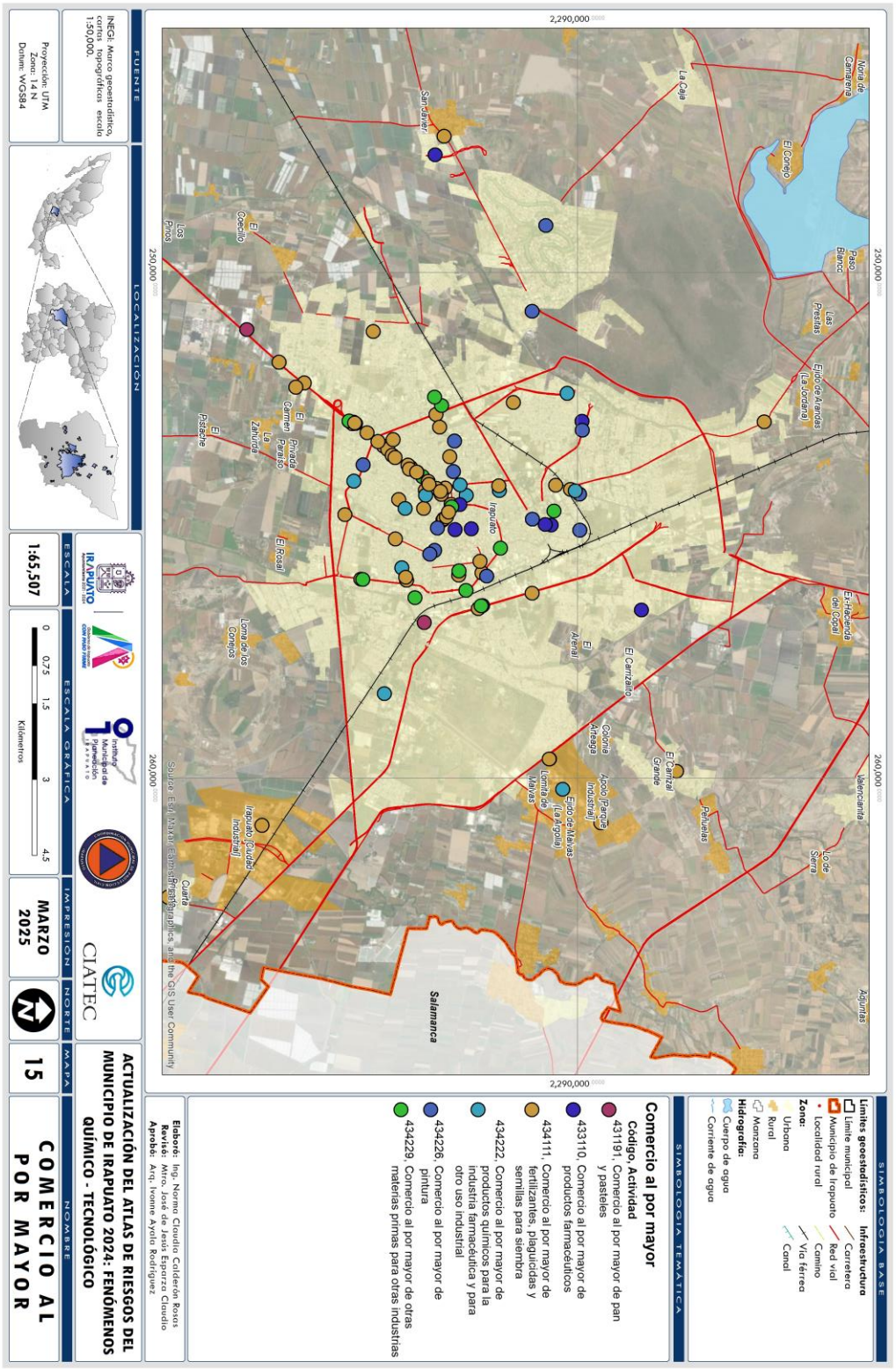
En el municipio de Irapuato, existen 120 unidades económicas relacionadas al comercio de estos productos, siendo la colonia Zona Centro la que contiene mayor cantidad de unidades económicas (ver Gráfica 9).



Gráfica 9: Colonias con más de 3 UE dedicadas al comercio al por mayor de sustancias químicas.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE

En el Mapa 15 se presenta la ubicación de estas unidades en el municipio de Irapuato.



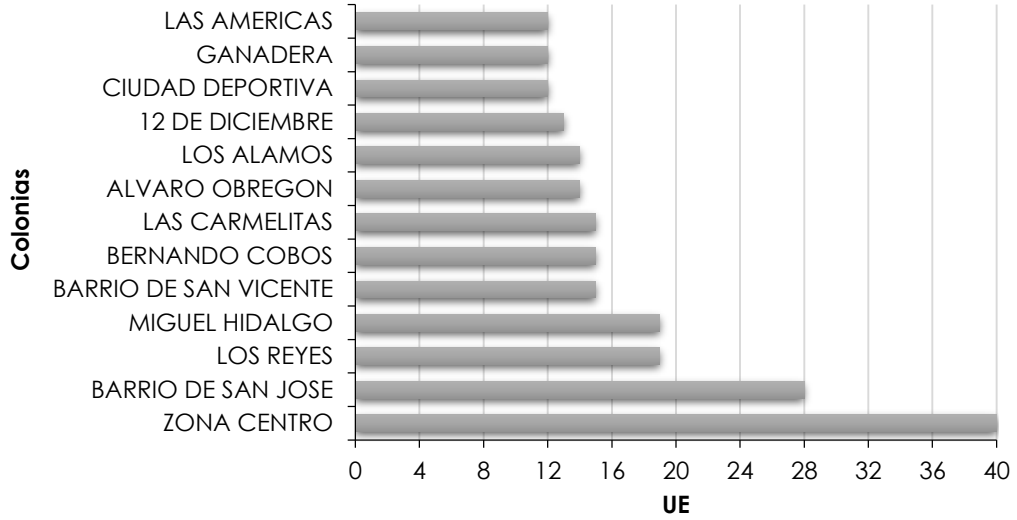
Mapa 15: Ubicación de UE dedicadas al comercio al por mayor de sustancias químicas.

VII.1.2.13 Comercio al por menor

En este concepto se encuentran consideradas las actividades que comercializan productos químicos al por menor en el municipio de Irapuato. Estas actividades se enlistan a continuación:

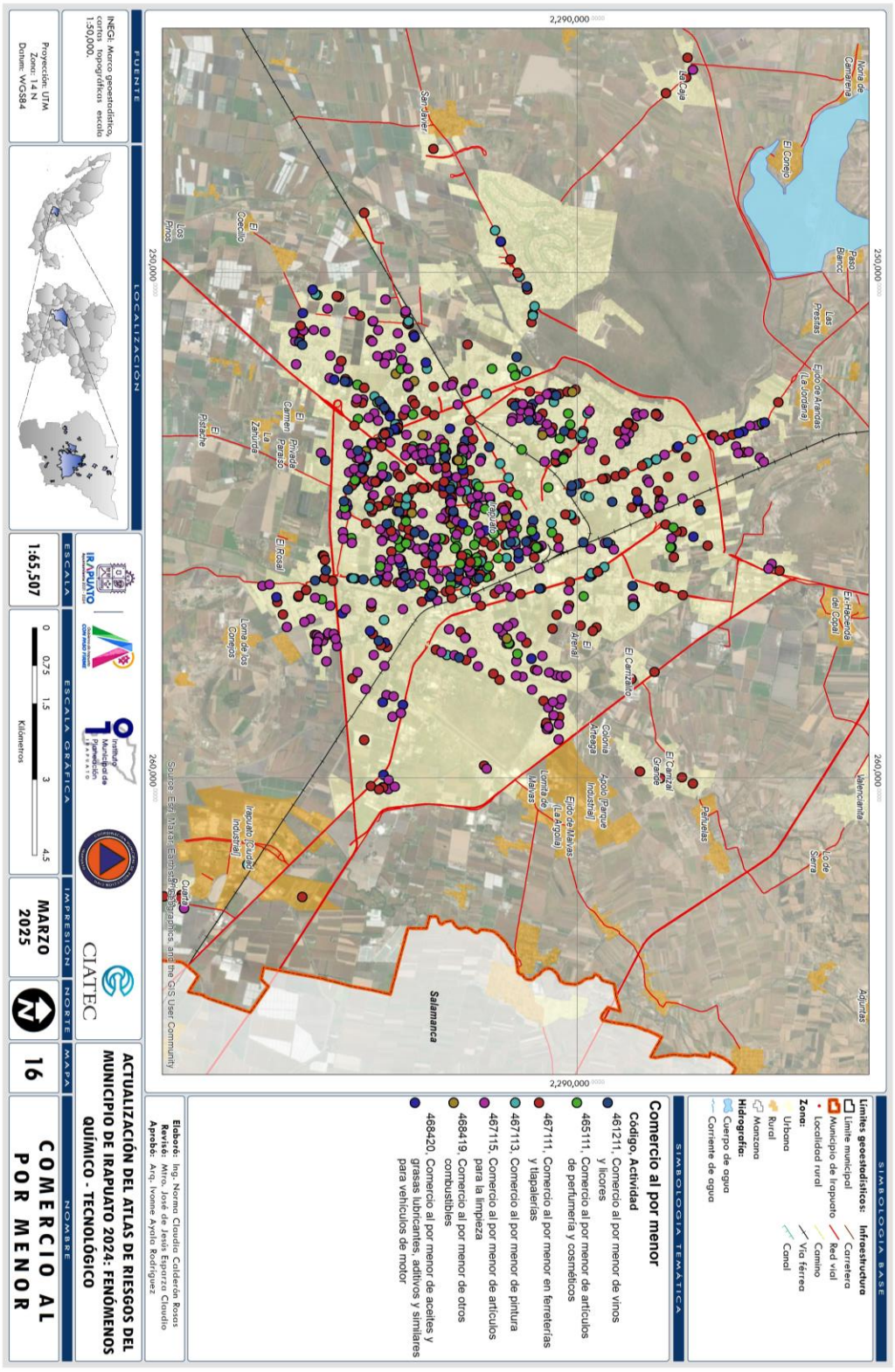
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor.
- Comercio al por menor de otros combustibles.
- Comercio al por menor de artículos de perfumería y cosméticos.
- Comercio al por menor de artículos para la limpieza.
- Comercio al por menor de pintura.
- Comercio al por menor de vinos y licores.
- Comercio al por menor en ferreterías y tlapalerías.

En el municipio de Irapuato existen 886 UE relacionadas al comercio al por menor de estos productos, siendo la colonia Zona Centro la que contiene mayor cantidad de establecimientos (ver Gráfica 10 y Mapa 16).



Gráfica 10: Colonias con más de 11 UE dedicadas al comercio al por menor de sustancias químicas.

Fuente: elaboración propia con datos del DENUE



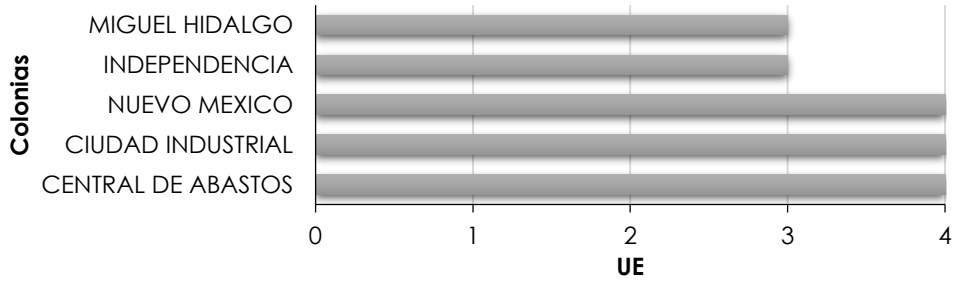
Mapa 16: Ubicación de UE dedicadas al comercio al por menor de sustancias químicas.

VII.1.2.14 Elaboración de productos varios

En este concepto se encuentran consideradas las actividades en donde elaboran productos alimenticios de manera industrial para su comercialización. Durante los procesos de fabricación se utilizan sustancias químicas como el gas natural o gas LP, principalmente. Estas actividades se enlistan a continuación:

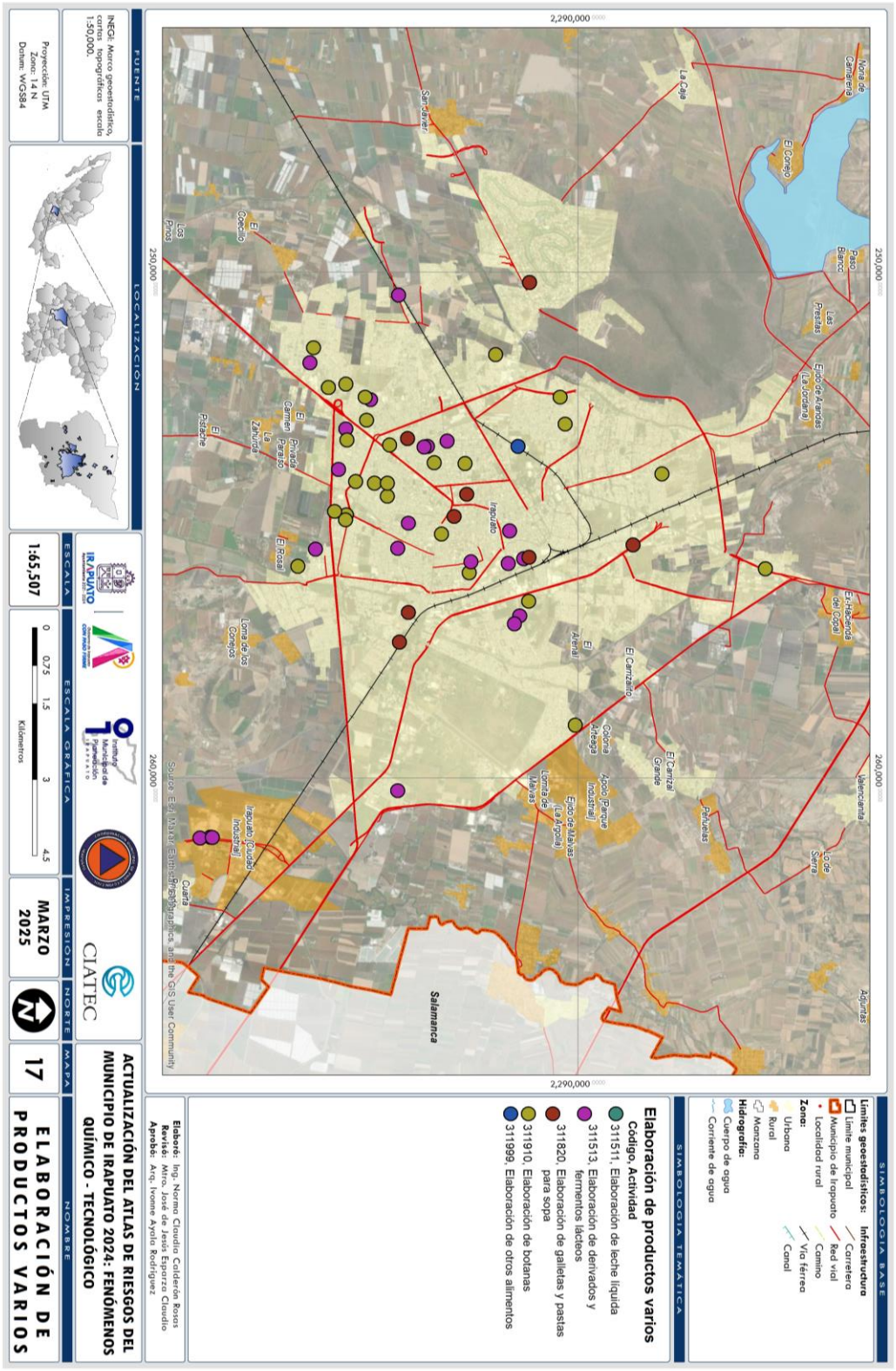
- Elaboración de botanas
- Elaboración de derivados y fermentos lácteos
- Elaboración de féculas y otros almidones y sus derivados
- Elaboración de galletas y pastas para sopa
- Elaboración de leche líquida
- Elaboración de otros alimentos

En el municipio de Irapuato, existen 63 UE relacionadas a la elaboración de productos varios, siendo las colonias Central de Abastos, Nuevo México y el Parque Ciudad Industrial Irapuato las que contienen mayor cantidad de establecimientos (ver Gráfica 11).



Gráfica 11: Colonias con más de 2 UE dedicadas a la elaboración de productos varios.
Fuente: elaboración propia con datos del DENUE

En el Mapa 17 se presenta la ubicación de estas unidades en el municipio de Irapuato.



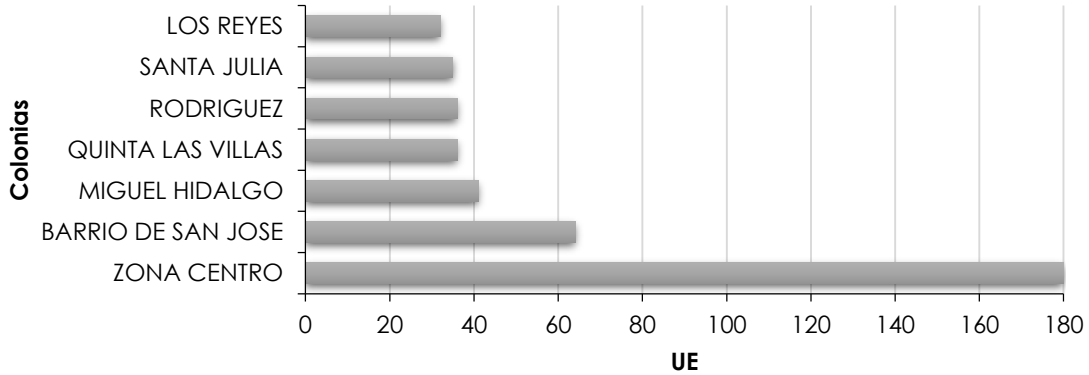
Mapa 17: Ubicación de UE dedicadas a la elaboración de productos varios.

VII.1.2.15 Preparación y venta de alimentos

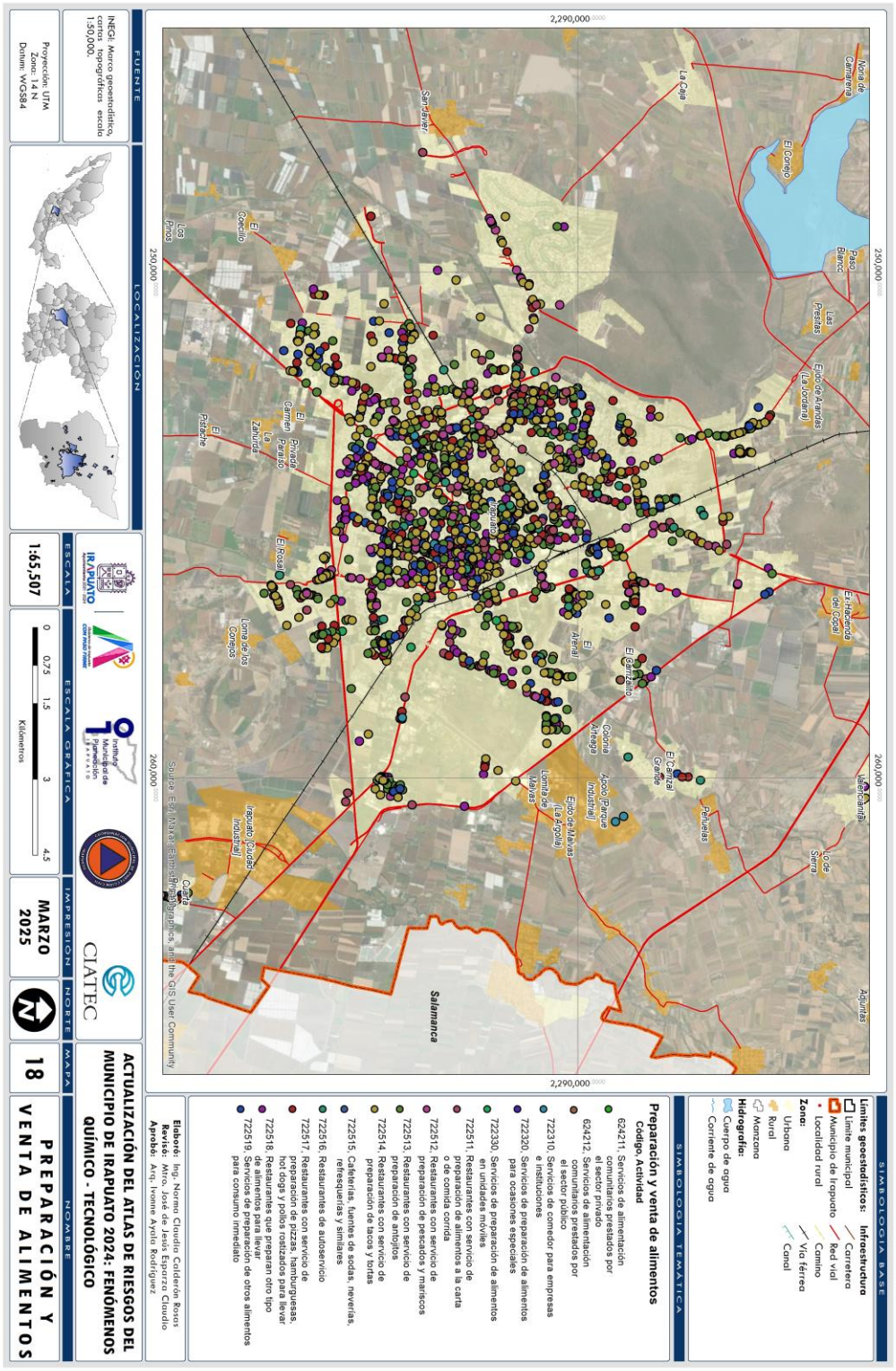
En este concepto se encuentran consideradas las actividades en donde se preparan y venden alimentos, ya sea en establecimientos de gran tamaño, locales pequeños como en el caso de taquería, y aquellos negocios intermitentes en donde se preparan alimentos en ocasiones especiales. Estos locales cuentan con el almacenamiento de gas LP y es importante considerarlos dentro de este fenómeno. Dentro de estas actividades se encuentran las siguientes:

- Restaurantes con servicio de preparación de alimentos a la carta o de comida corrida.
- Restaurantes con servicio de preparación de antojitos.
- Restaurantes con servicio de preparación de pescados y mariscos.
- Restaurantes con servicio de preparación de pizzas, hamburguesas, hot-dogs y pollos rostizados para llevar.
- Restaurantes con servicio de preparación de tacos y tortas.
- Restaurantes de autoservicio.
- Restaurantes que preparan otro tipo de alimentos para llevar.
- Servicio de alimentación comunitario prestado por el sector privado.
- Servicios de comedor para empresas e instituciones.
- Servicios de preparación de alimentos para ocasiones especiales.
- Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato.

En el municipio de Irapuato, existen 2,282 UE relacionadas a la preparación y venta de alimentos, siendo la zona Centro la que concentra hasta 180 elementos (ver Gráfica 12 y Mapa 18).



Gráfica 12: Colonias con más de 30 UE dedicadas a la preparación y venta de alimentos.
Fuente: elaboración propia con datos del DENUE



Mapa 18: Ubicación de UE dedicadas a la preparación y venta de alimentos.

VII.1.2.16 Tortillerías

El proceso de elaboración de las tortillas abarca las siguientes etapas:

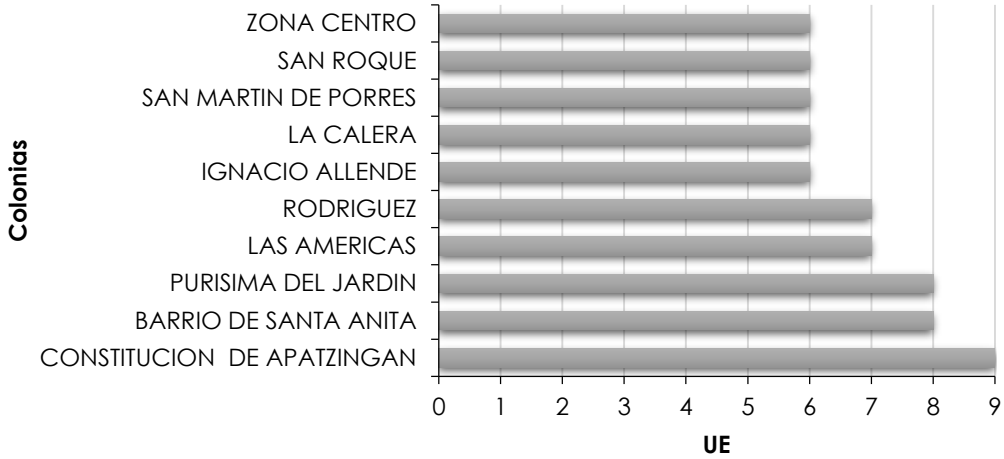
1) **Selección y nixtamalización del maíz.** Se selecciona maíz de calidad y se remoja en agua con cal para mejorar su textura y sabor.
2) **Molienda del maíz nixtamalizado.** El maíz nixtamalizado se muele para obtener una masa suave y homogénea.
3) **Formación de tortillas.** La masa se coloca en máquinas especializadas que la aplastan y dan forma a las tortillas.
4) **Cocción.** Las tortillas se cocinan hasta que estén doradas y ligeramente infladas.
5) **Empaque y distribución.** Finalmente, las tortillas se empacan y se distribuyen para su venta.

El almacenamiento de gas LP en tortillerías suele realizarse en tanques estacionarios o cilindros, que se utilizan para alimentar el proceso de cocción. El consumo de gas LP varía según la capacidad de producción y el tipo de máquina tortilladora utilizada. Generalmente, una tortillería puede gastar entre 300 y 1000 L de gas LP por semana.

Las máquinas tortilladoras más comunes, con capacidad de 2,100 a 6,000 tortillas por hora, pueden consumir entre 2 y 5.5 kg de gas LP por hora (**NOM-019-ENER-2009**, Eficiencias térmicas y eléctricas de máquinas tortilladoras mecanizadas). Por lo que se suele almacenar gas LP en tanques de 30 kg o hasta 540 kg.

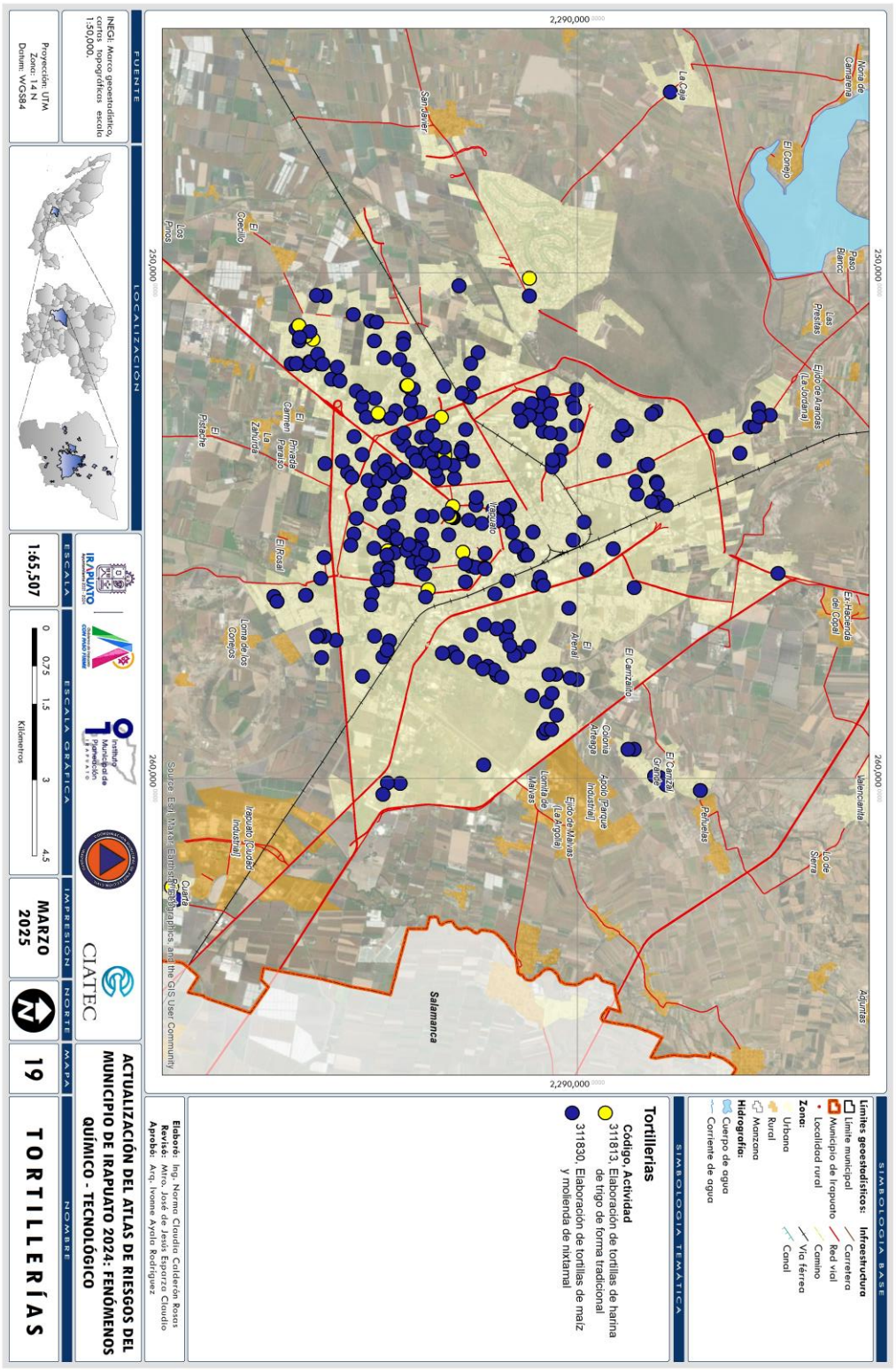
Los tanques estacionarios o cilindros se deben ubicar en un área segura, lejos de fuentes de ignición y agentes oxidantes, y deben estar claramente identificados. Estos establecimientos deben cumplir con las especificaciones técnicas y de seguridad que marca la **NOM-017-ASEA-2023**.

En el municipio de Irapuato, existen 334 tortillerías, siendo las colonias Constitución de Apatzingán (9), Barrio de Santa Anita (8) y Purísima del Jardín (8) las colonias con mayor número de UE (ver Gráfica 13).



Gráfica 13: Colonias con más de 5 tortillerías.

En el Mapa 19 se presenta la ubicación de tortillerías en el municipio de Irapuato.



Mapa 19: Ubicación de tortillerías.

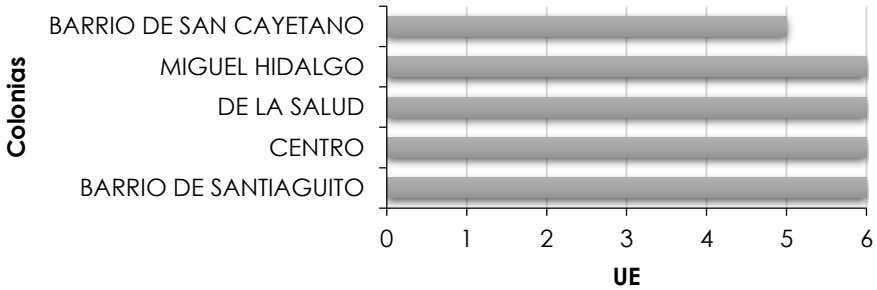
VII.1.2.17 Panificadoras

De manera general, el proceso productivo de pan abarca las siguientes etapas:

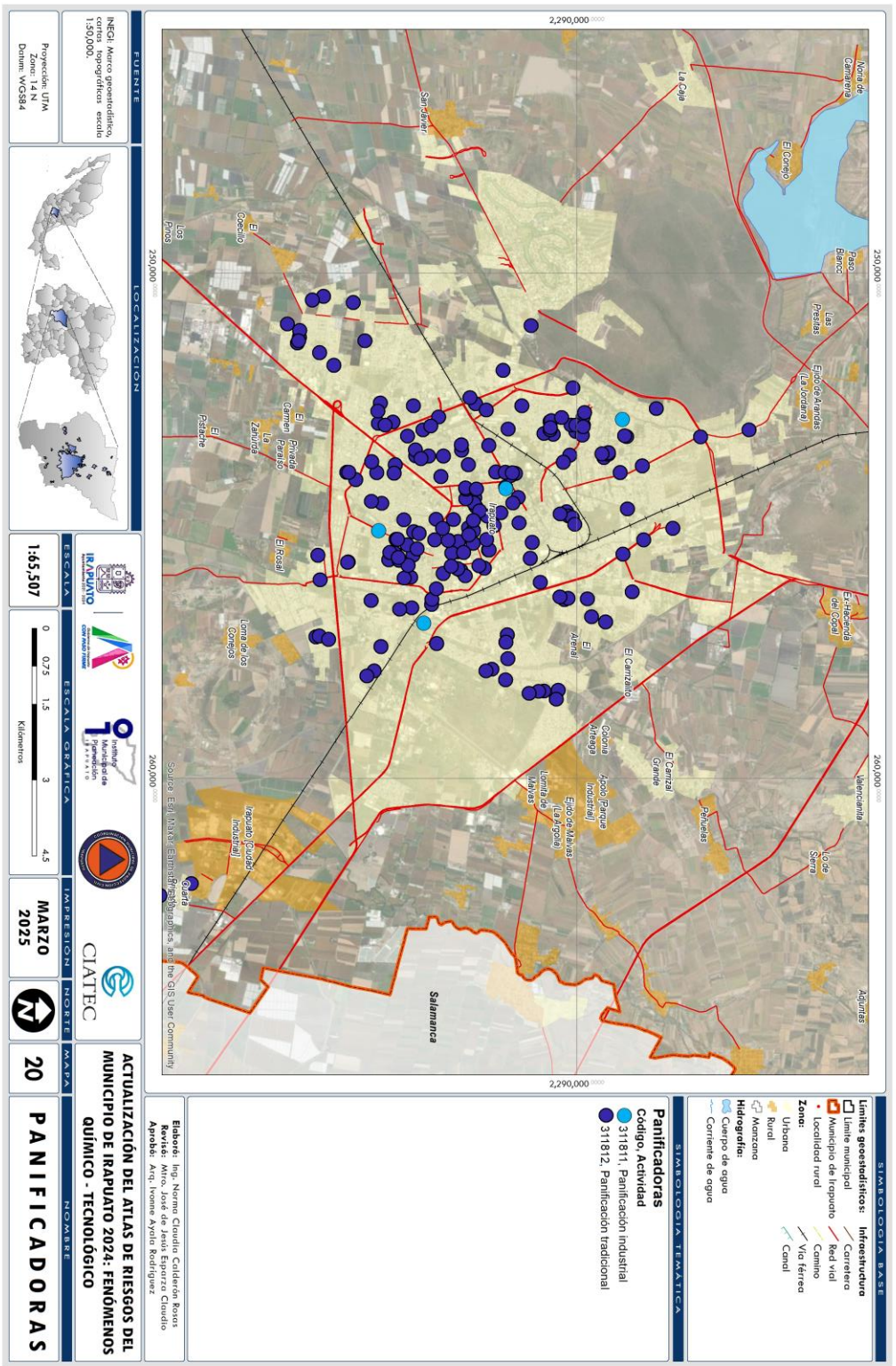
1. **Mezclado.** El primer paso en donde se colocan todos los ingredientes de acuerdo a la receta del panadero.
2. **Amasado.** Se realiza un proceso de amasado hasta que la masa esté homogénea y elástica.
3. **Fermentación (o reposo).** Generalmente la masa fermenta por un periodo definido, lo que permite elevarse y desarrollar su sabor.
4. **Horneado.** Se cocina la masa a una temperatura y tiempo predefinidos.

En panificadoras, el gas comúnmente utilizado para el horneado es el gas LP, para el caso de procesos de panificación industrial también se utiliza el gas natural. El volumen de gas LP utilizado en el horneado varía según el tipo de horno y su tamaño. Los hornos de convección, ideales para pan, pasteles y productos de repostería, consumen entre 0.5 y 1.0 m^3 de gas por hora, mientras que los hornos de piso (deck ovens) pueden consumir entre 1.0 y 2.0 m^3 por hora. Los hornos rotativos (rack ovens) consumen en promedio de 2.0 a 4.0 m^3 de gas por hora. Un horno semi-industrial de una cámara puede consumir 0.692 kg/h de gas LP (Naturgy, 2025).

En el municipio de Irapuato, existen 207 panificadoras, siendo las colonias Barrio de Santiaguito (6), zona Centro (6), Barrio de la Salud (6) y Miguel Hidalgo (6) las que tienen mayor número de este tipo de negocios (ver Gráfica 14). En el Mapa 20 se presenta la ubicación de panificadoras en el municipio de Irapuato.



Gráfica 14: Colonias con más de 4 panificadoras.
Fuente: elaboración propia con datos del DENUE



Mapa 20: Ubicación de panificadoras.

VII.1.2.18 Industria pirotécnica

De acuerdo con información proporcionada por IMPLAN, en el municipio de Irapuato se contemplan 9 sitios identificados para almacenamiento y fabricación de pirotecnia (se desconoce si cuentan con un registro como polvorín). Un polvorín se define como un sitio para el almacenamiento de sustancias para la fabricación de juegos pirotécnicos o fuegos artificiales, los cuales **deben cumplir con estrictas normas de seguridad y reglamentación para evitar accidentes**. En México, la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) a través de la Dirección de Armas de Fuego y Control de Explosivos, es responsable de establecer las especificaciones técnicas para la construcción y equipamiento de los polvorines.

En la **NOM-005-STPS-1998**, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, se establece que, durante el almacenamiento, los polvorines deben tener delimitadas las áreas de tránsito para que se permita la maniobra de estiba, desestiba y manejo de sustancias explosivas. Además, menciona que la operación del polvorín debe estar dirigida por una persona autorizada que conozca y aplique los procedimientos de operación y las medidas de seguridad, y que el polvorín debe mantenerse controlado con respecto a limpieza, temperatura y ventilación. Se recomienda que cuando se realicen trabajos en polvorines, se debe utilizar equipo de protección personal consistente en:

- Ropa de algodón 100% con acabado antiestático.
- Ropa interior de algodón 100%.
- Calzado de protección con suela conductiva y sin partes metálicas.

Los polvorines también deben cumplir con los requisitos que exige la **Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos (Título Tercero, Artículo 41),** la cual establece que estos sitios deben sujetarse a los requisitos, tablas de compatibilidad y distancia-cantidad que señala la SEDENA. Estos establecimientos que cuenten con permiso general deben entregar, en los primeros 5 días de cada mes, un informe detallado de sus actividades, en el que se especifique el movimiento ocurrido en el mes anterior y en caso de guerra o alteración del orden público, el polvorín quedará bajo la dirección y control de la SEDENA.

Así también, se tiene la iniciativa con proyecto de decreto de la **Ley Federal de Pirotecnia (No. Reg. 339/1O2/01)** en donde se establecen las normas generales de seguridad, las licencias, y sobre los talleres, en donde se solicitan planos de situación en el cuál figure el emplazamiento del taller y terrenos limítrofes **en un radio mínimo de 1.0 km**, con curvas de

nivel de cinco metros de equidistancia y con señalamientos para la plena identificación de la superficie comprendida en dicho perímetro.

Además, se tiene el **Acuerdo mediante el cual se publica el Programa Especial para la Reducción del Riesgo por el Manejo de Artificios Pirotécnicos (DOF 24/05/2024)**, en donde Guanajuato aparece en 3er lugar en accidentes por pirotecnia en el país considerando los últimos 20 años (ver Figura 16 y Figura 17).

Figura 16: Accidentes por pirotecnia en entidades del país 2003-2023.
Fuente: (Tomado de DOF 24/05/2024)

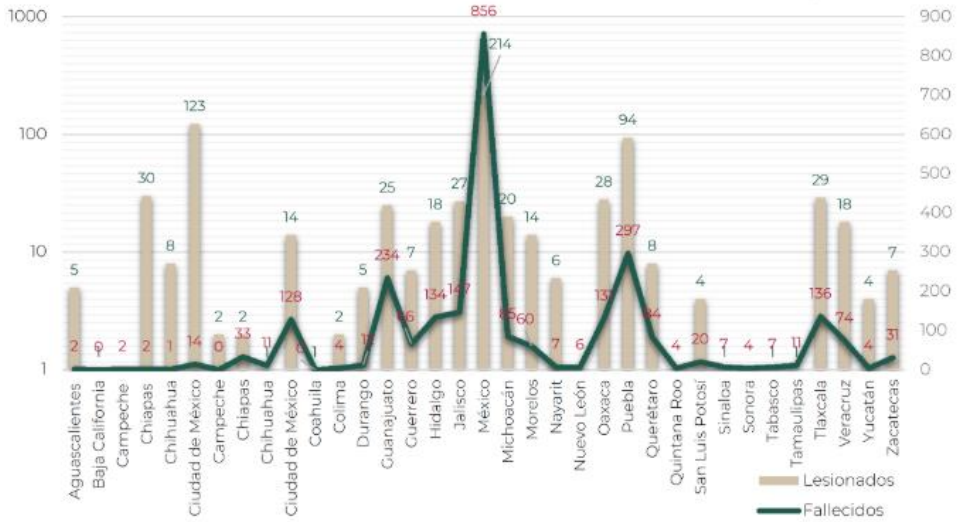


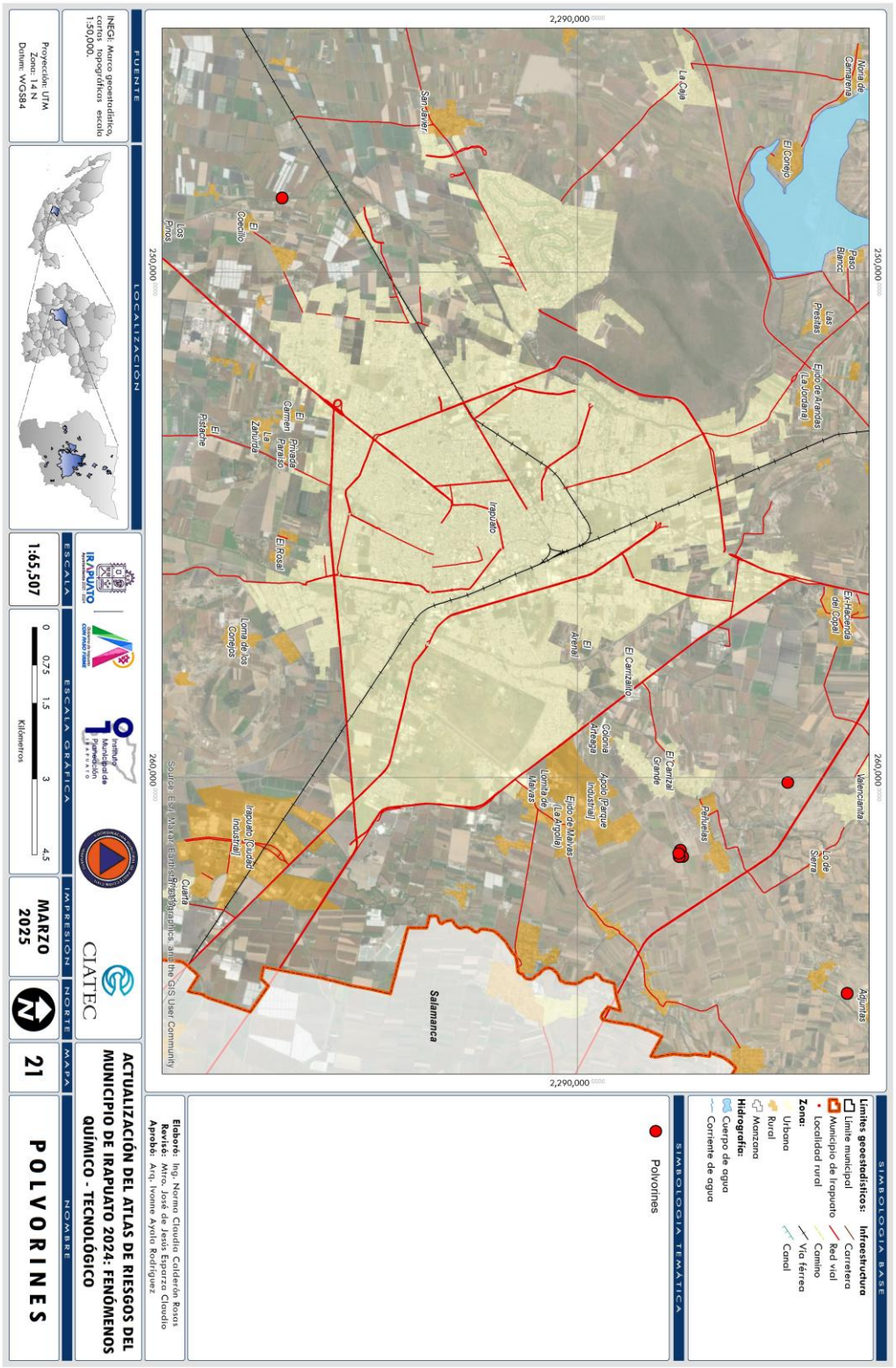
Figura 17: Número de fallecidos y lesionados en accidentes por pirotecnia 2003-2023.
Fuente: (CENAPRED)

En dicho acuerdo se menciona que las causas principales que generar accidentes por pirotecnia son:

1. La Ley Federal de Armas de Fuego y Explosivos, ha sido rebasada por las condiciones actuales, ya que ésta la contempla como un producto bélico y no como una actividad comercial, sin considerar el ciclo de producción de los artificios pirotécnicos (materias primas, productos terminados, almacenamiento y comercialización).
2. Escasas denuncias y sanciones de la actividad clandestina dentro de zonas urbanas.
3. Insuficientes Programas Especiales de Protección Civil en materia de pirotecnia.
4. Los fabricantes utilizan como materia prima, sustancias muy reactivas que dan lugar a accidentes durante su manipulación, ya que son de menor costo en comparación con sustancias menos reactivas, lo que disminuye los costos en la producción.
5. En la elaboración de productos se realizan procesos rudimentarios, heredados de generación en generación, lo que impide una estandarización y, dificulta una correcta proporción de mezclas explosivas, mantener la misma calidad y características de los productos terminados.
6. Deficiente coordinación entre autoridades para supervisar e intervenir, en el ámbito de su competencia, en la regulación, verificación y sanción de la actividad pirotécnica.

A nivel municipal, se tiene un **Reglamento para la fabricación, almacenamiento, venta y uso de pólvora, explosivos y quema de artificios pirotécnicos para el municipio de Silao**, Gto., en donde menciona en el Capítulo Quinto, Artículo 13 que los establecimientos que se dediquen a este tipo de actividades, deberán reunir las condiciones de seguridad, higiene y funcionamiento técnico requeridas, que proporcionen confianza respecto de la integridad de las personas que laboran en dichos establecimientos, así como para que su actividad no represente peligro para la comunidad.

Además, menciona que la ubicación de estos establecimientos deberá ser congruente con el Plan director de Desarrollo Urbano en vigor, por lo que hace al uso de suelo, procurando que este tipo de establecimientos se ubiquen fuera de las zonas habitacionales e industriales de alto riesgo, atendiendo además a las distancias recomendables para la prevención y eventual control de cualquier tipo de contingencia.



Mapa 21: Ubicación de polvorines.

VII.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas

Las redes de transporte surgen por la necesidad de conectar y transportar materias primas y bienes de consumo entre los cuales, pueden ser materiales peligrosos. Tanto en la fase de producción como en la de distribución, la materia o el producto terminado pueden ser llevados por una gran variedad de medios de transporte en avenidas, bulevares, carreteras federales, estatales, así como también mediante la red ferroviaria. Los accidentes en el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos son eventos que se consideran poco frecuentes. Sin embargo, una liberación accidental del material puede ocurrir y tener impactos de consideración al ambiente, a los bienes materiales y a las personas próximas al sitio del incidente.

De acuerdo a la **NOM-004-SCT/2008**, las unidades de transporte, camiones, unidades de arrastre, autotanques, carrotanques, contenedores, contenedores cisterna, tanques portátiles y recipientes intermedios a granel, empleados en el transporte de sustancias, materiales o residuos peligrosos, deben portar carteles de identificación como señalamientos de seguridad, para advertir que los productos que transportan son peligrosos y presentan riesgos.

Los carteles deben indicar el riesgo primario, el número de Naciones Unidas que lo identifica y, en su caso, el riesgo secundario asociado con la sustancia, material o el residuo peligroso transportado y deberán colocarse en la parte media superior de las vistas laterales, anteriores y posteriores de las unidades de autotransporte (ver Figura 18). En el caso de unidades tipo tractocamión o camión se debe colocar en la parte frontal, siempre y cuando no se obstruya la visibilidad del operador, para combinaciones vehiculares de doble semirremolque, los carteles se colocarán en ambos remolques.

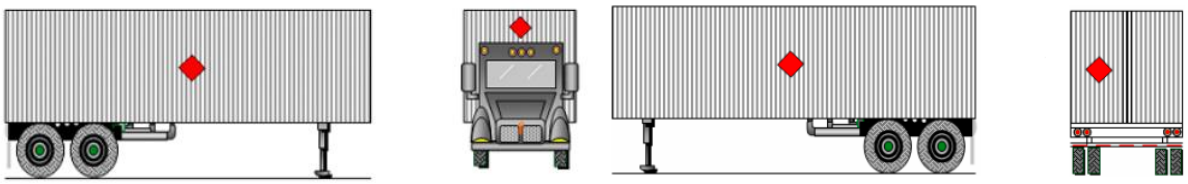


Figura 18: Ubicación de carteles de identificación de la sustancia o producto transportado.
Fuente: elaboración propia con imágenes de la NOM-004-SCT/2008

El **Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos** clasifica las sustancias químicas peligrosas de acuerdo a sus características en 9 clases principales, las cuales se detallan en la Tabla 43.

Tabla 43: Clases principales de las sustancias peligrosas.

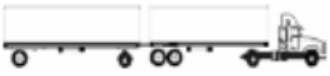
Clase	Clase	División	Descripción
Explosivos	1	1.1	Explosivos que presentan un riesgo de explosión en masa.
		1.2	Explosivos que presentan un riesgo de proyección sin riesgo de explosión en masa.
		1.3	Explosivos que presentan un riesgo de incendio y un riesgo menor de explosión o un riesgo menor de proyección, o ambos, pero no un riesgo de explosión en masa.
		1.4	Explosivos que no presentan riesgo apreciable considerable.
		1.5	Explosivos muy insensibles que presentan un riesgo de explosión en masa.
		1.6	Artículos sumamente insensibles que no presentan riesgo de explosión en masa.
Gases	2	2.1	Gases inflamables.
		2.2	Gases no-inflamables, no tóxicos.
		2.3	Gases tóxicos.
Líquidos inflamables	3		Líquidos inflamables (y líquidos combustibles EEUU).
Sólidos inflamables	4	4.1	Sólidos inflamables, sustancias de reacción espontánea y sólidos explosivos insensibilizados.
		4.2	Sustancias que pueden experimentar combustión espontánea.
		4.3	Sustancias que, en contacto con el agua, desprenden gases inflamables.
Oxidantes y peróxidos	5	5.1	Sustancias oxidantes.
		5.2	Peróxidos orgánicos.
Tóxicas e infecciosas	6	6.1	Sustancias tóxicas.
		6.2	Sustancias infecciosas.

Clase	Clase	División	Descripción
Materiales radiactivos	7		Materiales radiactivos.
Corrosivos	8		Sustancias corrosivas.
Varios	9		Sustancias y objetos peligrosos varios, incluidas las sustancias peligrosas para el medio ambiente.

Fuente: elaboración propia

La **NOM-012-SCT-2-2017** clasifica el tipo de vehículo de autotransporte de acuerdo al número de ejes y número de llantas, tal como se presenta en la Tabla 44.

Tabla 44: Clasificación de vehículos de autotransporte de acuerdo a la NOM-012-SCT-2-2017.

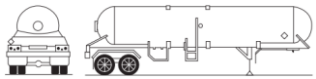
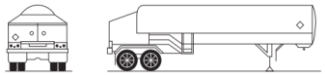
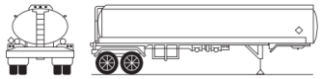
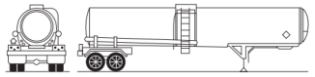
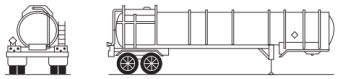
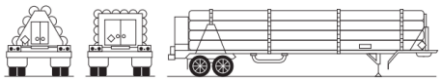
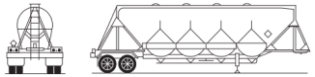
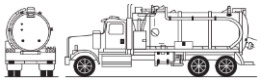
Tipo	Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas	Configuración del vehículo
Camión Unitario (C)	C2	2	6	
	C3	3	8-10	
Camión-Remolque (C-R)	C2-R2	4	14	
	C3-R2	5	18	
	C2-R3	5	18	
	C3-R3	6	22	
Tractocamión Articulado (T-S)	T2-S1	3	10	
	T2-S2	4	14	
	T2-S3	5	18	
	T3-S1	4	14	
	T3-S2	5	18	
	T3-S3	6	22	
Tractocamión Semirremolque-Remolque (T-S-R)	T2-S1-R2	5	18	
	T2-S2-R2	6	22	
	T2-S1-R3	6	22	
	T3-S1-R2	6	22	

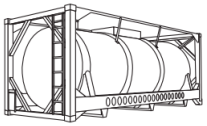
Tipo	Nomenclatura	Número de ejes	Número de llantas	Configuración del vehículo
	T3-S1-R3	7	26	
	T3-S2-R2	7	26	
	T3-S2-R3	8	30	
	T3-S2-R4	9	34	
	T2-S2-S2	6	22	
	T3-S2-S2	7	26	
	T3-S3-S2	8	30	

Fuente: elaboración propia

Existen variaciones en los remolques que no se ilustran en la Tabla 44 y que son utilizados específicamente para el transporte de productos químicos. Estos remolques se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 45: Remolques utilizados en el transporte de sustancias químicas.

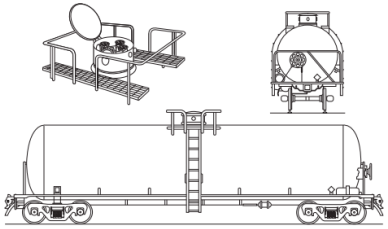
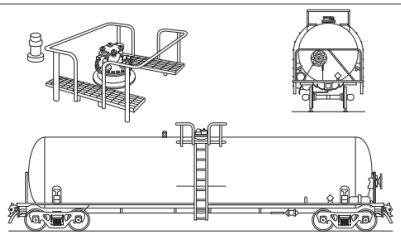
Tipo	Usos	Característica	Configuración del vehículo
MC331, TC331, y SCT331	Para gases licuados comprimidos (Gas LP, amoniaco)	• Extremos redondeados. • Presión de diseño entre 100-500 psi.	
MC338, TC338, SCT338, TC341, y CGA341	Para gases licuados refrigerados (líquidos criogénicos)	• Similar a una "botella-termo gigante". • Compartimento de conexiones ubicado en la parte posterior del tanque. • Presión de trabajo máxima admisible (PTMA) entre 25-500 psi.	
DOT406, TC406, SCT306, MC306, y TC306	Para líquidos inflamables (gasolina, diésel)	• Corte de sección elíptica. • Protección antivuelco en la parte superior. • Válvulas de descarga inferiores. • PTMAA entre 3-15psi.	
DOT407, TC407, SCT307, MC307 y TC307	Para líquidos tóxicos, corrosivos e inflamables	• Corte de sección circular. Puede tener anillos externos de refuerzo. • PTMA de por lo menos 25 psi.	
DOT412, TC412, SCT312, MC312, y TC312	Usualmente para líquidos corrosivos	• Corte de sección circular. Anillos externos de refuerzo. • El diámetro del tanque es relativamente pequeño. • PTMA de por lo menos 15 psi.	
TC423	Para emulsiones o explosivos gelificados	• Configuración tipo tolva. • PTMA entre 5-15 psi.	
Remolque para cilindros	Para transporte de gases comprimidos.	• Consiste en cilindros de acero de alta presión transportados horizontalmente al remolque.	
Autotanque tolva	Para transporte a granel seco	• Con domos redondos utilizados para la carga del producto. • Con descarga por presión o por gravedad.	
Tanque cargado al vacío o vacuum truck	Para succionar y transportar líquidos, lodos o materiales parecidos.	• Tanque cisterna y bomba de succión.	

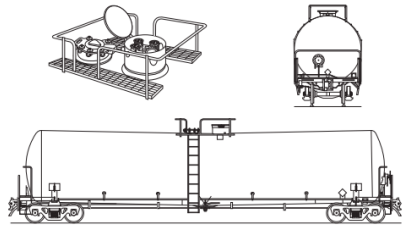
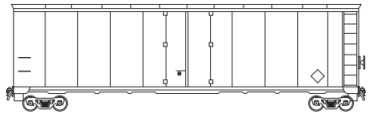
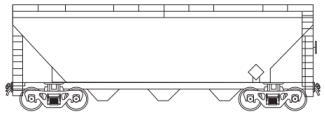
Tipo	Usos	Característica	Configuración del vehículo
Tanque intermodal	Transporte de líquidos peligrosos de tipo corrosivo, inflamable, tóxico y explosivo.	• El armazón o estructura sostiene y protege el tanque. Facilita la estiba, sujeción y manipulación. • El armazón es capaz de soportar las tensiones a las que se ve sometido un tanque completamente lleno.	

Fuente: elaboración propia con información de la Guía de Respuesta en caso de Emergencia

Por su parte, los carros de ferrocarril tienen amplias variaciones en su construcción, aditamentos y usos. Los carrotanques pueden transportar productos que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos (ver Tabla 46). Así también, estos productos pueden estar bajo presión.

Tabla 46: Tabla de identificación para carros de ferrocarril.

Tipo	Usos	Característica	Configuración del vehículo
Carro tanque presurizado	Para gases inflamables, no inflamables, tóxicos y/o licuados comprimidos	• Carcasa protectora. • Sin fijaciones interiores. • Usualmente presurizados arriba de 40 psi.	
Carro tanque no presurizado/baja presión	Para servicios generales (materiales peligrosos y no peligrosos)	• Fijaciones y válvulas normalmente visibles en la parte superior del carrotanque. • Usualmente presurizado por debajo de 25 psi.	

Tipo	Usos	Característica	Configuración del vehículo
Carro tanque no presurizado/baja presión (TC117, DOT117)	Para líquidos inflamables (petróleo crudo, etanol)	• Carcasa protectora. • Válvula de salida inferior. • Usualmente presurizado por debajo de 25 psi.	
Carro cerrado	Para carga general que transportan recipientes a granel o embalajes	• Transporta materiales peligrosos/mercancías peligrosas en envases pequeños o "bines". • Puerta corrediza simple o doble.	
Carro tolva	Para carga o materiales a granel (carbón, cemento o materiales sólidos)	• El material se descarga por gravedad a través de la tolva inferior, cuando las compuestas están abiertas.	

Fuente: elaboración propia con información de la Guía de Respuesta en caso de Emergencia

La **NOM-002-SCT/2011** muestra el listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, la cual tiene como objetivo identificar y clasificar las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados, de acuerdo a su clase, división de riesgo secundario, número asignado por la Organización de las Naciones Unidas, las disposiciones especiales a que deberá sujetarse su transporte, recipientes Intermedios a granel y cisternas portátiles y sus disposiciones especiales. Esta norma es de observancia obligatoria, dentro de la esfera de sus responsabilidades, para los expedidores, transportistas y destinatarios de las sustancias y materiales peligrosos, transportados por las vías generales de comunicación terrestre, aérea y marítima.

VII.2.1 Identificación de vías terrestres en las que se transportan sustancias peligrosas

En el municipio de Irapuato, Gto., existe una red de carreteras a través de las cuales se transportan materias primas, subproductos y productos terminados provenientes y/o utilizados en actividades industriales, comerciales y de servicios. La Tabla 47 detalla las vías federales, estatales, municipales y privadas que conforman esta red de carreteras, las cuales se encuentran asfaltadas y en operación. En el Mapa 22 se presenta la distribución de la red de caminos en el municipio de Irapuato, Gto.

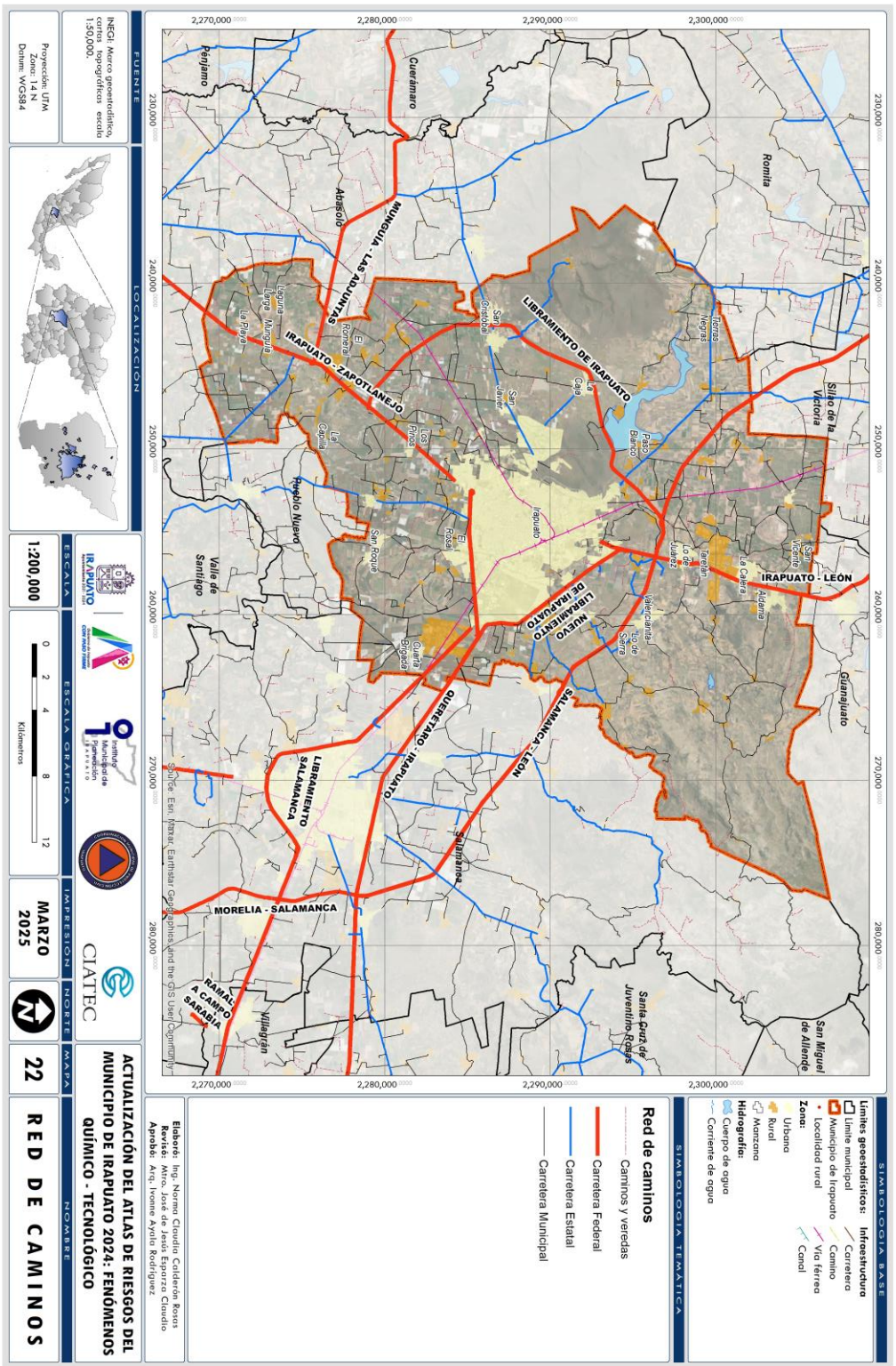
Tabla 47: Red de caminos dentro del municipio.

Administración	Carretera
Federal	Carretera Federal 20 Libramiento Irapuato
	Carretera Federal 41 Munguía – Las Adjuntas
	Carretera Federal 43 Salamanca – León
	Carretera Federal 45 Irapuato – León
	Carretera Federal 90 Irapuato – Zapotlanejo
Estatal	Acceso a Ex-Hacienda del Copal
	Acceso a ITESI
	Acceso al Instituto de Ciencia Agrícolas
	Huanímaro – E.C. (Irapuato-Abasolo)
	Irapuato – Arandas – San Agustín
	Irapuato – Pueblo Nuevo
	Irapuato – San Cristóbal – Rancho Nuevo de la Cruz
	Irapuato – San Cristóbal – San Francisco de la Cruz
	Malvas – San Juan Temascatío

Administración	Carretera
	Malvas – San Nicolás Temascatío
	Ramal a Loma de Flores
	Ramal a Pueblo Nuevo
	Ramal a Vista Hermosa
	Romita – Irapuato
	Silao – San Agustín
Municipal	Acceso a Cuarta Brigada
	Acceso a Planta la Calera
	Granja Potosina – San Roque
	Granja Potosina – Tomelopitos
	La Soledad – Guadalupe de Rivera
	Ramal a Presa Grande
	San Antonio el Rico – Ent. (Irapuato - León)
	San Roque - Irapuato

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes (Red Nacional de Caminos, 2024).

Para el último análisis del FQT, se consideró el censo de dos vialidades importantes: Libramiento Nor-oriente y Libramiento Sur. Se identificó que los volúmenes reportados fueron de los 3,500 a casi 110,000 litros de material. Y se recomendó que en caso de algún accidente químico se debía considerar una zona de 300 m (para el transporte de gasolina y diésel) o de 800 m (en caso de transporte de gas LP) alrededor del vehículo.



Mapa 22: Red de caminos.

VII.2.2 Censo de sustancias peligrosas en el municipio.

Al no contar con información específica sobre el transporte de sustancias peligrosas en el municipio de Irapuato, Gto., se llevó a cabo un censo de sustancias peligrosas en 4 vialidades importantes. Este censo se realizó durante 3 días en dos horarios diferentes:

- Matutino: 9:00 – 11:00 horas.
- Vespertino: 13:00 a 15:00 horas.

Estos horarios permitieron la identificación de sustancias peligrosas y su frecuencia de circulación. En la Tabla 48 y en la Figura 19 se muestran el listado y las fotografías de las carreteras consideradas en este censo.

Tabla 48: Listado de carreteras consideradas en el censo de sustancias peligrosas.

No.	Carretera
1	Carretera Federal 45 (a la altura de la gasolinera Mobil EG-13097)
2	Carretera Federal 45 D (Libramiento Sur, gasolinera ES-14699)
3	Carretera Federal 90 (a la altura de la gasolinera ES-7509)
4	Blvd. Solidaridad (a la altura de la gasolinera Mobil PL/1811/EXP/ES/2015)

Fuente: elaboración propia

Carretera Federal 45

Carretera Federal 45D

Carretera Federal 90 **Blvd. Solidaridad**

Figura 19: Fotografías tomadas durante el censo de sustancias peligrosas.

Fuente: elaboración propia

VII.2.3 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 45

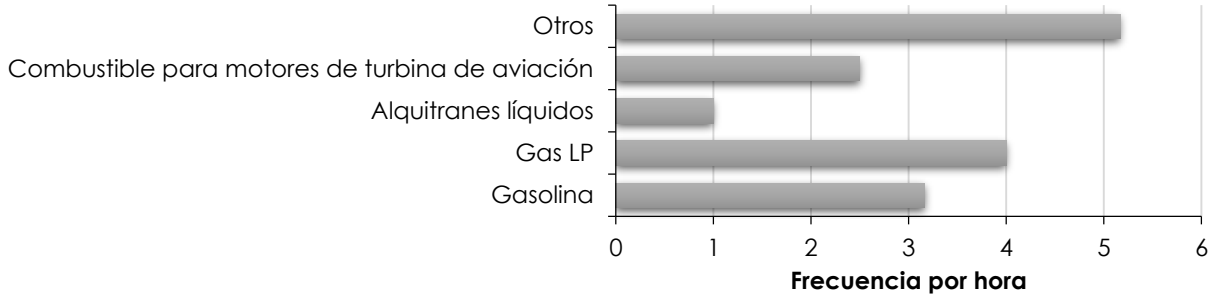
En el horario matutino se observó que las sustancias mayormente transportadas fueron el gas LP, gasolina, combustible para motores de turbina de aviación, entre otros (ver Gráfica 15). Dentro del agrupamiento "otros" se tienes las siguientes substancias:

- Substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente.
- Ácido clorhídrico.
- Amoníaco anhidro.
- Etanol.
- Nitrógeno comprimido.
- Hidróxido de sodio en solución.
- Nitrógeno líquido refrigerado.
- Hipoclorito en solución.
- Ácido sulfúrico con no más de 51% de ácido o electrolito ácido para baterías.
- 2-amino-5-dietilaminopentano.
- Argón líquido refrigerado.
- Substancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente.
- Acetileno disuelto.

Por otro lado, en el turno vespertino las sustancias mayormente transportadas fueron:

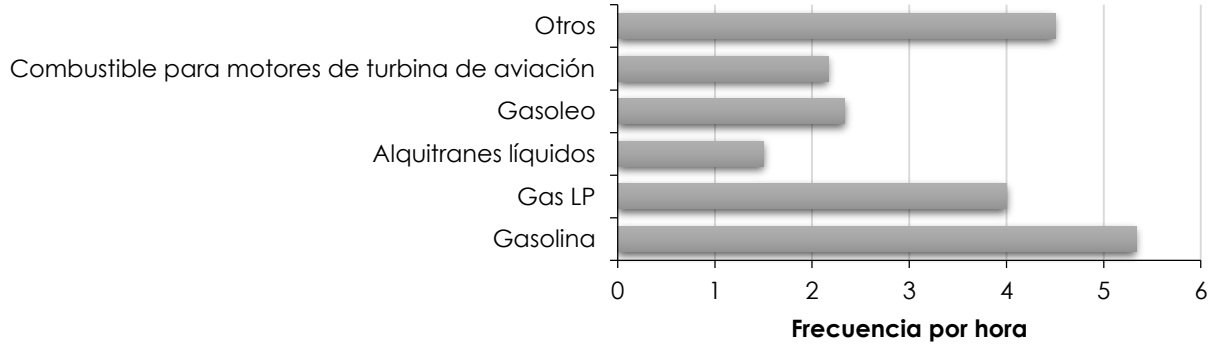
- Gasolina.
- Gas LP.
- Gasóleo.
- Combustible para turbina de aviación
- Otros (oxígeno comprimido, substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, amoníaco anhidro, líquido inflamable N.E.P., argón comprimido,

hidróxido de sodio en solución, ácido sulfúrico con no más de 51% de ácido o electrolito ácido para baterías, peróxido de hidrógeno en solución acuosa, argón líquido refrigerado, hidrógeno comprimido, destilados de petróleo N.E.P., o productos de petróleo N.E.P, hidrocarburo líquido N.E.P., amoníaco en solución y pintura).



Gráfica 15: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45 (turno matutino).

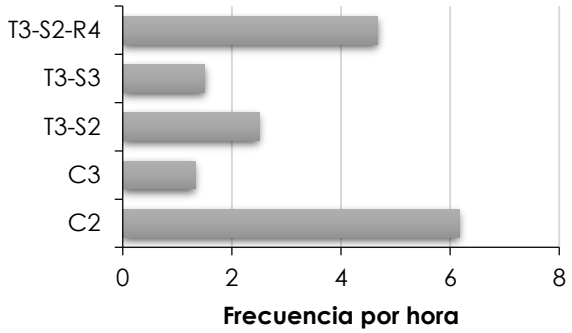
Fuente: elaboración propia



Gráfica 16: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45 (turno vespertino).

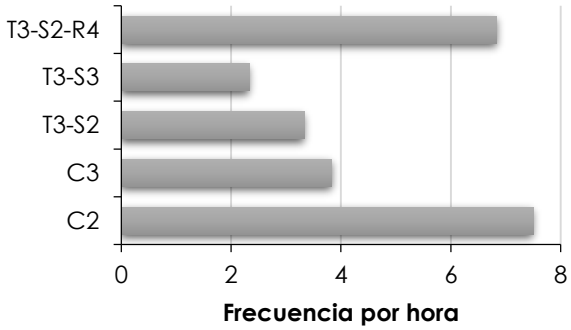
Fuente: elaboración propia

De acuerdo a la clasificación de la **NOM-012-SCT-2-2017** (Tabla 44), en la Carretera Federal 45, durante el horario matutino y vespertino, prevalece el tránsito de sustancias peligrosas en estos tipos de autotransporte: camiones (C2) (10,000 L para hidrocarburos, 4,000 – 12,500 L para gas LP), y tractocamión semirremolque-remolque (T3-S2-R4) (64,000 L para hidrocarburos, 88,000 L de gas LP) (ve Gráfica 17y Gráfica 18).



Gráfica 17: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45 (turno matutino).

Fuente: elaboración propia

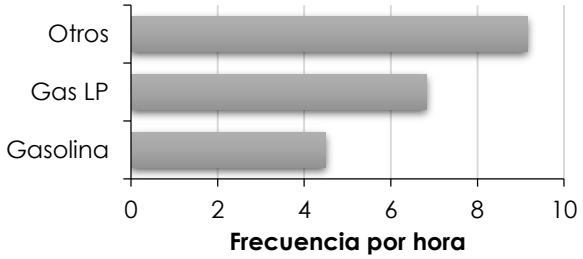


Gráfica 18: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45 (turno vespertino).

Fuente: elaboración propia

VII.2.4 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 45 D

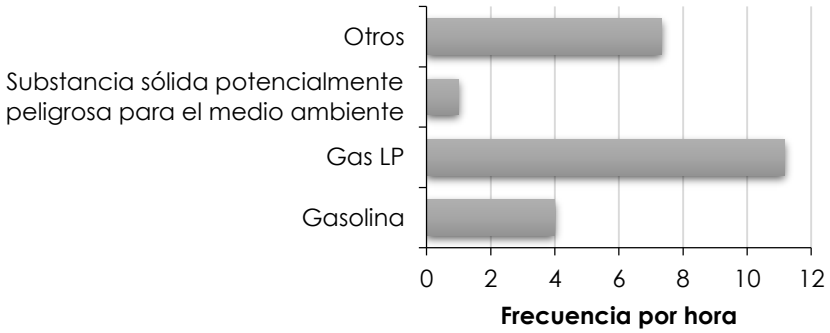
De acuerdo al censo realizado en la carretera federal 45 D, en el turno matutino circulan principalmente gasolina, gas LP entre otros (alquitranes líquidos, gasóleo, oxígeno comprimido, combustible para motores de turbina de aviación, ácido clorhídrico, líquido inflamable N.E.P., amoníaco anhidro, argón comprimido, hidróxido de sodio en solución, nitrógeno líquido refrigerado, hipoclorito en solución, argón líquido refrigerado, substancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, destilados de petróleo N.E.P., productos de petróleo, N.E.P., acetonitrilo, queroseno, cloro, plaguicida, acumuladores de líquido ácido, líquido corrosivo inorgánico, dióxido de carbono, polímeros inflamables, metano comprimido, ciclohexanona, oxígeno líquido refrigerado, plaguicida organofosforado, ácido nitroclorhídrico, líquido corrosivo ácido orgánico, cloral anhidro estabilizado) (ver Gráfica 19).



Gráfica 19: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45-D, (turno matutino).

Fuente: elaboración propia

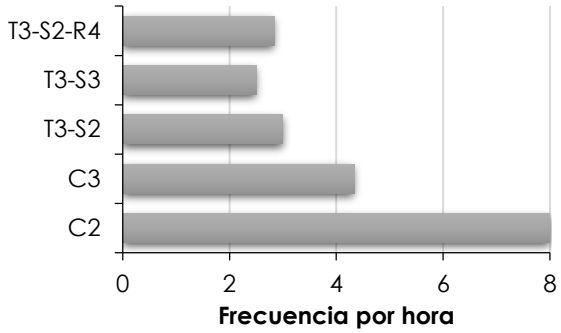
En el turno vespertino (ver Gráfica 20) destaca el transporte de gas LP, gasolina, sustancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente y otros (alquitranes líquidos, gasóleo, oxígeno comprimido, combustible para motores de turbina de aviación, substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, ácido clorhídrico, líquido inflamable N.E.P., etanol, hidróxido de sodio en solución, hipoclorito en solución, nitrógeno líquido refrigerado, argón líquido refrigerado, destilados de petróleo N.E.P. o productos de petróleo N.E.P., acumuladores de líquido ácido, butano, mercaptano, acetona, materiales radioactivos, gas refrigerante, metano comprimido, acetonitrilo, oxígeno líquido refrigerado, sólido tóxico orgánico, nitrato de n-propilo, isobutanol y substancia peligrosa para el hombre).



Gráfica 20: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en la Carretera 45-D (turno vespertino).

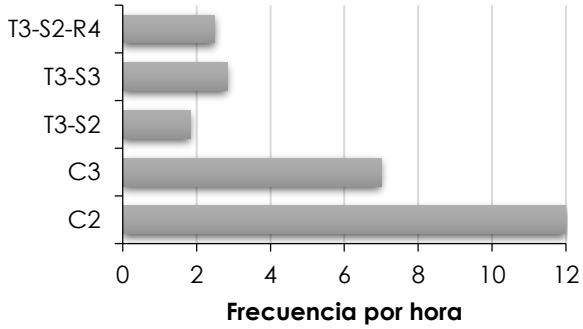
Fuente: elaboración propia

Con base en la clasificación de autotransporte, en la Carretera Federal 45D se observó que predomina la circulación de camiones tipo C2 y C3 en ambos turnos (matutino y vespertino) (10,000 - 20,000 L para hidrocarburos, 4,000 – 12,500 L para gas LP) (ver Gráfica 21 y Gráfica 22) para el transporte de sustancias peligrosas.



Gráfica 21: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45-D (turno matutino).

Fuente: elaboración propia



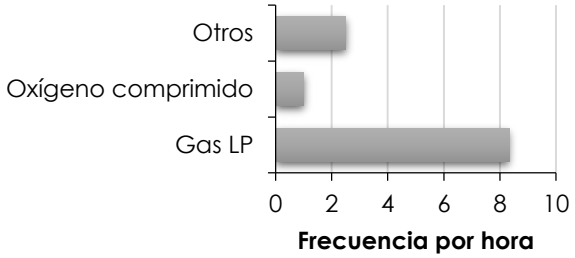
Gráfica 22: Frecuencia de tránsito de autotransporte en la Carretera 45-D (turno vespertino).

Fuente: elaboración propia

VII.2.5 Censo de sustancias peligrosas en Blvd. Solidaridad

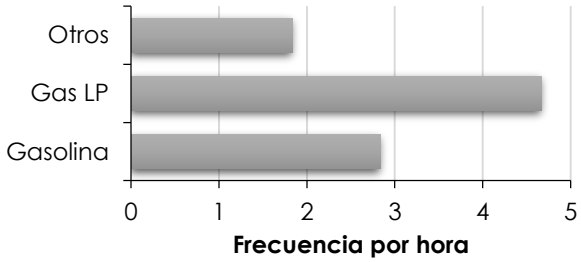
En el Blvd. Solidaridad, tanto en el turno matutino como vespertino, se observó una disminución considerable en la afluencia de transporte de sustancias peligrosas respecto a lo que circula en las otras carreteras que fueron censadas.

En la Gráfica 23 y la Gráfica 24 se puede observar que prevalece el tránsito de gas LP y gasolina. Lo que respecta al censo matutino, se observó el transporte de otras sustancias peligrosas como el oxígeno comprimido, alquitranes líquidos, gasóleo, líquido inflamable N.E.P., propileno, combustible para motores de turbina de aviación, acetileno disuelto, destilados de petróleo N.E.P o productos de petróleo N.E.P, acumuladores líquido ácido y oxígeno líquido refrigerado. En el censo vespertino, sustancias como el oxígeno comprimido, alquitranes líquidos, sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, líquido inflamable N.E.P., sustancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, acetileno disuelto, sustancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente y pintura.



Gráfica 23: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Blvd. Solidaridad, (turno matutino).

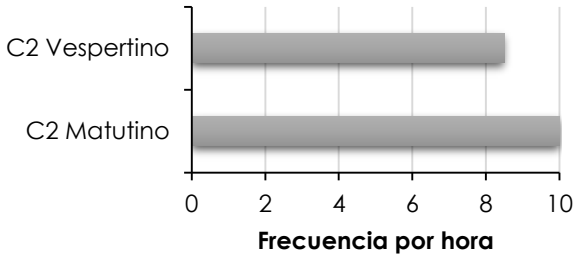
Fuente: elaboración propia



Gráfica 24: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Blvd. Solidaridad, (turno vespertino).

Fuente: elaboración propia

Como se mencionó anteriormente, en el Blvd. Solidaridad prevalece el transporte de gas LP, en ambos turnos censados y en el cual circula en camiones tipo C2 (10,000 L para hidrocarburos, 4,000 – 12,500 L para gas LP) (ver Gráfica 25).



Gráfica 25: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Blvd. Solidaridad (turno matutino y vespertino)

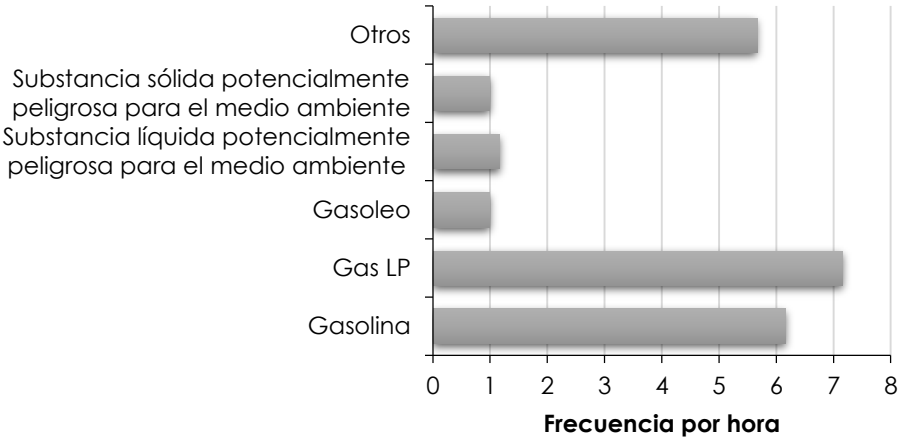
Fuente: elaboración propia

VII.2.6 Censo de sustancias peligrosas en Carretera Federal 90

En la carretera federal 90, durante el censo matutino, se registró que en su mayoría las sustancias peligrosas transportadas fueron: gas LP, gasolina y otros (alquitranes líquidos,

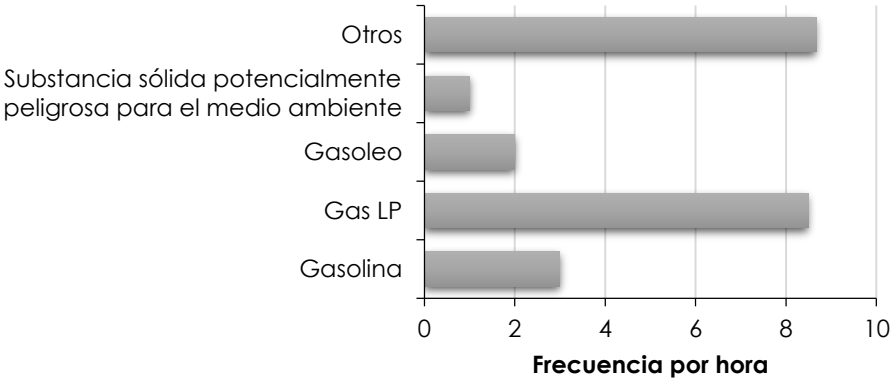
oxígeno comprimido, líquido inflamable N.E.P., substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, oxígeno líquido refrigerado, sólido tóxico orgánico N.E.P., acumuladores eléctricos de electrolito líquido ácido, pintura, destilados de petróleo N.E.P., acetileno disuelto, líquido corrosivo ácido inorgánico N.E.P., metano comprimido, líquido corrosivo N.E.P., heptano, metacrilato de metilo, ácido sulfúrico con más de 51% de ácido, hidróxido de sodio en solución, cloruro férrico, metil isobutil cetona, oxígeno comprimido, abono base nitrato amonio, pintura, bebidas alcohólicas, N-N-dimetilformamida, etil metil cetona, ácido nítrico, líquido inflamable corrosivo N.E.P., líquido corrosivo, ácido, inorgánico N.E.P. y acetato de butilo)(ver Gráfica 26).

Por otro lado, en el censo vespertino, las sustancias mayormente transportadas fueron gas LP, gasolina, gasóleo, substancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente y otros (alquitranes líquidos, oxígeno comprimido, líquido inflamable N.E.P., sólido tóxico orgánico N.E.P., acumuladores eléctricos de electrolito líquido ácido, substancia infecciosa para el hombre, metano comprimido, butano, nitrógeno comprimido, hipoclorito en solución, etanol, argón líquido refrigerado, destilados de petróleo N.E.P., acetileno, disuelto, líquido corrosivo ácido inorgánico N.E.P., hidróxido de sodio en solución, cloruro férrico, acumuladores eléctricos de electrolito líquido ácido, butano, pintura, amoniaco anhidro, diisocianato de tolueno, artificios de pirotecnia, dióxido de carbono, nitrógeno líquido refrigerado, líquido corrosivo ácido inorgánico N.E.P., metano comprimido, metil ciclohexano, bebidas alcohólicas, diisocianato de tolueno, peróxido de hidrógeno en solución acuosa y nitrógeno líquido refrigerado)(ver Gráfica 27).



Gráfica 26: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Carretera Federal 90 (turno matutino).

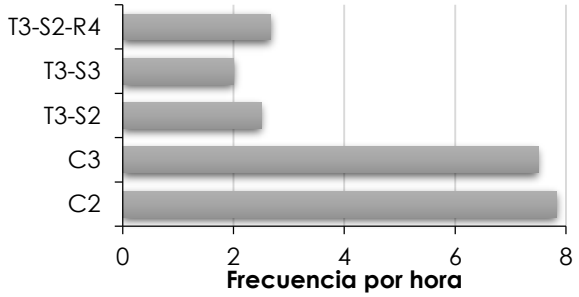
Fuente: elaboración propia



Gráfica 27: Frecuencia de sustancias peligrosas transportadas en Carretera Federal 90 (turno vespertino).

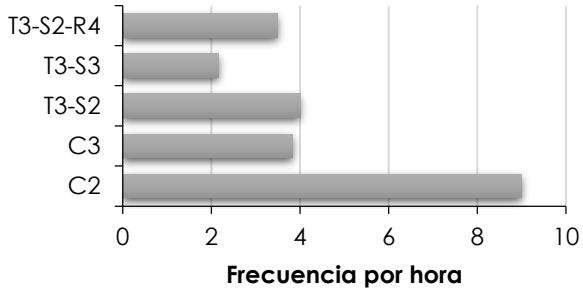
Fuente: elaboración propia

En la Carretera Federal 90 prevalece la circulación de camiones tipo C2 y C3 durante el turno matutino para el transporte de sustancias peligrosas (10,000 - 20,000 L para hidrocarburos, 4,000 – 12,500 L para gas LP) (ver Gráfica 28). Sin embargo, en el turno vespertino, predomina la circulación de camiones tipo C2 (ver Gráfica 29).



Gráfica 28: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Carretera Federal 90, (turno matutino).

Fuente: elaboración propia



Gráfica 29: Frecuencia de tránsito de autotransporte en Carretera Federal 90, (turno vespertino).

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 49 y en el Mapa 23 se muestra la frecuencia total de vehículos que circulan por hora en cada una de las vialidades. Las carreteras 45, 45D y 90 son las que presentan mayor circulación de sustancias peligrosas en comparación con el Blvd. Solidaridad.

Tabla 49: Frecuencia total de vehículos que transportan sustancias peligrosas por hora.

No.	Carretera	Frecuencia total por hora
1	Carretera Federal 45	18
2	Carretera Federal 45 D	22
3	Carretera Federal 90	23
4	Blvd. Solidaridad	10

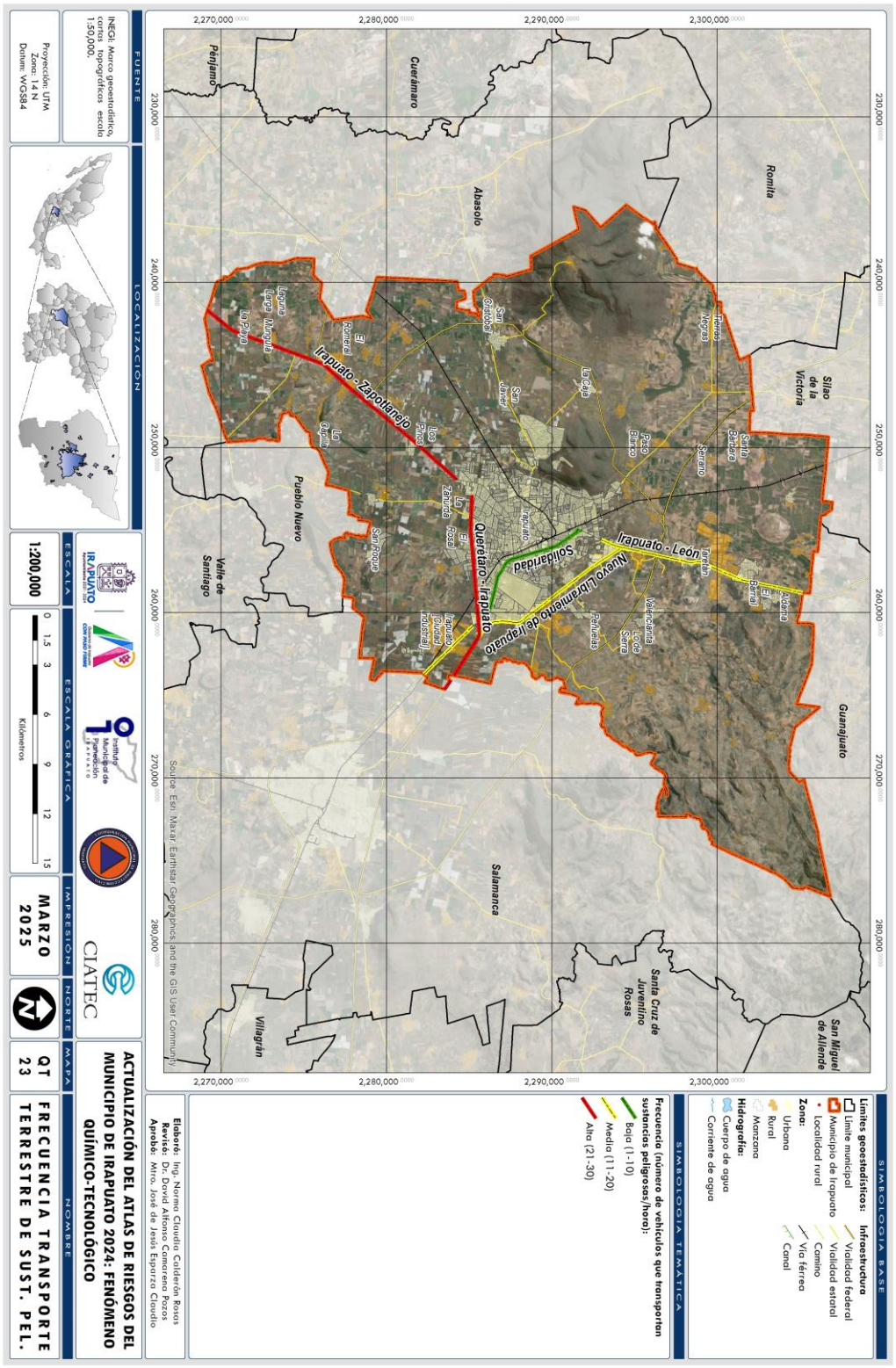
Fuente: elaboración propia

Así también, en la Tabla 50 y en el Mapa 24 se muestra diversidad de sustancias peligrosas que transitan por cada una de las vialidades. Las carreteras 45D y 90 son aquellas en donde existe una mayor diversidad de sustancias peligrosas en comparación con la carretera 45 y el Blvd. Solidaridad.

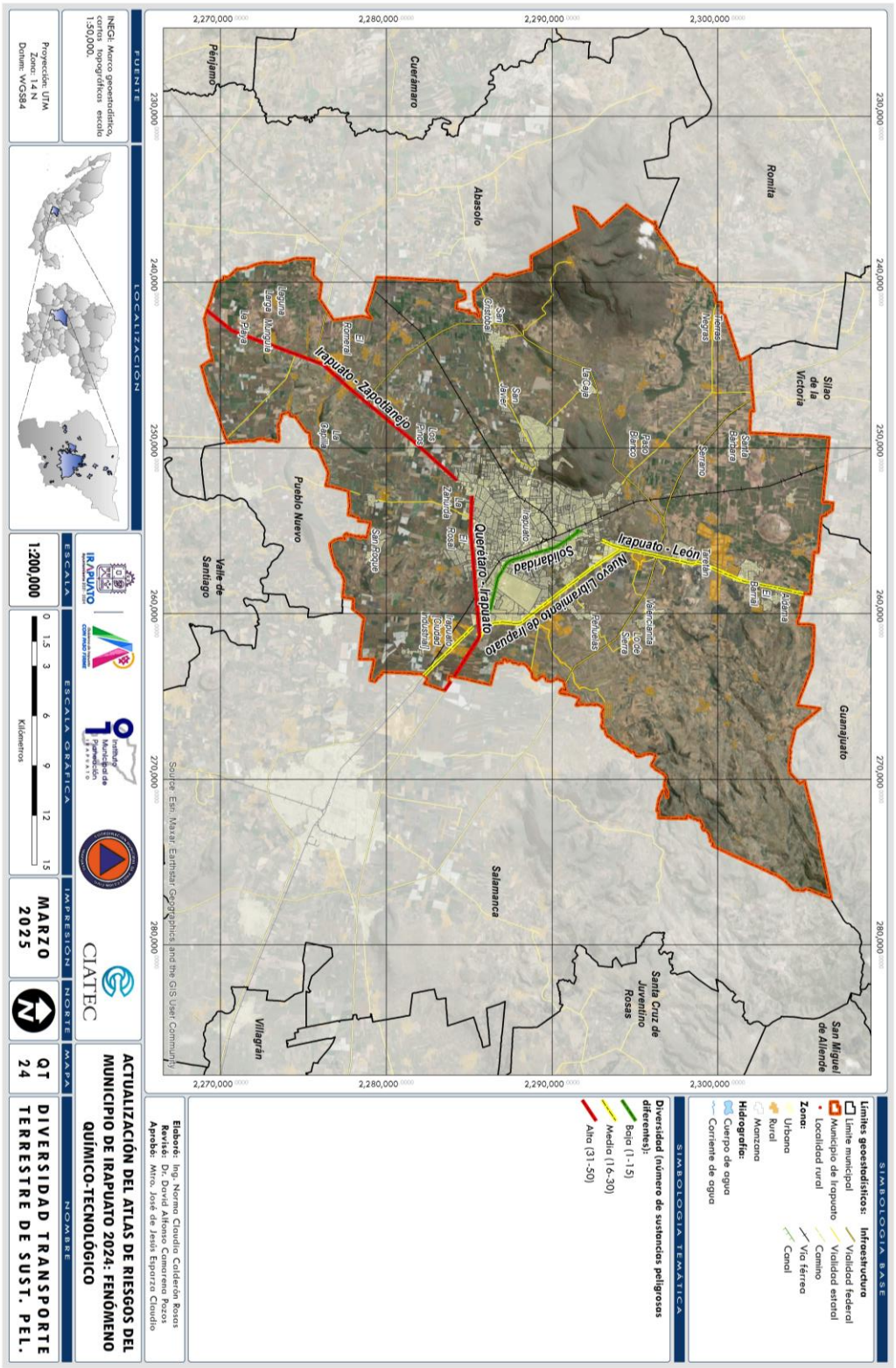
Tabla 50: Diversidad de sustancias peligrosas por carretera.

No.	Carretera	Frecuencia total por hora
1	Carretera Federal 45	28
2	Carretera Federal 45 D	42
3	Carretera Federal 90	43
4	Blvd. Solidaridad	13

Fuente: elaboración propia



Mapa 23: Frecuencia total de vehículos que transportan sustancias peligrosas por hora.



Mapa 24: Diversidad de sustancias peligrosas transportadas en carreteras.

VII.2.7 Identificación de vías férreas en las que se transportan sustancias peligrosas

En el municipio de Irapuato, Gto., existe también una importante red ferroviaria para el transporte de diversas sustancias y materiales. Esta red forma parte de la Ruta División Guadalajara y División Centro de México del Servicio de transporte ferroviario de FERROMEX, con una capacidad de 130 toneladas (ver Figura 20).

Figura 20. Transporte Ferroviario: patio y mapa de rutas de Ferromex.

Fuente: tomado de ferromex.mx

La división Guadalajara conecta el municipio de Irapuato con la ciudad de Pénjamo, Guadalajara, Tepic, Mazatlán, Culiacán, Guaymas, Hermosillo, Nogales y Mexicali. La División Centro de México conecta el municipio con la ciudad de Celaya, Querétaro y Ciudad de México, así como también con la ciudad de León, Aguascalientes, Zacatecas, Torreón, Chihuahua, Monterrey, Piedras Negras, Ciudad Juárez, Tampico y Altamira.

La empresa cuenta con los permisos de la SCT para el transporte de materiales peligrosos, así como de SEMARNAT y SEDENA. Así también se cuenta con la coordinación con CENAPRED, PROFEPA, SETIQ en casos de emergencias y con un plan de atención y remediación de emergencias químicas (PAREQ).

De acuerdo a la información de Ferromex (ferromex.mx), dentro de la red ferroviaria se transportan productos de la industria agrícola, automotriz, cementera, energética, intermodal, de los metales y minerales, química y de fertilizantes. Entre las sustancias químicas que se transportan se encuentran la gasolina, diésel, gas L.P., petróleo parcialmente refinado, propano, benceno, propileno, turbosina, amoniaco, fertilizantes, plaguicidas, ácidos, alcoholes, aminas, cloro, cloruro de vinilo, ésteres, éteres, gas oxígeno, peróxidos, resinas, xilenos, entre otros.

La red ferroviaria ingresa por la zona suroeste del municipio, llegando desde Salamanca, pasando por Ciudad Industrial Irapuato, y posteriormente a un costado de la colonia Morelos, CERESO Irapuato, Valle de la Flores, Zona Militar hasta Puente de Guadalupe, en donde se dirige de manera paralela al Blvd. Paseo Solidaridad hasta el Patio Irapuato, donde convergen hasta 17 líneas de ferrocarril.

Posteriormente existe una derivación a la altura de la Av. Ejército Nacional, la cual pasa por debajo del puente de la Av. Guerrero y continúa sobre la Av. Paseo Irapuato a un costado de las colonias Las Reinas, Camino Real, Tabachines, Guerrero, 1° de Mayo, Villas de San Clemente, Nueva Reforma Agraria, Plan Vivirá, Colinas del Río y continúa hasta la Estación Abasolo.

La otra derivación continúa del Patio Irapuato, hasta al norte del municipio pasando a un costado de la Col. La Pradera, Santa Fe II Sección, Juárez, Las Américas, La Gavia, Galaxia el Naranjal, Copalillo continuando hasta el municipio de Silao. Para el último análisis del fenómeno Químico-Tecnológico en el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., del año 2013, no se consideró el censo de sustancias químicas por vías férreas.

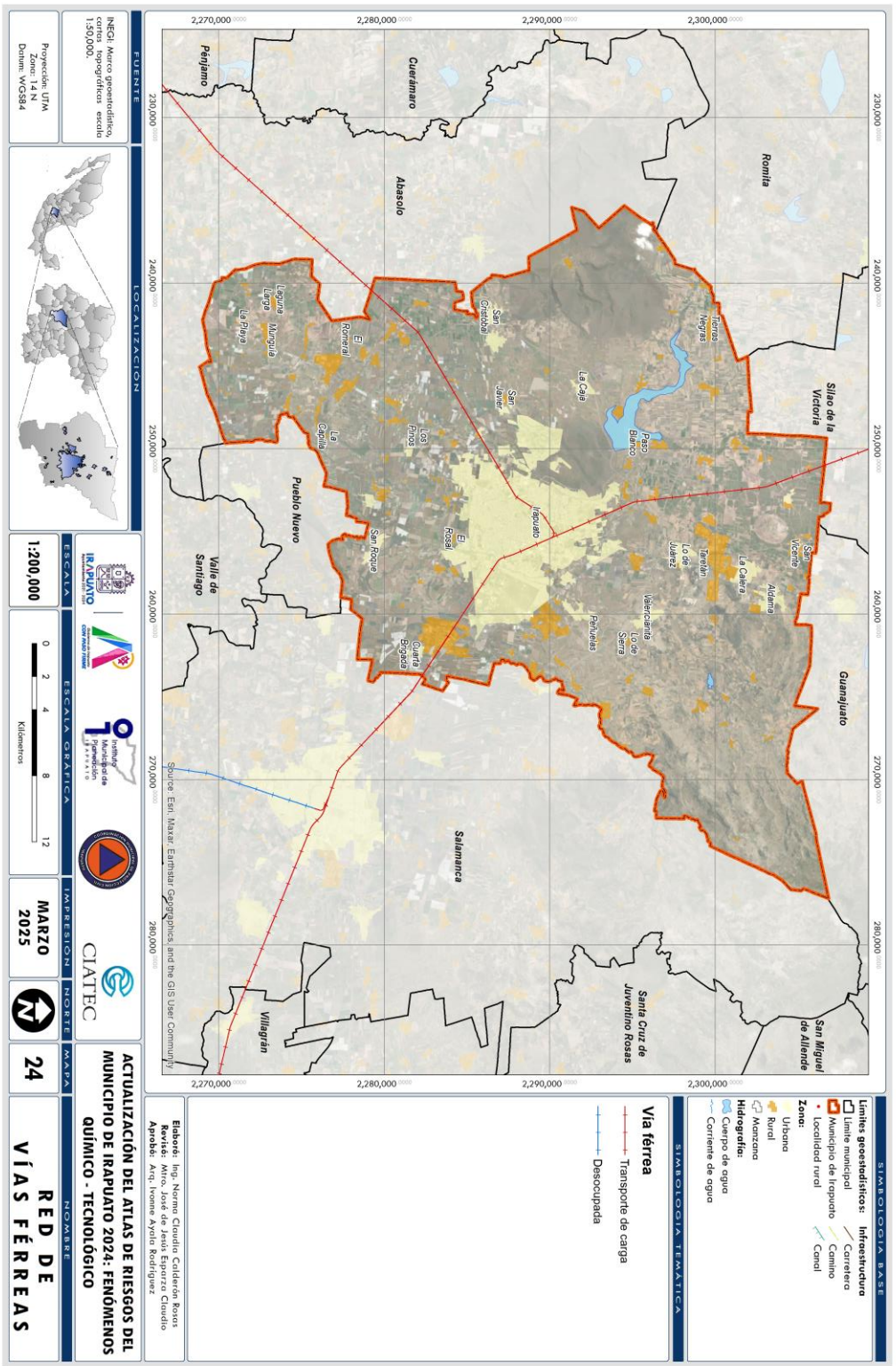
VII.2.8 Censo de sustancias peligrosas en vías férreas

Así también, se llevó a cabo un censo de sustancias peligrosas en 2 secciones de vías Ferreras dentro del municipio. Este censo se realizó, al igual que el censo en carreteras, durante 3 días, en dos horarios diferentes (matutino: 9:00 – 12:00 hrs y vespertino: 13:00 a 15:00 hrs), lo que permitió la identificación de sustancias peligrosas y su frecuencia de circulación (ver Tabla 51). En el Mapa 25 y la Figura 21 se muestra el listado y fotografías de las secciones consideradas en este censo.

Tabla 51: Secciones en vías férreas consideradas en el censo de sustancias peligrosas.

No.	Carretera
1	Paseo Irapuato (a la altura de la ex caseta de Protección Civil)
2	Calzada de Guadalupe (a la altura de la entrada al Fraccionamiento Las Animas)

Fuente: elaboración propia



Mapa 25: Red de vías férreas.

Paseo Irapuato

Calzada de Guadalupe

Figura 21. Fotografías tomadas durante censo en vías férreas

Fuente: elaboración propia

VII.2.9 Censo de sustancias peligrosas en Paseo Irapuato

En la vía férrea, durante el censo matutino, no hubo registro de ningún tipo de transporte de sustancias peligrosas. Por otro lado, en el censo vespertino, las sustancias mayormente transportadas fueron cianuro de sodio (6 vagones de 90,000 kg), gasóleo (30 vagones de 23,500 galones ~ 90,000 L) y gasolina (10 vagones de 23,500 galones ~ 90,000 L) (ver Tabla 52).

Tabla 52: Sustancias peligrosas transportadas en Paseo Irapuato.

Fecha	Horario	Dirección	Número de vagones	Transporta sustancias peligrosas	Vagones con sustancias peligrosas	Sustancia identificada*
Lunes 10/02/2025	09:25 hrs	Oeste - Este	118	No	NA	NA
	11:00 hrs	Este - Oeste	112	No	NA	NA
	11:59 hrs	Oeste - Este	52	No	NA	NA
	13:50 hrs	Oeste - Este	112	Si	6	(6) Cianuro de sodio LD 90,000 kg
Miércoles 12/02/2025	09:27 hrs	Este - Oeste	59	No	NA	NA
	12:44 hrs	Oeste - Este	47	Si	40	(30) Gasóleo 90,000 litros c/u (10) Gasolina 90,000 litros c/u
Viernes 14/02/2025	09:45 hrs	Este - Oeste	98	No	NA	NA
	11:42 hrs	Este - Oeste	106	No	NA	NA
	14:16 hrs	Oeste - Este	118	No	NA	NA

Fuente: elaboración propia

VII.2.10 Censo de sustancias peligrosas en Calzada de Guadalupe

Durante el turno matutino, se registró el transporte de:

- Ácido fosfórico en solución (4 vagones de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Destilados de petróleo (3 vagones de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Bebidas alcohólicas (1 vagón de 16,500 galones ~ 63,000 litros).
- Líquido a temperatura elevada (1 vagón de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Peróxido de hidrógeno en solución alcohólica (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Gasóleo (3 vagones de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Gasolina (8 vagones de 23,500 galones ~ 90,000 litros).

En el turno vespertino, las principales sustancias peligrosas que fueron transportadas por estas vías férreas son:

- N-propanol (2 vagones de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Ácido fosfórico en solución (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Acetato de butilo (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Ácido fosfórico en solución (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Cianuro de sodio (4 vagones de 90,000 kg).
- Gasolina (1 vagón de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente (N.E.P.) (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).
- Óxido de etileno con nitrógeno (1 vagón de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Trimetil-amina anhidra (1 vagón de 23,500 galones ~ 90,000 litros).
- Óxido de propileno (1 vagón de 20,500 galones ~ 77,600 litros).

.

Tabla 53: Sustancias peligrosas transportadas en Calzada de Guadalupe.

Fecha	Horario	Dirección	Número de vagones	Transporta sustancias peligrosas	Vagones con sustancias peligrosas	Sustancia identificada (Número de vagones)
Lunes 17/02/2025	09:37 hrs	Norte - Sur	3 máquinas	No	NA	NA
	09:43 hrs	Sur - Norte	156	No	NA	NA
	10:49 hrs	Sur - Norte	91	Si	10	• 4 Ácido fosfórico en solución, 77,600 litros c/u • 3 Destilados de petróleo, 90,000 litros c/u • Bebidas alcohólicas, 60,000 litros • Líquido a temperatura elevada, 90,000 litros • Peróxido de hidrógeno en solución alcohólica, 77,600 litros
	11:22 hrs	Sur - Norte	3	No	NA	NA
	13:27 hrs	Norte - Sur	7	No	NA	NA
	13:35 hrs	Norte -Sur	43	Si	4	• N-Propanol, 77,600 litros c/u • Ácido fosfórico en solución, 77,600 litros • Acetatos de butilo, 77,600 litros
	13:48 hrs	Norte - Sur	30	No	NA	NA
	13:51 hrs	Norte - Sur	3 máquinas	No	NA	NA
	14:04 hrs	Norte - Sur	88	Si	6	• Ácido fosfórico en solución, 77,600 litros • 4 Cianuro de sodio, LD 90,000 kg • 1 Gasolina, 90,000 litros c/u
Miércoles 19/02/2025	09:57 hrs	Norte - Sur	255	No	NA	NA
	10:16 hrs	Sur - Norte	236	No	NA	NA
	10:59 hrs	Sur - Norte	103	No	NA	NA
	11:19 hrs	Sur - Norte	15	Si	11	• 3 Gasóleo, 90,000 litros c/u • 8 Gasolina, 90,000 litros c/u
	11:27 hrs	Sur - Norte	91	No	NA	NA
Miércoles 26/02/2025	12:45 hrs	Norte - Sur	3	No	NA	NA
	12:49 hrs	Norte - Sur	4	No	NA	NA
	12:50 hrs	Sur - Norte	120	No	NA	NA

Fecha	Horario	Dirección	Número de vagones	Transporta sustancias peligrosas	Vagones con sustancias peligrosas	Sustancia identificada (Número de vagones)
	12:52 hrs	Norte - Sur	31	Sí	1	• Substancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, N.E.P), 77,600 litros
	13:40 hrs	Norte - Sur	3	Sí	3	• Óxido de etileno u óxido de etileno con nitrógeno, 90,000 litros • Trimetilamina anhidra, 90,000 litros • Óxido de propileno, 77,600 litros
	13:51 hrs	Sur - Norte	242	No	NA	NA
	14:43 hrs	Sur - Norte	102	No	NA	NA
Viernes 21/02/2025	11:00 hrs	Sur - Norte	103	No	NA	NA
	13:50 hrs	Norte - Sur	1 máquina	No	NA	NA
	14:16 hrs	Sur - Norte	75	No	NA	NA
	15:08 hrs	Norte - Sur	74	No	NA	NA

Fuente: elaboración propia

NA: No aplica

LD: Límite de carga especificado en el carro tanque.

En color gris: Turno matutino. En blanco: Turno vespertino.

En resumen, en la Tabla 54 se muestra la abundancia de vagones del tren que transportan sustancias peligrosas. En Paseo Irapuato circularon un mayor número de vagones (46 vagones que transportaban 540,000 kg de cianuro de sodio y 3,600,000 L de hidrocarburos) en comparación con Calzada de Guadalupe.

Tabla 54: Abundancia de vagones que transportan sustancias peligrosas.

No.	Sección de vía férrea	Número total de vagones
1	Paseo Irapuato	46
2	Calzada de Guadalupe	35

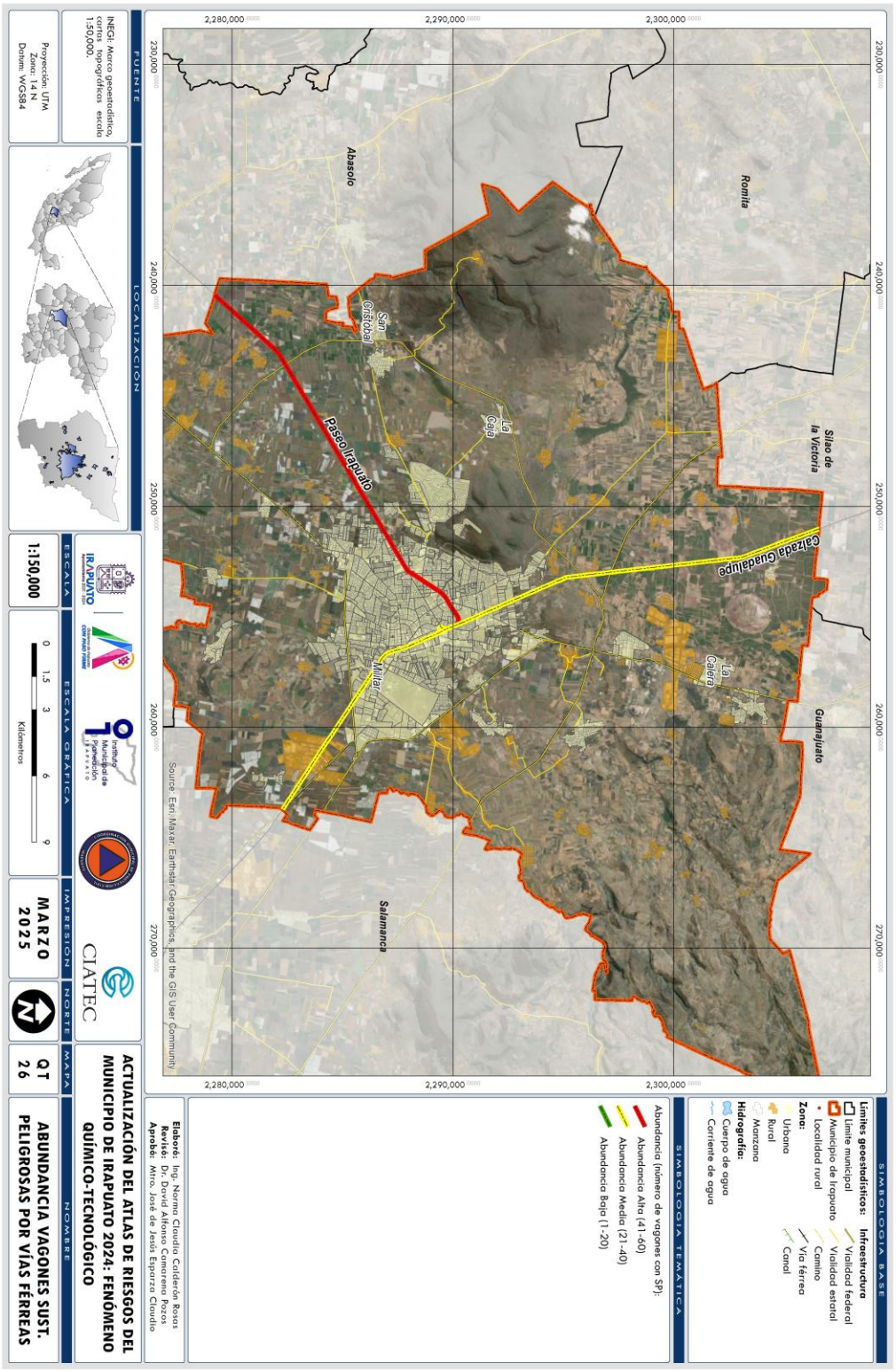
Fuente: elaboración propia

Así también, en la Tabla 55 se muestra la diversidad de sustancias peligrosas que transitan por cada una de las vías férreas. La sección de Calzada de Guadalupe transporta hasta 14 sustancias diferentes en comparación con las 3 que pasaron sobre Paseo Solidaridad.

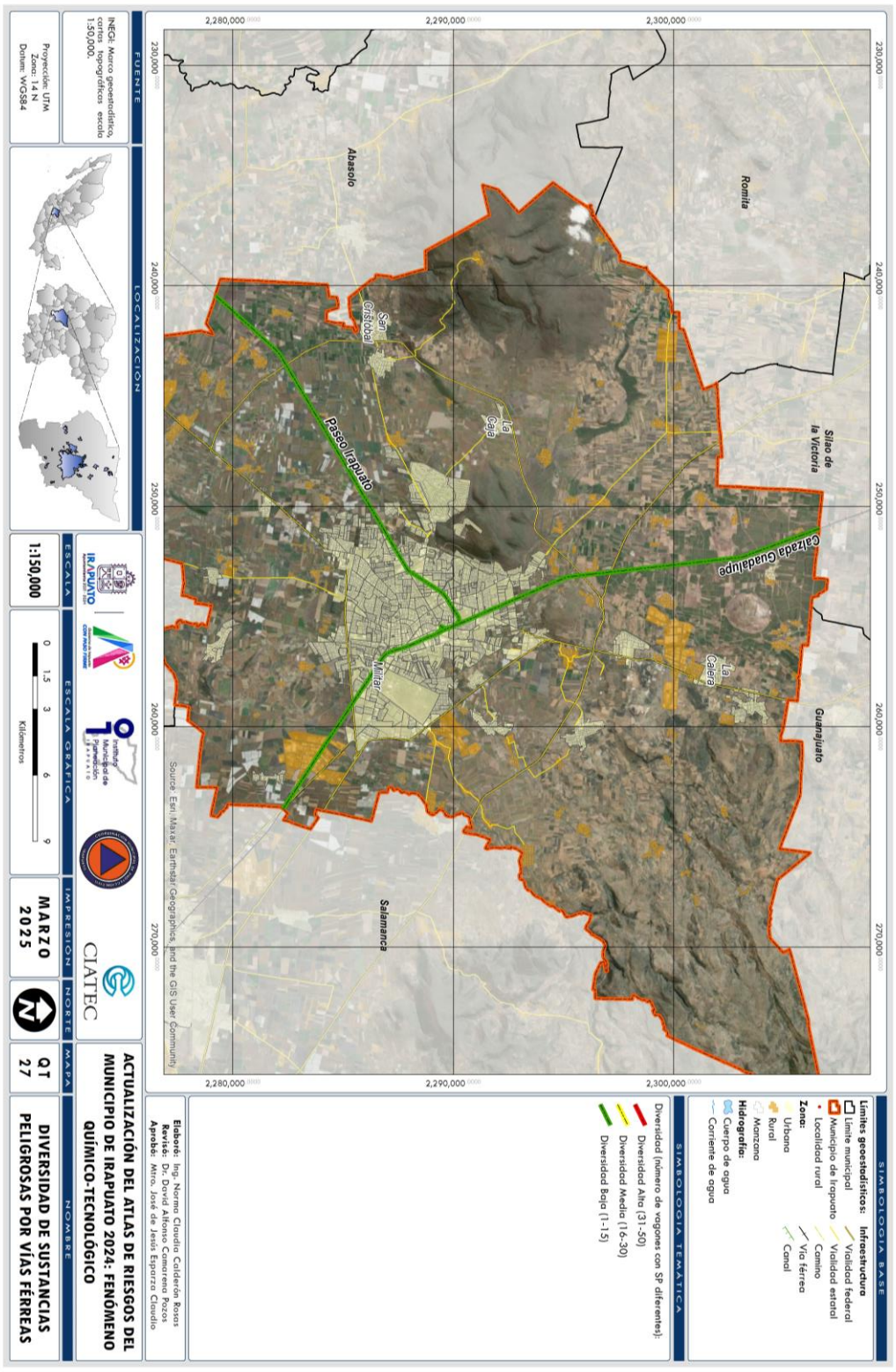
Tabla 55: Diversidad de sustancias peligrosas por vía férrea.

No.	Carretera	Frecuencia total por hora
1	Paseo Irapuato	3
2	Calzada de Guadalupe	14

Fuente: elaboración propia



Mapa 26: Abundancia de vagones que trasportan sustancias peligrosas en vías férreas.



Mapa 27: Diversidad de sustancias peligrosas transportadas por vía férrea.

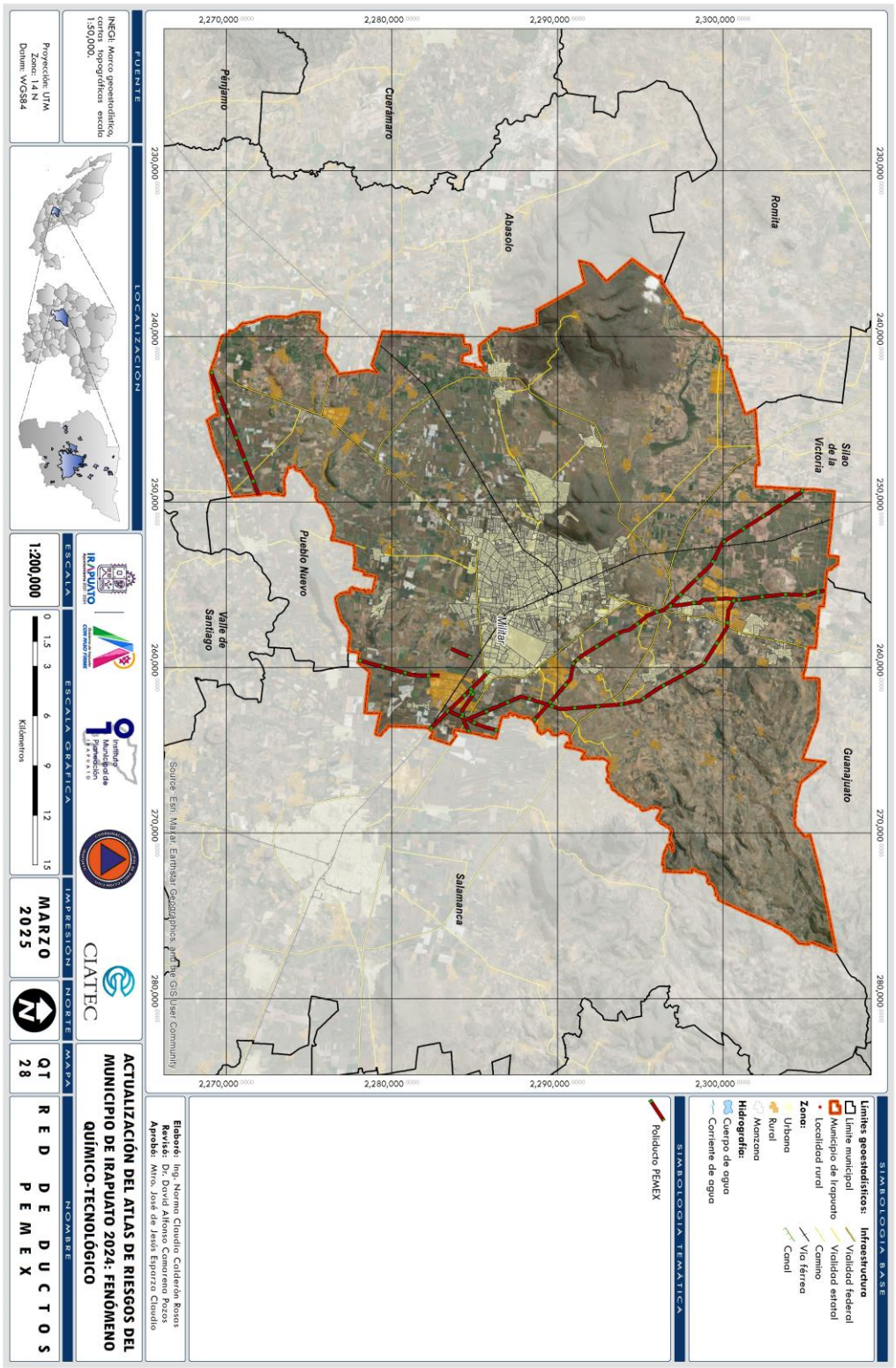
VII.3 Peligro por transporte por ductos de sustancias peligrosas

Los ductos o tuberías son sistemas de transporte y distribución tanto de hidrocarburos como de otras sustancias tanto líquidas como gaseosas como la gasolina, diésel, combustóleo, amoníaco, gas natural, gas licuado de petróleo, entre otras. Se realiza de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Energía (SENER), la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE). Para el caso de Petróleos Mexicanos (PEMEX), se cuenta con normatividad propia.

En el municipio de Irapuato, se tiene ubicada una red proveniente de la Refinería de PEMEX "Ing. Antonio M. Amor" ubicada en el municipio de Salamanca, Gto. Esta red es responsable del transporte de diésel, turbosina, combustóleo y las gasolinas Magna y Premium.

Esta red de ductos (ver Mapa 28) se extiende desde el sureste del municipio con dirección al norte y noroeste. Los ductos no atraviesan la zona urbana de Irapuato, pero si localidades rurales como Lo de Juárez, El Carrizal el Grande, San José Temascatío y Valencianita, así como también las localidades de Guadalupe Villa Cárdenas, Molino de Santa Ana, El Monte, Los Corrales, Vieyra, Doctor Raúl Jaramillo, lo de Sierra, Los Vázquez, El Rosario, Alto Canal, Shangrilá, Granja Hernández y Granja San Antonio. Estos ductos forman parte de la línea Salamanca - León – Aguascalientes, siendo el poliducto de 10 pulgadas, con capacidad para transportar 24,000 barriles por día, transporta gasolina, diésel y turbosina, mientras que el poliducto de 14 pulgadas transporta combustóleo.

Se tiene localizado un poliducto de 16 pulgadas con dirección a Guadalajara, el cual cruza a las orillas del municipio de Irapuato, cercano a las localidades de La Luz, Puente Blanco y El Tope. PEMEX ha establecido un derecho de vía de 35 metros a cada lado del ducto, más 35 metros de zona de seguridad, según el tipo de ducto y el combustible que transporta. El municipio de Irapuato ha sido identificado como un área de alta incidencia de tomas clandestinas en los ductos de PEMEX (revisar Anexo 3A, búsqueda hemerográfica).



Mapa 28: Red de poliductos de PEMEX.

La **NOM-EM-004-SECRE-2014** establece los requisitos mínimos sobre diseño, materiales, construcción, inspección, pruebas, operación, mantenimiento y seguridad del transporte por medio de ductos de Gas LP y otros hidrocarburos líquidos obtenidos de la refinación del petróleo tales como gasolina, turbosina, diésel y combustóleo, a fin de evitar daños a la salud y al bienestar de la población, al medio ambiente o a los recursos naturales. Para el caso del transporte de otros hidrocarburos distintos al gas LP, se han considerado aspectos que los hacen diferentes, como, por ejemplo, su elevada presión de vapor o viscosidad entre otras propiedades, y que son relevantes para proporcionar una adecuada operación y mantenimiento. De manera importante se especifican los siguientes puntos:

- No se deberán invadir derechos de vía de otros servicios (por ejemplo, una carretera o ferrocarril), salvo cuando la franja de seguridad del ducto se comparta con otros poliductos, en su caso.
- Se deberá guardar una distancia mínima de 10 metros de cualquier edificación, con objeto de proporcionar una zona de amortiguamiento y de maniobras de emergencia en caso de presentarse un incidente.
- Se deberá situar a una distancia mínima de 15 metros de estaciones de servicio de combustibles líquidos o gaseosos o cualquier instalación donde se almacenen sustancias peligrosas o inflamables.
- Se deberá situar a más de 50 metros de centros de reunión como salas de concierto, iglesias, centros de convención y parques recreativos, entre otros.
- En los casos no previstos, por ejemplo, separación de ductos de transporte con estaciones de servicio de combustibles ya sean líquidos o gaseosos, deberá realizarse un estudio de riesgos y consecuencias que pudieran ocasionarse a las instalaciones y a la población en general en caso de ocurrir un incidente en el sistema de transporte o en dichas estaciones de servicio. Se deberán de implementar los resultados obtenidos del estudio de riesgos y consecuencias, y guardar las distancias correspondientes a fin de garantizar la seguridad de la población e instalaciones diversas.

El último análisis del fenómeno Químico-Tecnológico en el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., (https://sigimplan.site/) consideró sólo la ubicación de estos poliductos. En esta actualización, se consideró además la red de ductos de gas natural.

Figura 22. Señalización de ductos de PEMEX, (localidad Lo de Juárez, y Carrizal el Grande).
Fuente: elaboración propia con imágenes de Google maps

Esta red de distribución de gas natural debe alinearse con lo que marca las siguientes normas oficiales mexicanas:

- **NOM-001-SECRE-2010**, Especificaciones del gas natural.
- **NOM-002-SECRE-2010**, Instalaciones de aprovechamiento de gas natural.
- **NOM-003-SECRE-2011**, Distribución de gas natural y gas licuado de petróleo por ductos.
- **NOM-007-SECRE-2010**, Transporte de gas natural.
- **NMX-X-021-SCFI-2007**, Industria del gas-Tubos multicapa de Polietileno-Aluminio-Polietileno (PE-AL-PE) para la conducción de gas natural (GN) y gas licuado de petróleo (GLP) - Especificaciones y métodos de ensayo.
- **NMX-X-031-SCFI-2005**, Industria del gas - Válvulas de paso - Especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-X-032-SCFI-2006**, Industria del gas - Reguladores para gas natural - Especificaciones y métodos de prueba.
- **NMX-X-044-SCFI-2008**, Industria del gas - Tubos multicapa de policloruro de vinilo clorado – aluminio policloruro de vinilo clorado.
- **NOM-129-SEMARNAT-2006**, Redes de distribución de gas natural. Que establece las especificaciones de protección ambiental para la preparación del sitio, construcción, operación, mantenimiento y abandono de redes de distribución de gas natural que se pretendan ubicar en áreas urbanas, suburbanas e industriales, de equipamiento urbano o de servicios.

En la **NOM-003-SECRE-2011** se establecen las clases de localización basadas en la actividad humana, las cuales consisten en evaluar el grado de exposición del ducto a daños y por consiguiente a la seguridad y protección de las personas, el medio ambiente y las instalaciones. Estas clases se muestran en la Tabla 56.

Tabla 56: Clases de localización de acuerdo a la NOM-003-SECRE-2011.

Clase	Descripción
Localización Clase 1	El área unitaria que cuenta con diez o menos construcciones para ocupación humana.
Localización Clase 2	El área unitaria con más de diez y hasta cuarenta y cinco construcciones para ocupación humana.
Localización Clase 3	El área unitaria que cuenta con cuarenta y seis construcciones o más para ocupación humana. El tramo de una tubería clase 1 o 2 será reclasificado como clase 3 cuando el eje de dicho tramo se encuentre a una distancia igual o menor a 100 metros de: a) Una construcción ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días en la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: escuelas, hospitales, iglesias, salas de espectáculos, cuarteles y centros de reunión. b) Un área al aire libre definida que sea ocupada por veinte o más personas, al menos 5 días a la semana, en 10 semanas en un periodo de 12 meses. Los días y las semanas no tienen que ser consecutivos, por ejemplo: campos deportivos, áreas recreativas, teatro al aire libre u otro lugar público de reunión. c) Un área destinada a fraccionamiento o conjunto habitacional o comercial que no tenga las características de la clase 4.
Localización Clase 4	El área unitaria en la que predominan construcciones de cuatro o más niveles incluyendo la planta baja, donde el tráfico vehicular es intenso o pesado y donde pueden existir numerosas instalaciones subterráneas.

Fuente: elaboración propia con información de la NOM-003-SECRE-2011

El distribuidor debe contar con un manual de procedimientos de operación y mantenimiento del sistema de distribución durante la operación normal, puesta en operación y paro. Además de un Programa de mantenimiento preventivo elaborado en base al manual de métodos y procedimientos que incluya entre otros: programa de inspecciones periódicas para asegurar que el sistema de distribución cumple con las especificaciones de diseño, programa de mantenimiento del sistema de protección catódica, programa de suspensión de operación por trabajos de mantenimiento, programa de capacitación al personal que ejecuta las actividades de operación y mantenimiento, que incluya los resultados de las pruebas e inspecciones realizadas al sistema de distribución.

El distribuidor deberá contar con un Plan de Protección Civil en el cual se establezcan las acciones de prevención, auxilio y recuperación destinadas a salvaguardar la integridad física de la población y sus bienes, y proteger el sistema de distribución ante la ocurrencia de una emergencia. El Plan de protección civil consta de lo siguiente:

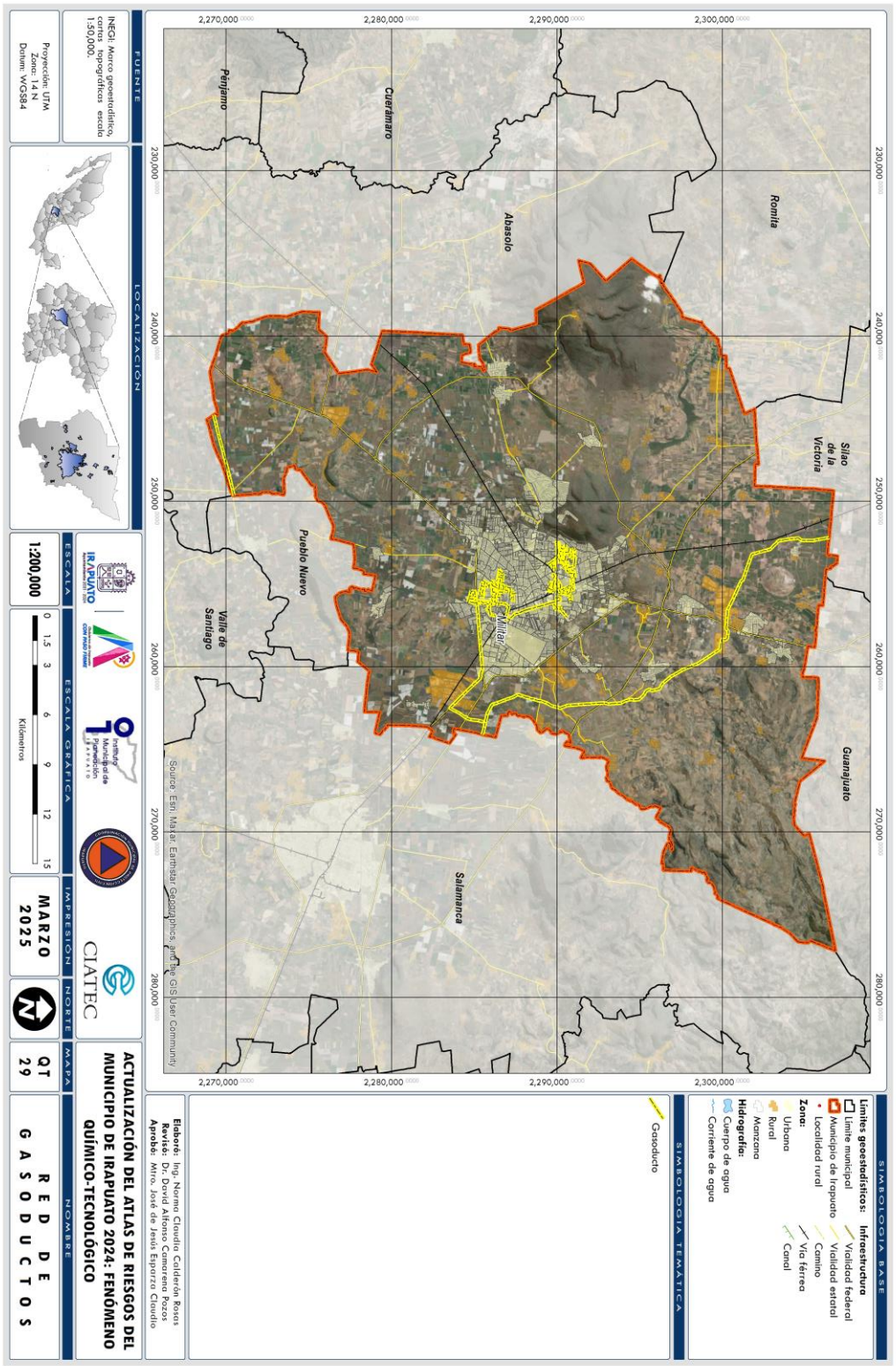
a) **Programa de prevención de accidentes (PPA)** donde establezca las medidas para evitar y/o mitigar el impacto destructivo de una emergencia o desastre destinadas a rescatar y salvaguardar a la población que se encuentre en peligro en caso de un siniestro y mantener en funcionamiento los servicios y equipo estratégico. El Programa para la Prevención de Accidentes debe estar de conformidad con lo establecido por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
b) **Programa de auxilio** donde se establezcan las acciones y procedimientos para salvaguardar a la población.
c) **Programa de recuperación** donde establezca las acciones y procedimientos para la restitución, modificación o reemplazo de las zonas y sistemas afectados, y la restauración del servicio en el menor tiempo posible.

De manera importante se menciona que los señalamientos informativos, restrictivos y/o preventivos se deben instalar en tuberías que operen a una presión igual o mayor de 689 kPa y:

a) Ubicarse lo más cerca posible, en los casos siguientes: ambos lados del cruce de una carretera, camino público y ferrocarril; ambos lados del cruce aéreo, fluvial y otros cuerpos de agua; e instalaciones superficiales como válvulas de seccionamiento, trampas de diablo, estaciones de recibo/entrega, estaciones de regulación, estaciones de regulación y medición, rectificadores de corriente, estaciones de odorización;
b) La distancia mínima entre cada señalamiento es de 1000 m para Clases de localización 1 y 2, 500 m para Clases de localización 3 y 100 m para Clases de localización 4;
c) El señalamiento debe contener alguna de las siguientes palabras: "Advertencia, cuidado, precaución". Estas palabras deben tener un alto de 25 por 6 mm de ancho y ser seguidas de las frases; "tubería a Presión bajo tierra, Gas Natural, Gas Licuado de Petróleo." "no cavar, no golpear, no construir". (Esta frase puede ir en letras o en símbolo). "En caso de emergencia, llamar a: (Nombre del Regulado)"; "Teléfonos: Clave lada, teléfono(s) local y/o número libre de cargo" y los señalamientos deben ir en fondo color amarillo y letras color negro, y
d) Excepciones:
    I. En los casos donde los señalamientos no puedan ser colocados debido a impedimentos del lugar o físicos del terreno, la señalización se puede realizar con las siguientes alternativas: Colocar el señalamiento a un lado del lomo del ducto; placas en el piso o pared (tachuelas o estoperoles), que contengan como mínimo: nombre del Regulado, teléfono(s) del mismo, y las leyendas Gas Natural, no cavar, y

II. Cuando en la Franja de desarrollo existan dos o más ductos propiedad del Regulado, puede ubicar con un solo señalamiento los ductos existentes.

En el Mapa 29 se puede observar la red de ductos de gas natural en el municipio de Irapuato.



Mapa 29: Red de ductos de gas natural.

VII.4 Peligro por incendios forestales

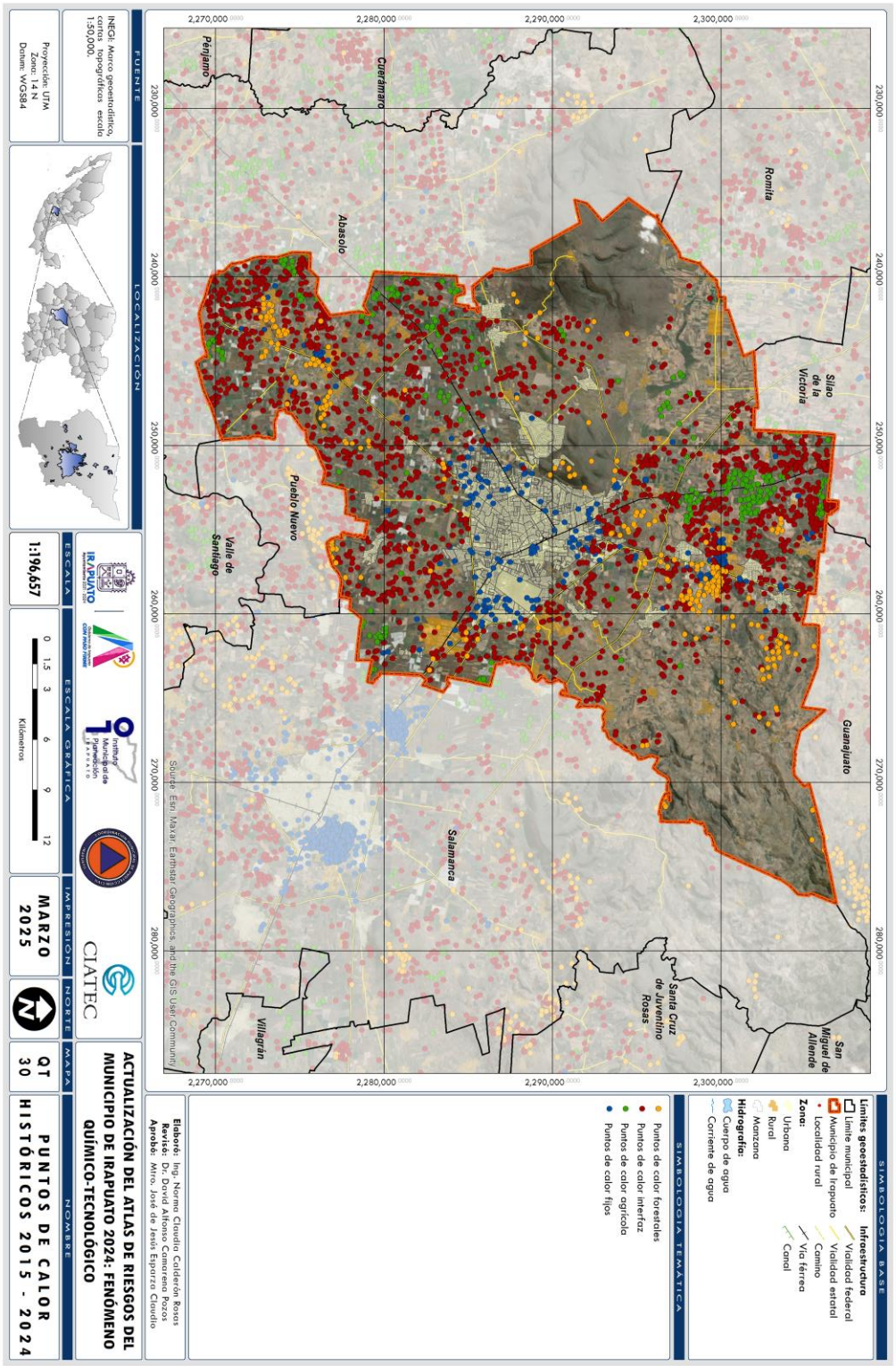
Los incendios forestales no fueron considerados en el último análisis del FQT en el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., del año 2013, por lo que será un componente nuevo en la presente actualización.

Los incendios forestales son eventos que se generan por la interacción de factores antrópicos y naturales y que pueden ser causados esporádicamente de forma natural como un proceso de regeneración para los bosques. Sin embargo, la mayoría de estos se deben a la intervención de factores como la tala inmoderada, el turismo no ecológico, la cercanía de terrenos de cultivo a los bosques, el cambio de uso de suelo, la cercanía a caminos y el mal uso del fuego en terrenos forestales y terrenos de uso agrícola (Instituto de Planeación Estadística y Geografía de Guanajuato, 2022).

En el país, se estima que 9 de cada 10 incendios forestales son causados por el ser humano, y solo el 1% corresponde a fenómenos naturales derivados de eventos meteorológicos, como descargas eléctricas o erupciones volcánicas. Los incendios causados por seres humanos pueden ser:

a) **Accidentales**: Relacionados con accidentes automovilísticos, ferroviarios, aéreos y con ruptura de líneas eléctricas.
b) **Negligencias**: Las quemas agropecuarias y de basura no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego, entre otras actividades productivas dentro de las áreas forestales.
c) **Intencionales**: Se refiere a las quemas que se realizan en el contexto de conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios, entre otros.

Los **puntos de calor** son definidos como cualquier punto de la superficie terrestre que emita suficiente temperatura como para que el píxel de una imagen de satélite lo reporte con una temperatura elevada en comparación con sus vecinos, y cumpla con los umbrales establecidos en el algoritmo. En este caso, un punto de calor es cualquier fuente de calor que tiene una emisión lo suficientemente fuerte como para ser detectada por el sensor. Esa fuente puede ser provocada por incendios, quemas agrícolas, suelos calientes por el sol, grandes chimeneas (llamas de gas en pozos petroleros), volcanes activos, etc. En el Mapa 30 se muestran, en amarillo, los puntos de calor registrados del 01/01/2015 al 31/12/2024 considerando en zonas forestales dentro del municipio de Irapuato, Gto.



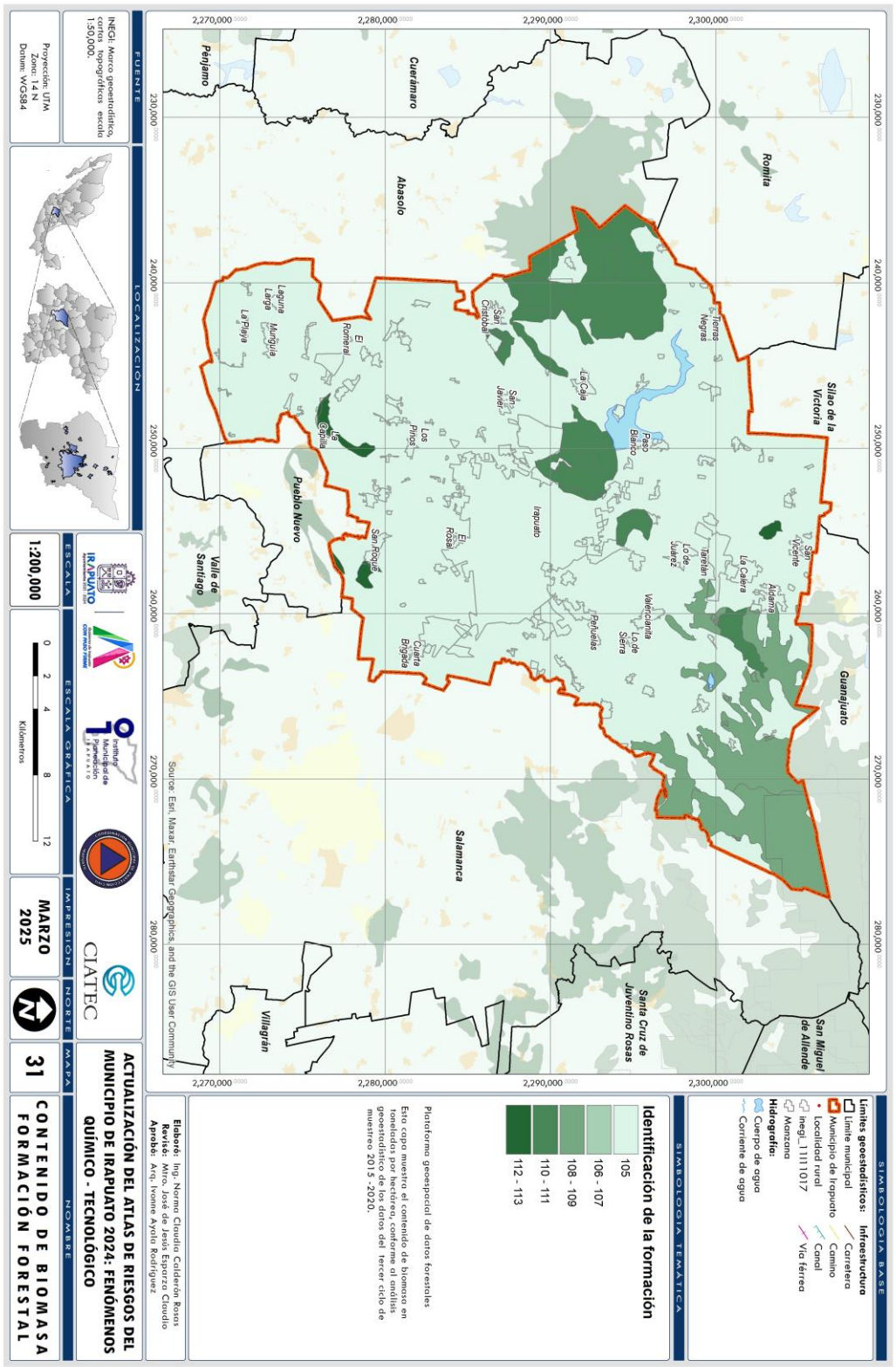
Mapa 30: Puntos de calor.

De acuerdo a los puntos de calor de zonas forestales, se puede visualizar una mayor proporción en las localidades de Aldama, Cañada de la Muerte, Taretán, Hacienda de Márquez y Arandas en la zona norte, así como las localidades de Munguía y San Ignacio de Rivera en la zona sur, principalmente.

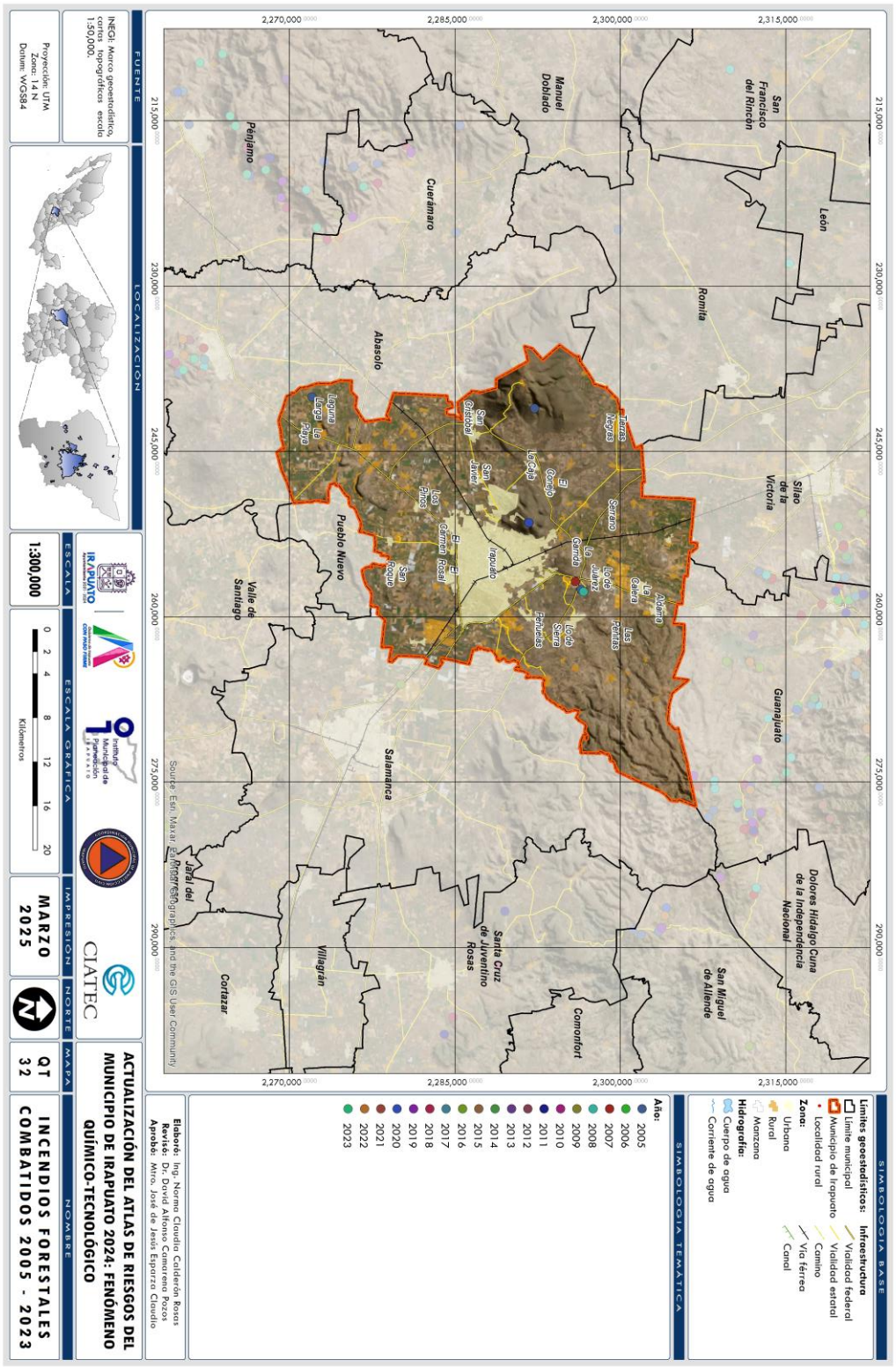
Tomando como referencia la información disponible en la plataforma de **Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales en México** la cual contiene la cartografía digital reportada por la Comisión Nacional Forestal referente a biomasa total forestal (Cartus O, 2014) con el uso del **Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS),** se puede observar que la mayor biomasa forestal, medida en toneladas de biomasa por hectárea, se encuentra distribuida principalmente en la zona del Cerro de Arandas (a un costado de la zona urbana) y Cerro Blanco (cercano a las localidades de Pozo de Parras, La Garrida, El Copalillo y Ex-Hacienda del Copal), y al oeste del municipio, en el llamado Cerro del Veinte y Cerro del Huilote, donde se registran entre 112 y 113 toneladas de biomasa por hectárea (ver Mapa 31). Otras zonas importantes se encuentran al noreste del municipio, en la Sierra de Codornices, muy cercana a las localidades de Los Solares y Potrerillos, y 2 zonas al sur, una cercana a las localidades de La Capilla y Rancho Nuevo Yóstiro, y otra conocida como La Cruz San Roque en la localidad de San Roque.

Dentro de esta misma plataforma se encuentran registradas las zonas de incendios combatidos en un periodo que abarca del 2005 al 2023 (ver Mapa 32). En este mapa es posible visualizar aislados para el año 2020 en el Cerro de Arandas y en el Cerro del Veinte. Al sur, se visualiza un caso adicional en el año 2020 cerca de Laguna Larga. Sin embargo, la zona de Cerro Blanco reporta 3 eventos en diferentes años (2008, 2018 y 2020).

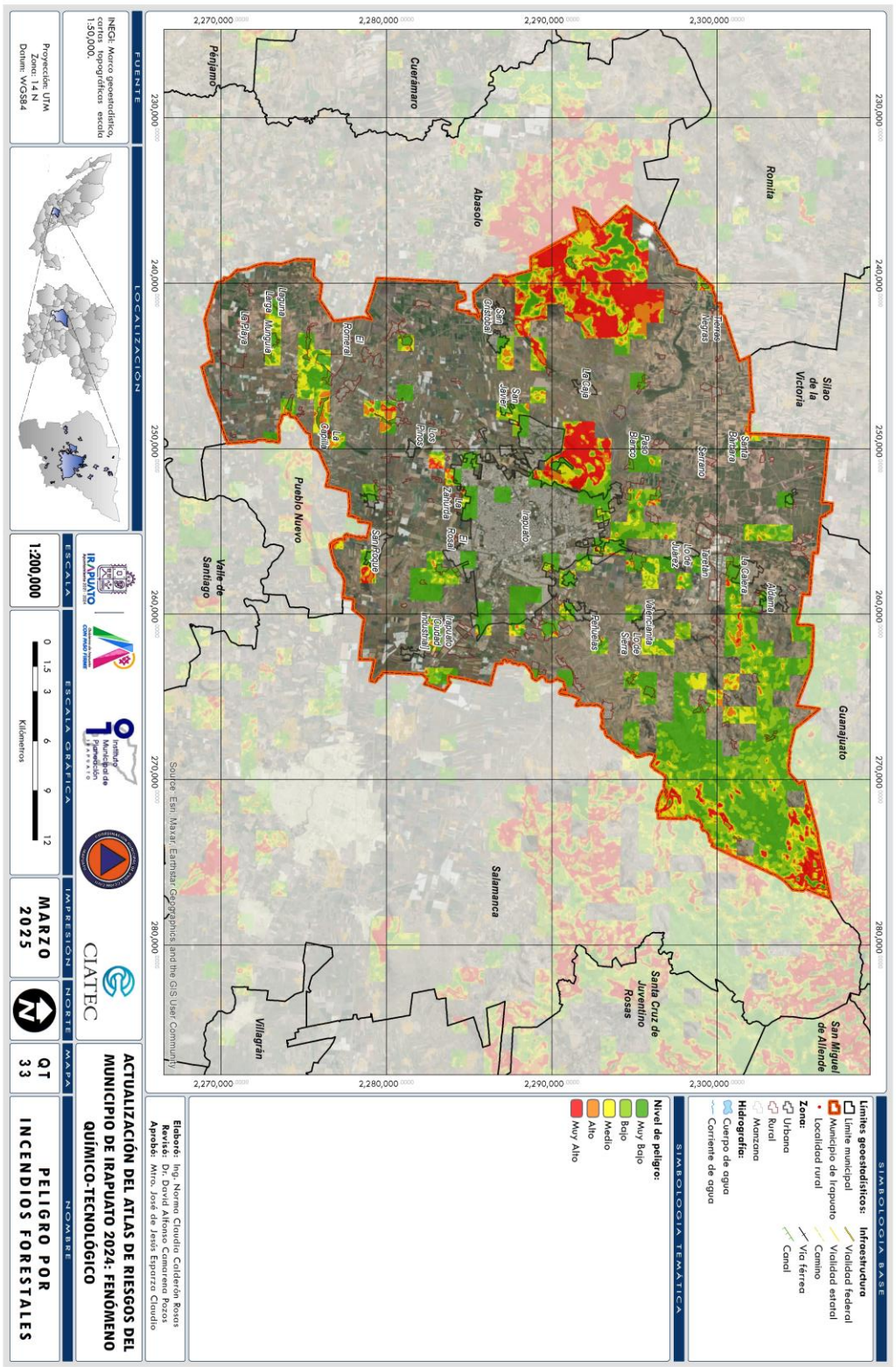
Así también, se utilizó el Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales (SPPIF), el cual es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones para el manejo de fuego en México (SEMAR, 2020). De acuerdo a esta herramienta, se elaboró el mapa de peligro por incendios forestales (ver Mapa 33). Este peligro se calcula a partir del peligro de ignición diario, considerando el papel de los factores humanos (carreteras, localidades e interfaz agrícola-forestal) con el riesgo de ocurrencia de incendio por biomasa forestal (Briones-Herrera CI, 2019), calibrado con los históricos de supresión de incendios en el periodo 2005-2019 (Monjarás-Vega NA, 2019). El Peligro de Incendio Forestal señala, de todas las áreas con peligro de ocurrencia de conglomerado de puntos de calor, aquellas que presentan condiciones para la ocurrencia de un incendio forestal.



Mapa 31: Biomasa total forestal.



Mapa 32: Incendios forestales combatidos.

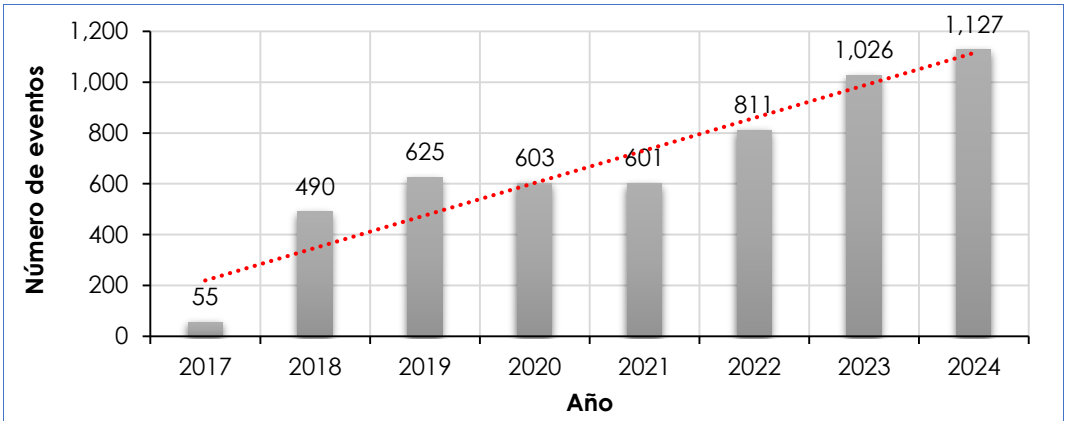


Mapa 33: Peligro por incendios forestales.

Para el mapa de peligro se consideraron 5 niveles de acuerdo al número de incendios/1,000 km^2. En este caso, existen zonas importantes de peligro Muy Alto y Alto, ubicadas en Cerro de Arandas y el Cerro del Veinte, así como también en la Sierra de Codornices y La Cruz San Roque.

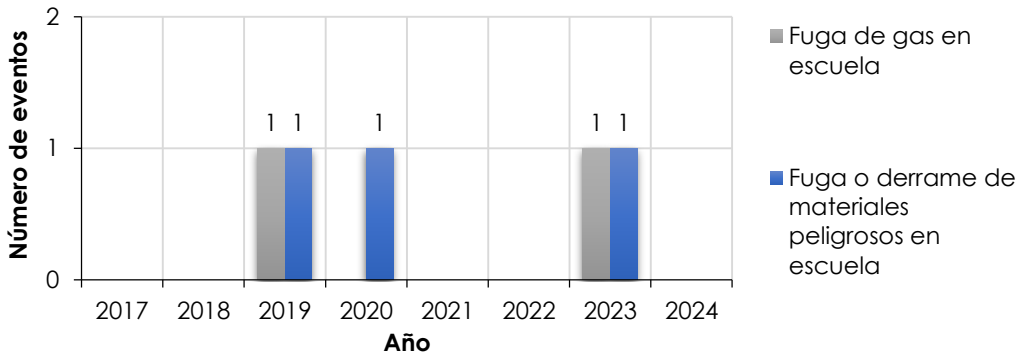
VIII. ANÁLISIS DE EMERGENCIAS

De acuerdo con la información proporcionada por Protección Civil, y de acuerdo a los reportes levantados por la población de los años 2017 a 2024, se contabilizaron más eventos de fuga de gas en el municipio de Irapuato en comparación con eventos de derrames, incendios o explosiones. De acuerdo a los eventos de fuga de gas, se tiene una tendencia positiva de eventos, alcanzando hasta 1,127 en el año 2024 (ver Gráfica 30).



Gráfica 30: Fugas de gas durante el periodo 2017-2024.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

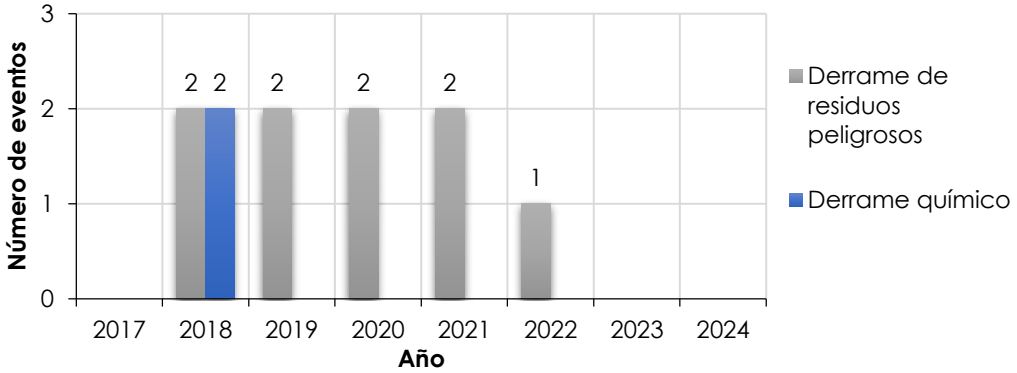
Así también se reportan eventos de Fugas o Derrames en Escuelas de Irapuato, siendo un total de 5 eventos en los últimos 8 años. Para este evento se tienen 2 conceptos reportados: Fuga de gas en escuela y Fuga o derrame de materiales peligrosos en escuela. El reporte no especifica a qué tipo de material peligroso se refiere (ver Gráfica 31).



Gráfica 31: Fugas de gas y derrames en la escuela durante el periodo 2017-2024.

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

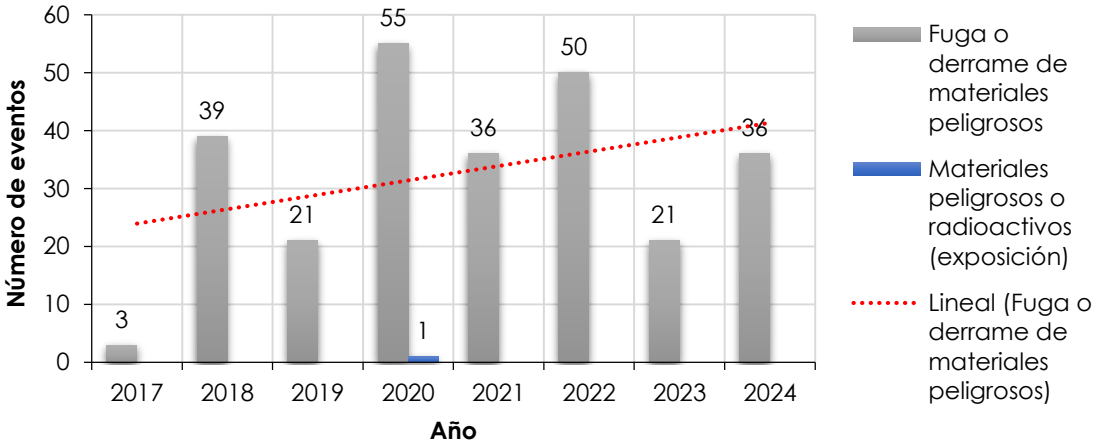
Se reportan también eventos de derrame de residuos peligrosos y derrames químicos. De acuerdo a la información disponible, se refieren a los derrames en carreteras sin especificar el tipo de sustancia. En este caso se tiene un total de 11 eventos en los últimos 8 años. (ver Gráfica 32).



Gráfica 32: Derrames en carreteras durante el periodo 2017-2024.

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

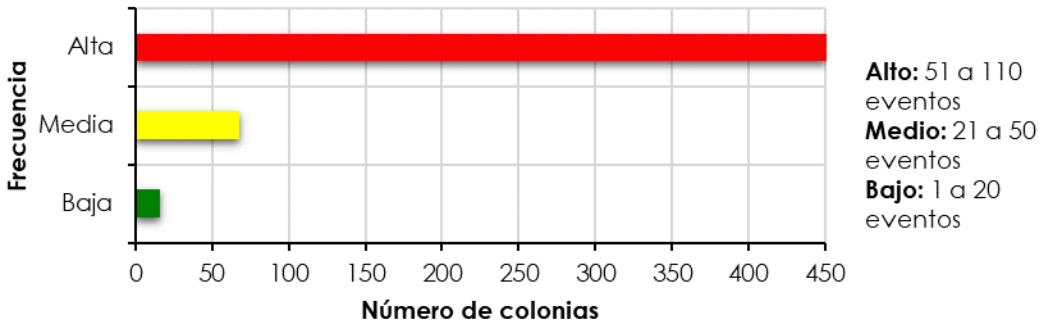
Así también se reporta el concepto de fuga o derrame de materiales peligrosos. De acuerdo a la información disponible, no se especifica si se refieren a tomas clandestinas, derrame en carreteras o algún otro. De acuerdo a los datos, se tiene una tendencia positiva, teniendo un total de 36 eventos en el año 2024 (ver Gráfica 33).



Gráfica 33: Fugas o derrame de materiales peligrosos durante el periodo 2017-2024.

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

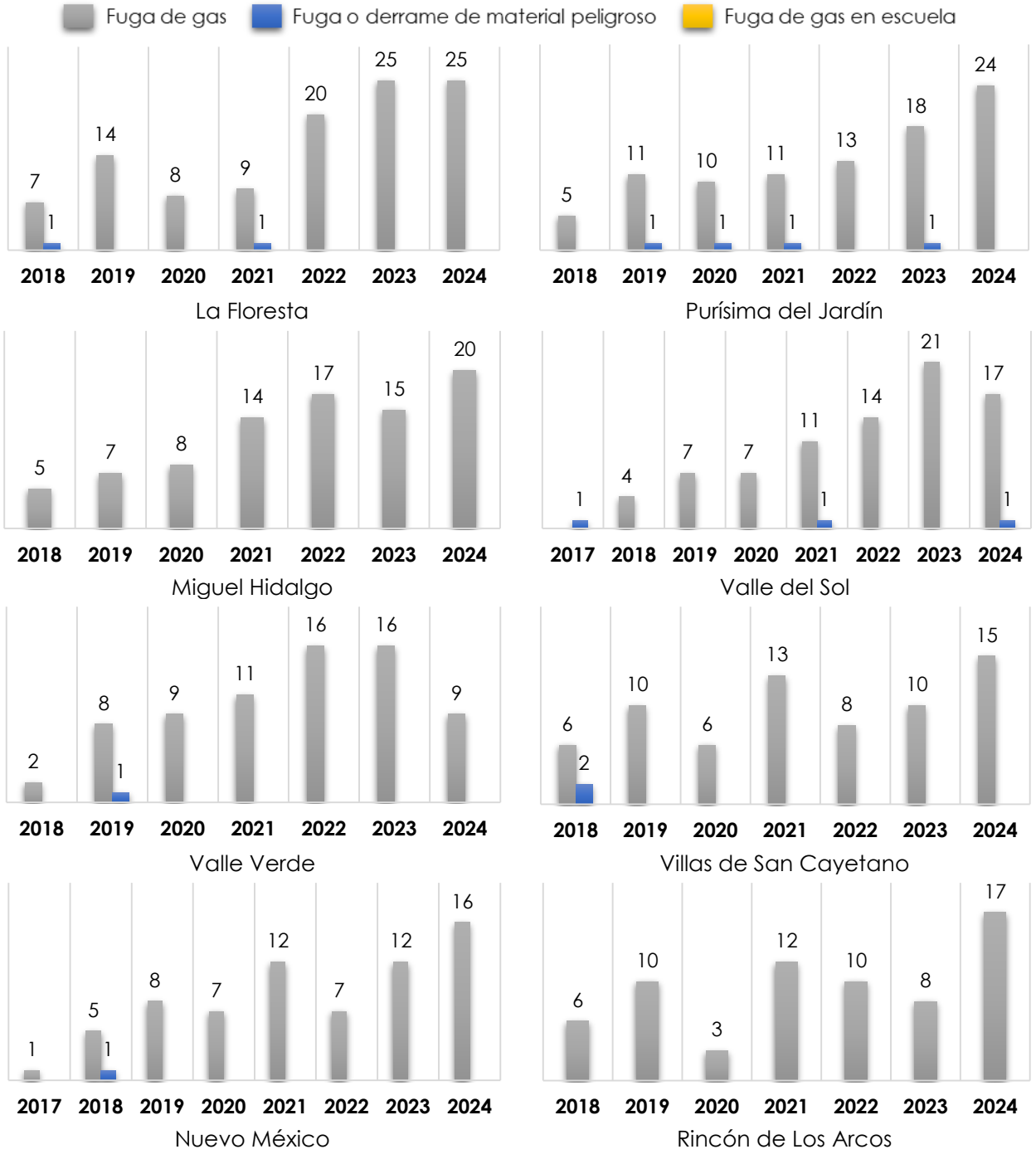
Se realizó también un análisis de las colonias que presentaron eventos de fugas y derrames en los últimos 8 años, con el fin de determinar el nivel de frecuencia dentro del municipio de Irapuato. Tal y como se muestra en la Gráfica 34, la frecuencia se catalogó de acuerdo al número de eventos, siendo baja cuando existieron de 1 a 20 eventos, media, de 21 a 50 eventos y alta, de 51 a 110 eventos. Entre las colonias que se encuentran en una frecuencia alta de eventos se encuentran: La Floresta, Purísima del Jardín, Miguel Hidalgo, Valle del Sol, Valle Verde, Villas de San Cayetano, Nuevo México, Rincón de los Arcos, Las Carmelitas, Constitución de Apatzingán, Santa Julia, Calzada de Guadalupe, Las Heras, Los Reyes, Ciudad Deportiva y Galaxia Naranjal (ver Gráfica 35).

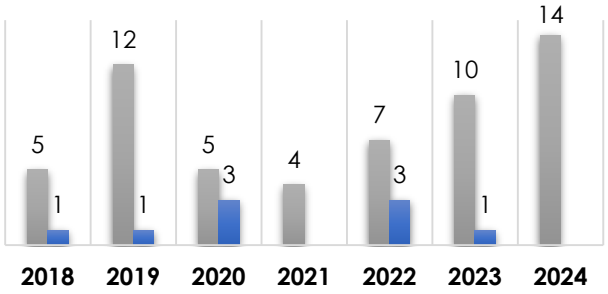


Gráfica 34: Frecuencia de fugas y derrames en Irapuato durante el periodo 2017-2024.

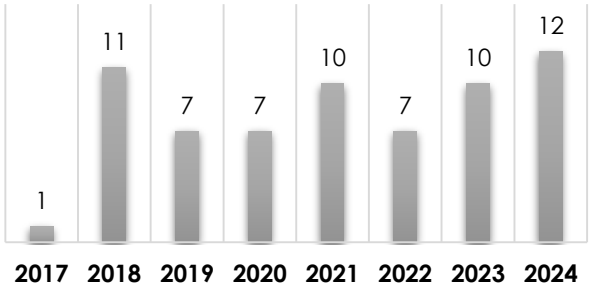
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Gráfica 35: Colonias dentro de frecuencia alta en fugas y derrames durante el periodo 2017-2024.

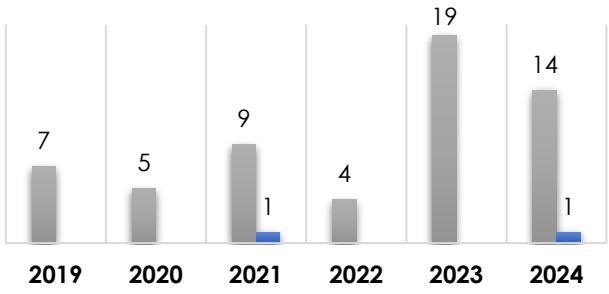




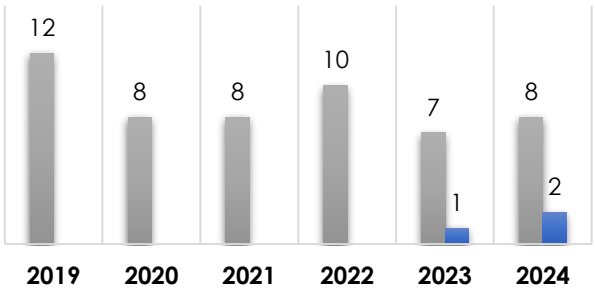
Las Carmelitas



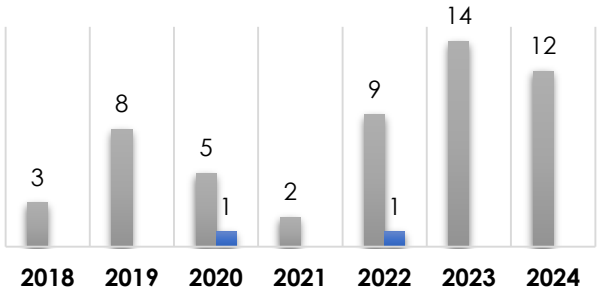
Constitución de Apatzingán



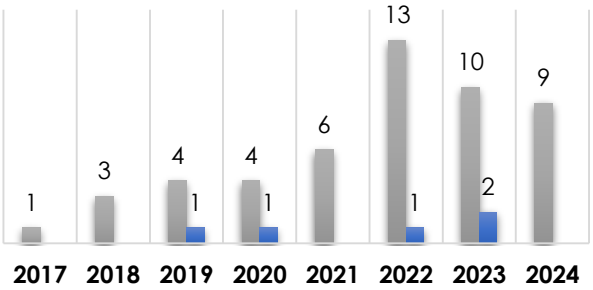
Santa Julia



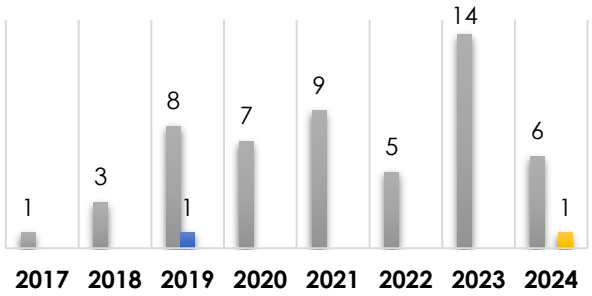
Calzada de Guadalupe



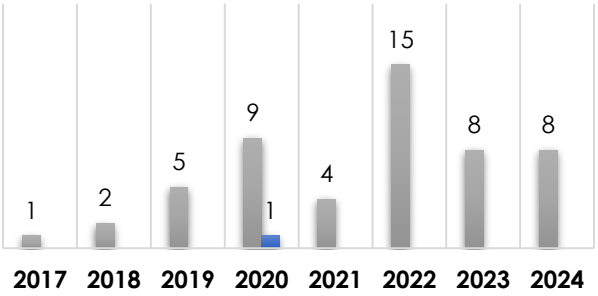
Las Heras



Los Reyes



Ciudad Deportiva



Galaxia Naranjal

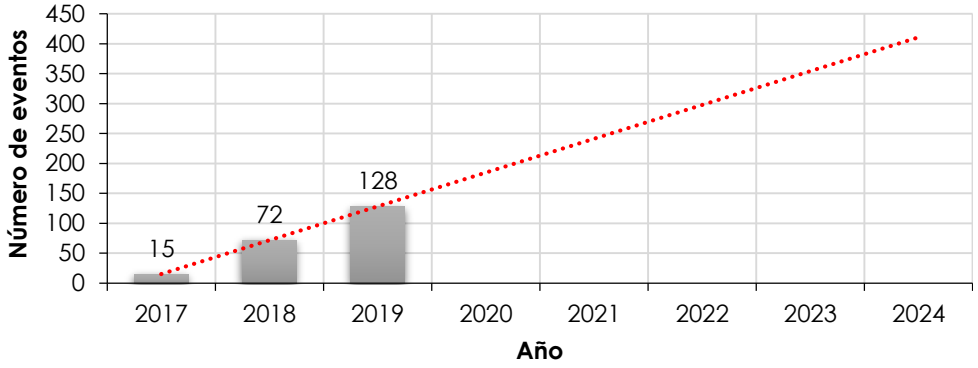
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

En el caso de los eventos de incendios, se tienen eventos que fueron analizado de la siguiente manera:

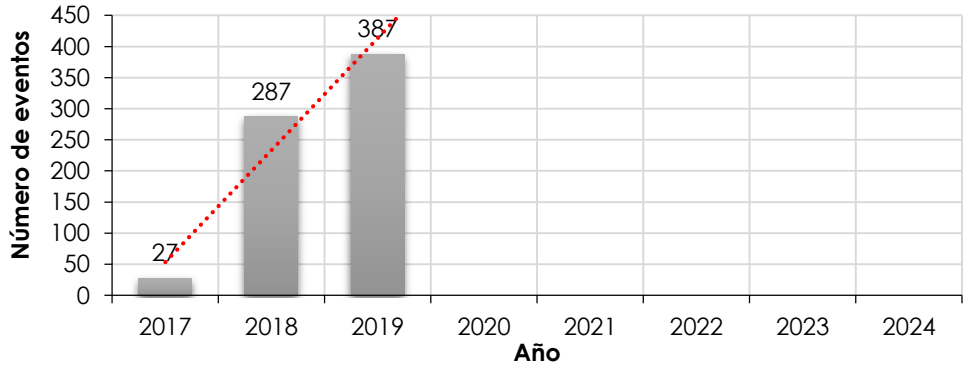
- Incendio de bodega y comercio
- Incendio en casa habitación y edificios

- Incendio en escuela
- Incendio en fábrica o industria
- Incendio de residuos industriales peligrosos
- Incendio forestal

Para la mayoría de los eventos se cuenta con datos del periodo del 2017 al 2024. Para los eventos de incendio de bodega y comercio, e incendio en casa habitación y edificios, se tienen datos del 2017 al 2019. Para el evento de incendio de bodega y comercio se tenía una tendencia positiva y considerable, llegando a los 128 eventos en el año 2019 (ver Gráfica 36). Para los eventos de incendio en casa, habitación y edificios, también se tenía una tendencia positiva y considerable, llegando a los 387 eventos en el año 2019 (ver Gráfica 37).

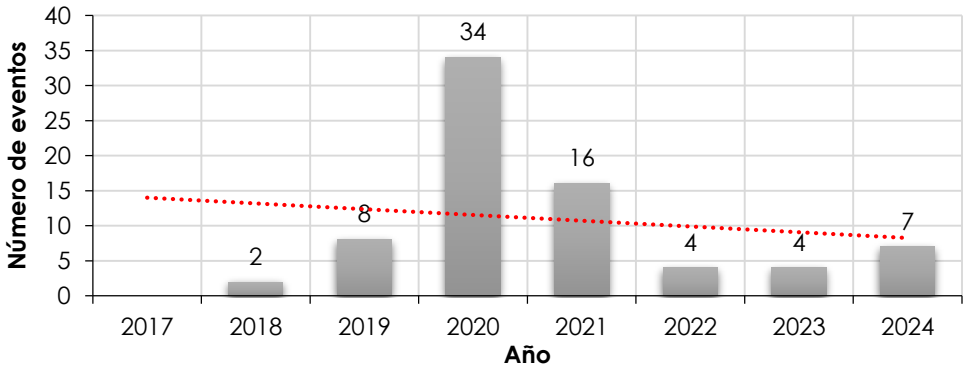


Gráfica 36: Incendio de bodega y comercio durante el periodo 2017-2019.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil



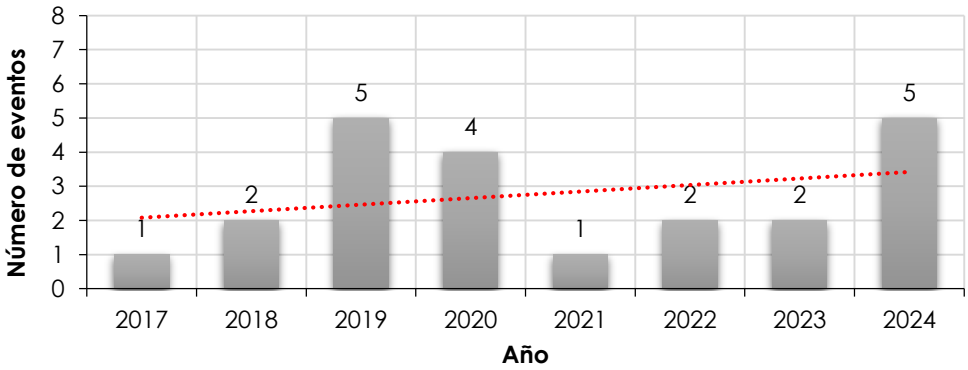
Gráfica 37: Incendio de casa habitación y edificios durante el periodo 2017-2019.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

En el caso de los incendios en escuelas, se observa una tendencia negativa en los últimos 8 años. En el año 2020, se reportaron hasta 34 eventos. Sin embargo, han disminuido hasta los 7 eventos en el año 2024 (ver Gráfica 38).



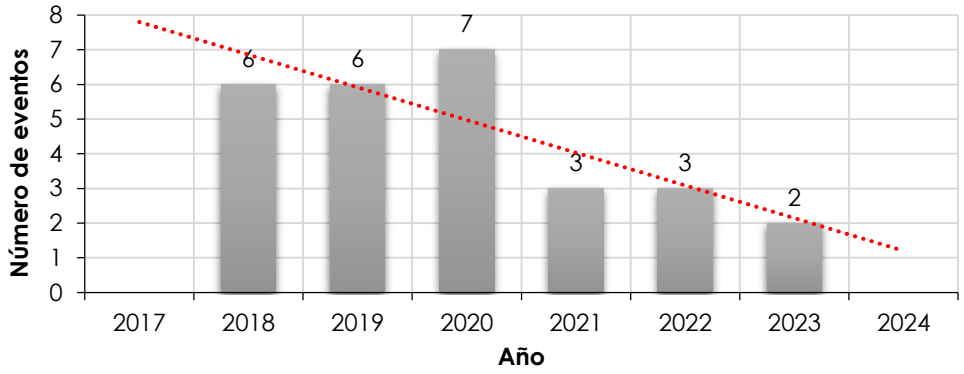
Gráfica 38: Incendios en escuelas durante el periodo 2017-2024.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Para los eventos de incendios en fábricas e industria, se han reportado 22 eventos en los últimos 8 años. Existe una ligera tendencia positiva. Sin embargo, de acuerdo a los datos de Protección Civil, es un evento poco frecuente en el municipio (ver Gráfica 39).



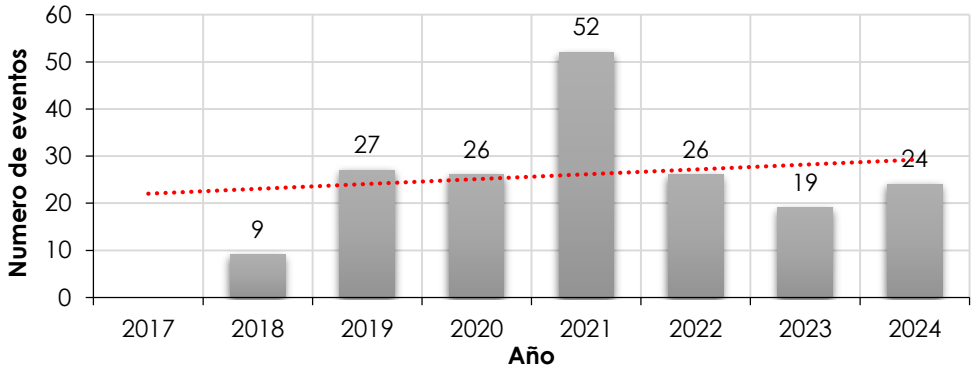
Gráfica 39: Incendios en fábricas e industria durante el periodo 2017-2024.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Se han reportado 27 eventos de incendio de residuos industriales y peligrosos en los últimos 8 años. De acuerdo a los datos de Protección Civil, es un evento poco frecuente en el municipio y en el cual se observa una tendencia negativa (ver Gráfica 40).



Gráfica 40: Incendio de residuos industriales y peligrosos en el periodo 2017-2024.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Por último, se tienen los eventos de incendios forestales. Se han reportado 183 eventos en los últimos 8 años, observándose una tendencia positiva (ver Gráfica 41).



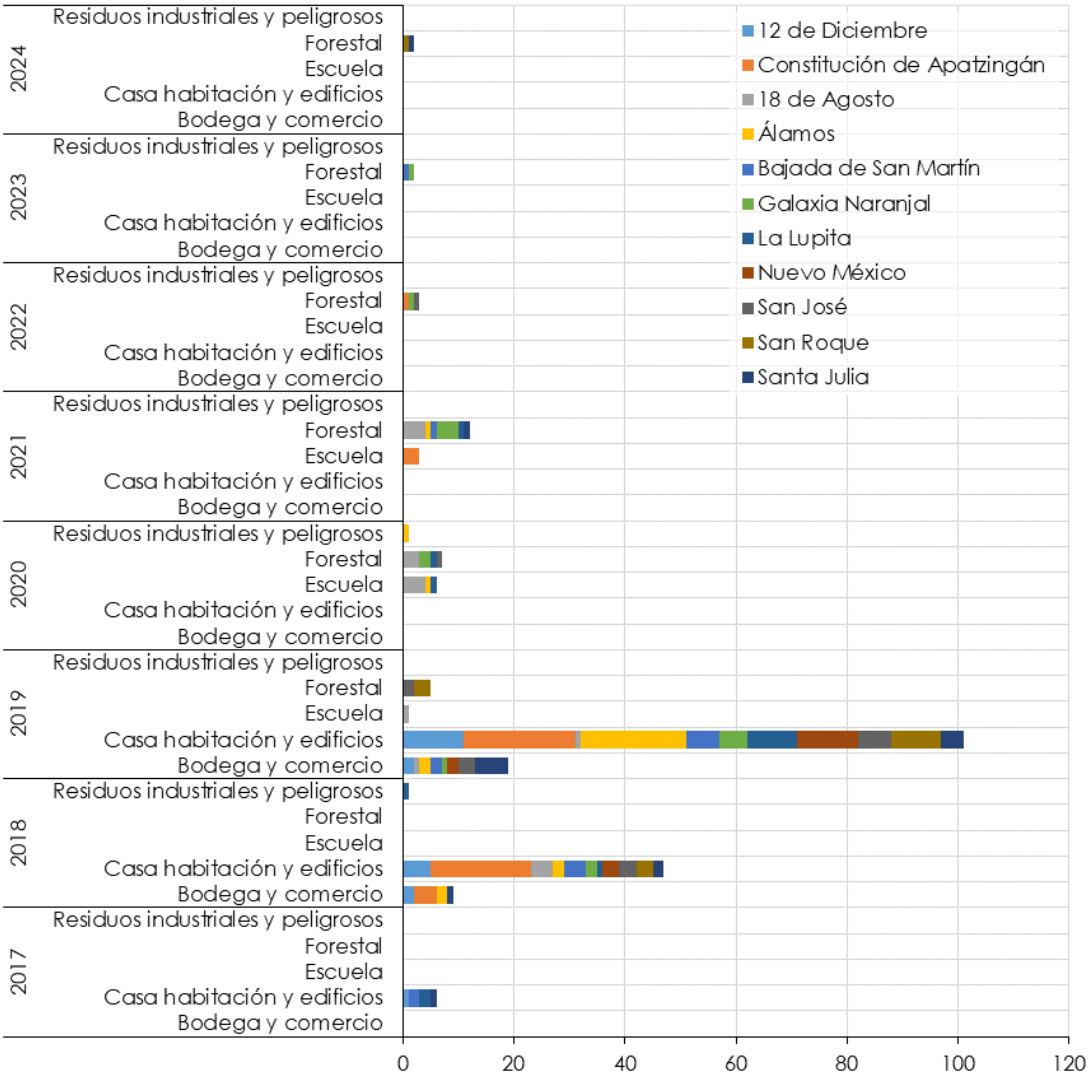
Gráfica 41: Incendios forestales durante el periodo 2017-2024.
Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Al igual que en los eventos de fugas y derrames, se realizó un análisis de las colonias que presentaron incendios en los últimos 8 años, con el fin de determinar el nivel de frecuencia dentro del municipio de Irapuato. Tal y como se muestra en la Gráfica 42, la frecuencia se catalogó de acuerdo al número de eventos, siendo baja cuando existieron de 1 a 5 eventos, media, de 6 a 15 eventos y alta, de 16 a 25 eventos.

Entre las colonias que se encuentran en una frecuencia alta de incendios se encuentran: 12 de Diciembre, Constitución de Apatzingán, 18 de Agosto, Álamos, Bajada de San Martín, Galaxia Naranjal, La Lupita, Nuevo México, San José, San Roque y Santa Julia (ver Gráfica 43).

Gráfica 42: Frecuencia de incendios durante el periodo 2017-2024

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil



Gráfica 43: Colonias dentro de frecuencia alta de incendios durante el periodo 2017-2024.

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

Para el último análisis del fenómeno Químico-Tecnológico del Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., en el año 2013, se identificó que el componente de **fugas de sustancias tóxicas e inflamables** era el de mayor frecuencia en el municipio.

En la presente actualización y de acuerdo al análisis de los datos reportados por Protección Civil, y que fueron reportados para el periodo 2017-2024, las fugas de gas son el evento con una mayor probabilidad de ocurrencia, seguido de las fugas o derrames de materiales peligrosos y los Incendios Forestales (ver Tabla 57).

Tabla 57: Probabilidades de fugas, derrames e incendios.

Evento del FQT	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Prom.	Prob.
Fuga de gas	55	490	625	603	601	811	1026	1127	667	1,8280
Fuga de gas y derrame en escuela	0	0	2	1	0	0	2	0	1	0,0017
Derrame en carreteras	0	4	2	2	2	1	0	0	1	0,0037
Fuga o derrame de materiales peligrosos	3	39	21	56	36	50	21	36	33	0,0897
Incendio de bodega y comercio	15	72	128						72	0,1963
Incendio en casa habitación y edificios	27	287	387						234	0,6401
Incendio en escuela	0	2	8	34	16	4	4	7	9	0,0256
Incendio en fábrica e industria	1	2	5	4	1	2	2	5	3	0,0075
Incendio de residuos industriales y peligrosos	0	6	6	7	3	3	2	0	3	0,0092
Incendio forestal	0	9	27	26	52	26	19	24	23	0,0626

Fuente: elaboración propia con datos de Protección Civil

IX. ESCENARIOS DE PELIGRO

Los factores de **riesgo químico** se derivan de toda sustancia química orgánica e inorgánica, natural o sintética, qué durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al medio ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos, y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

Dichos criterios de peligrosidad son muy variados, dependiendo de las propiedades de la sustancia que se esté manejando. Los posibles eventos generados pueden ser los siguientes:

- **Explosión**: es la liberación considerable de energía en un lapso de tiempo muy corto (pocos segundos), debido a un impacto fuerte o por la reacción química de ciertas sustancias. También se define como el efecto que produce una sustancia al expandir sus moléculas de forma brusca y destructiva. Las sustancias pueden tener esta característica cuando son capaces de detonar o reaccionar explosivamente si son sometidas a una acción iniciadora fuerte o si son calentadas en condiciones de volumen constante. Existen 5 tipos de explosiones:

    1. **Explosiones por sobrepresión de un tanque o contenedor**: Se denominan explosiones no térmicas y ocurren cuando la presión excesiva ocasiona la violenta ruptura de las paredes del tanque o contenedor.
    2. **Explosiones de polvo**: Ocurren a raíz de la presencia de nubes de polvo combustible que se encuentran en el aire y tienen una concentración que está dentro de sus límites de explosividad.
    3. **Explosiones de gas o vapor**: Ocurren por la presencia de gas o vapor dentro de las concentraciones de explosividad. También se les define como explosiones o detonaciones de fase difusa o de fase gaseosa.

4. **Explosiones o detonaciones de fase condensada**: Ocurre cuando la sustancia que explota o detona es un líquido o sólido. También es llamada explosión de fase condensada.
5. **Explosiones de vapor en expansión por líquido en ebullición (BLEVE):** No se les asocian en muchos casos con fuertes ondas de choque. Involucran la ruptura violenta de un contenedor de material inflamable y la rápida vaporización del material. Si la sustancia es inflamable, pueden formarse bolas de fuego ascendentes de grandes dimensiones, cuyo tamaño varía según la cantidad de material peligroso presente.

Las explosiones producen **ondas de choque u ondas de impacto**, las cuales pueden producir daños a las personas o a los objetos que se encuentran alrededor de la explosión. Son definidas como capas de gases comprimidos en expansión y **pueden medirse en unidades de presión (psig)** y los efectos de las sobrepresiones máximas dentro de la onda se pueden relacionar con el nivel de daño a la propiedad o lesiones personales que probablemente resulten. La Tabla 58 presenta una lista de sobrepresiones máximas y sus posibles efectos sobre las personas u objetos. Estas sobrepresiones máximas son mayores cerca de la fuente de la explosión y disminuyen rápidamente con la distancia.

Tabla 58: Estimado de daños por sobrepresión en explosiones

Sobrepresión (psig)	Daño esperado
0.03	Ruptura ocasional de ventanas grandes que ya se encuentren bajo tensión.
0.04	Ruido elevado (143 dB); fallas en vidrio debido al "boom" sónico.
0.1	Ruptura de ventanas pequeñas bajo tensión.
0.15	Presión típica para fallas en vidrio.
0.3	Cierto daño en techos de casas, 10% de rupturas en vidrios de ventana.
0.4	Daño estructural menor limitado.
0.5 – 1.0	Normalmente ventanas despedazadas, algo de daño en marcos de las mismas.
0.7	Daño menor a estructuras de casas.
1.0	Demolición parcial de casas, se vuelven inhabitables.
1.0 – 2.0	Paneles de metal corrugado que fallan y se doblan. Implosión de paneles de madera para construcción.
1.0 – 8.0	Rango de lesiones de leves a serias debido a laceraciones de la piel por pedazos volantes de vidrio y otros misiles.
1.3	Ligera distorsión en marco de metal de edificios recubiertos.
2.0	Colapso parcial de muros y techos de casas.
2.0 – 3.0	Destrucción de muros de concreto no reforzado o de block pre-quemado.
2.3	Límite inferior de daño estructural serio.

Sobrepresión (psig)	Daño esperado
2.4 – 12.2	Rango de 1 a 90% de rotura de tímpanos entre las personas expuestas.
2.5	Destrucción del 50% del enladrillado casero.
3.0	Edificios con estructuras de acero, distorsionados y arrancados de sus cimientos.
3.0 – 4.0	Edificios de panel de acero sin estructura arruinados.
4.0	Ruptura en recubrimiento de edificios industriales ligeros.
5.0	Postes de madera arrancados.
5.0 – 7.0	Destrucción casi completa de casas.
7.0	Volcadura de carros de ferrocarril con carga.
7.0 – 8.0	Falla en muros de ladrillo de 8 a 12´´ de espesor sin refuerzo debido a la flexión o desgarre.
9.0	Demolición de contenedores de ferrocarril con carga.
10.0	Posible destrucción de edificios.
14.5 – 29.0	Rango de 1 al 99% de fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.

Fuente: tomado de (Lees, 1980)

- **Nubes tóxicas:** La concentración y la dosis son parámetros que determinan la toxicidad en relación a las magnitudes que determinan el daño sin considerar los efectos a mediano o largo plazo (tales como efectos por teratogénesis[2], mutagénesis[3] y/o carcinogénesis[4]).

  Para cada sustancia hay una cierta cantidad que no produce efecto alguno, pero al aumentar la exposición, produce respuestas biológicas con efectos adversos incrementados. Por lo que es importante, para el caso de la generación de nubes tóxicas, que se identifiquen las concentraciones en el aire que pueden ser toleradas por las poblaciones expuestas a los vapores tóxicos o gases mientras permanezcan en el área inmediata, puesto que es esta concentración la que determinará los límites de la zona de riesgo. Existen diferentes fuentes primarias de datos a considerar cuando se trata de límites de exposición aceptados para los contaminantes atmosféricos, los cuales se muestran en la Tabla 59.

[2] Es el proceso en el que un agente externo (teratógeno) interfiere con el desarrollo normal de un embrión o feto, provocando malformaciones estructurales, bioquímicas o funcionales.
[3] Se refiere a la inducción de mutaciones, cambios en la secuencia del ADN de una célula.
[4] Es el proceso de transformación de células normales en células malignas (cancerosas).

Tabla 59: Límites de exposición aceptados para contaminantes atmosféricos.

Fuente	Límites de exposición
ACGIH-TLV	Límite de valor umbral (TLV-Threshold Limit Values): asignado por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales. Hay diferentes tipos: • TLV-TWA: Valor Límite de Umbral-Promedio Ponderado en el Tiempo. Es el tiempo de concentración promedio para un día normal de 8 horas de trabajo y de 40 horas por semana, de la cual la mayoría de los trabajadores podrían estar repetidamente expuestos, día con día sin ningún efecto adverso. • TLV-STEL: Valor Límite de Umbral-Límite de Exposición a Corto Plazo. Es una concentración promedio del tiempo en el cual los trabajadores no deben estar expuestos por más de 15 minutos y que no deben ser repetidos por más de 4 veces por día, por lo menos con 60 minutos entre exposiciones sucesivas. • TLV-C: Valor Límite de Umbral Tope. Es la concentración en el aire que no debe ser excedida en ninguna parte durante el tiempo que se esté trabajando. • TLV-Skin: Indica el potencial de absorción de la sustancia a través de la piel, ojos y otras membranas y la posibilidad de que tal absorción podría contribuir a la exposición total.
OSHA-PEL	Límite Permisible de Exposición (PEL-Permissible Exposure Limits): asignado por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional que pertenece al Departamento de Trabajo de los Estados Unidos, la cual adoptó los TLV-TWA y TLV-C y los hizo estándares federales refiriéndose a ellos como PEL.
AIHA-WEEL	Límite de Exposición Ambiental en los Lugares de Trabajo (WEEL-Workplace Environmental Exposure Limits): asignado por la Asociación Americana de Higiene Industrial, y en donde se desarrolla límites para agentes tóxicos que no tienen guías de exposición establecidas por otras organizaciones. Existen límites tipo TWA de 8 horas y TWA de corto tiempo para exposiciones de 1 a 15 minutos de duración.
AIHA-ERPG	Guías de planeación para Respuestas de Emergencia (ERPG-Emergency Response Planning Guidelines): asignados por la Asociación Americana de Higiene Industrial y encaminados a definir los límites tóxicos de exposición convenientes para uso en proyectos avanzados de emergencias. Existen 3 límites para cada material: • ERPG-1: La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que, casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar efectos en la salud más severos que la percepción sensorial o irritación moderada. • ERPG-2: La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que, casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar síntomas adversos irreversibles u otros efectos serios en la salud o síntomas que puedan empeorar la habilidad del individuo de tomar una acción protectora. • ERPG-3: La máxima concentración aérea bajo la cual se cree que, casi todos los individuos pueden estar expuestos hasta por una hora sin experimentar o desarrollar efectos en la salud que amenacen su vida.
NIOSH-IDLH	Niveles Inmediatamente Peligrosos para la Vida o la Salud (IDLH-Inmediately Dangerous to Life or Health Levels): asignado por el Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos y se refiere a las concentraciones de contaminantes aéreos máximos de los cuales uno puede

Fuente	Límites de exposición
	escapar en 30 minutos sin ningún síntoma dañino o ningún efecto irreversible en la salud. Estos valores exceden en gran proporción sus correspondientes TLV o PEL.
NAS-EEGL/ NRC-SPEGL	Niveles de Guías para Exposición de Emergencia (EEGL-Emergency Exposure Guidance Levels) Niveles de Guía de Emergencia al Público a Corto Plazo (SPEGL-Short-term Public Emergency Guidance Levels) Asignados por el Comité sobre Toxicología del Consejo Nacional de Investigación (NRC), que es un brazo operativo de la Academia Nacional de Ciencias (NAS). • SPEGL: Son concentraciones cuyos incidentes se espera que sean raros en el tiempo de vida de cualquier individuo. • EEGL: Son entendidas para aplicar a grupos ocupacionales definidos como personal militar o del espacio.
NAC-AEGL	Niveles Guías de Exposición Aguda (AEGL-Acute Exposure Guidelines Levels): asignados por el Comité Asesor Nacional de Estados Unidos, siendo un esfuerzo de colaboración a nivel mundial con los sectores públicos y privados para describir el riesgo en los humanos, resultante de la exposición a químicos aéreos por una vez en la vida o de manera poco usual. Provienen de los índices CEELs propuestos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA). Hay 3 tipos: • AEGL-1: Concentración límite o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo hiper-susceptibles, puede experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición. • AEGL-2: Concentración límite o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo hiper-susceptibles, puede experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. • AEGL-3: Concentración límite o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles, pero excluyendo hiper-susceptibles, puede experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte.

Fuente: tomado de (Garza-Ayala, 2015)

- **Inflamabilidad:** es el efecto que ocasiona una sustancia al producirse una combustión de sí misma con desprendimiento de calor. Se identifica a las sustancias que presentan riesgo de ignición, siendo inflamables bajo condiciones normales de almacenamiento, transporte, manipulación y disposición, o bien sean capaces de agravar severamente una combustión una vez iniciada, o sean capaces de originar tóxicos y crear corrientes convectivas que pueden transportar tóxicos a áreas circundantes. Las medidas más comunes del potencial de inflamabilidad de los materiales que son inflamables o combustibles son:

    1. **Puntos de ignición o "flash points":** Se refiere a la mínima temperatura de un material a la que los vapores sobre su superficie líquida o sólida se incendian

y queman cuando son expuestos a una fuente de ignición específica sin causar necesariamente una combustión autosostenida del líquido o sólido. Los puntos de ignición varían de temperaturas muy por debajo de los 0°F para los gases inflamables (como el gas natural, gas LP, propano o butano), y líquidos volátiles inflamables (como la gasolina), a cientos de grados sobre cero para aceites combustibles pesados.

2. **Límites inferiores de inflamabilidad (LII o LEL por sus siglas en inglés):** Se refiere a la concentración mínima de un vapor o gas en el aire que puede incendiarse y propagar flama. Se expresa como un porcentaje por volumen de los vapores combustibles en el aire. Estos límites también aplican a la explosividad.
3. **Límites superiores de inflamabilidad (LSI o UEL por sus siglas en inglés**): Es la concentración máxima de un gas o vapor en el aire que puede incendiarse y propagar flama. Los límites que se encuentran en la literatura son usualmente mediciones hechas a temperatura y presiones atmosféricas normales. También existen sólidos que pueden dispersarse como polvos finos y arder o explotar al encontrar una fuente de ignición adecuada, por ejemplo, el polvo de carbón de minas, polvo de grano en silos. En este caso se expresan en unidades de peso presente en volumen específico de aire.
4. **Temperaturas de autoignición**: Es la temperatura mínima para iniciar o causar una combustión autosostenida en ausencia de chispa o flama.

Los **niveles de radiación térmica** (también conocidos como flujos de radiación térmica), indican la radiación emitida por un cuerpo debido a su temperatura y se expresan en unidades de potencia por unidad de área, del elemento que recibe la energía. Sin embargo, debido a que el daño o la lesión sostenida por el objeto receptor es una función de la duración de la exposición, la dosis se determina al combinar los niveles de radiación con los tiempos de exposición y **se expresa en unidades de energía por unidad de tiempo por unidad de área de superficie receptora (kW/m² o BTU/h-ft²)**. En la Tabla 60 se ejemplifican algunos efectos conocidos de la radiación térmica sobre la piel como una función del nivel y el tiempo de exposición.

Tabla 60: Criterios de lesiones por quemadura debido a la radiación térmica.

Radiación térmica		Tiempo para dolor severo (s)	Tiempo para quemadura de 2° (s)
kW/m²	BTU/h-ft²		
1	300	115	663
2	600	45	187
3	1,000	37	92
4	1,300	18	57
5	1,600	13	40

Radiación térmica		Tiempo para dolor severo (s)	Tiempo para quemadura de 2° (s)
kW/m²	BTU/h-ft²		
6	1,900	11	30
8	2,500	7	20
10	3,200	5	14
12	3,800	4	11

Fuente: (Mehta, 1973).

Otros efectos producidos por los niveles de radiación se pueden tomar en cuenta de acuerdo a la información de la Tabla 61.

Tabla 61: Daños a personas y materiales en caso de incendio de acuerdo a la intensidad

kW/m²	Efecto observado
400.0	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos.
200.0	Debilitamiento del hormigón armado.
60.0	Máxima radiación tolerable por el cemento.
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras. 100% de mortalidad en 1 minuto.
25.0	El acero delgado, aislado, puede perder su integridad mecánica. Energía mínima para encender madera, por larga exposición, sin llama. 1% de mortalidad en 1 minuto. Lesiones significativas en 10 s.
12.5	Energía mínima requerida para incendiar la madera después de una larga exposición con llama. **ZONA DE INTERVENCIÓN:** Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo: bomberos). Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 s.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica
8.0	Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min
4.0	**ZONA DE ALERTA:** Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 s Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.
1.5	Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado.

Fuente: tomado de (Lees, 1980)

Existen seis tipos esenciales de fuego asociados con la descarga de materiales peligrosos, siendo una función tanto de las características y propiedades de la sustancia derramada como también de las circunstancias que rodean la emisión y/o ignición. Estos se describen en la Tabla 62.

Tabla 62: Tipos de fuego.

Densidad	Definición	Imagen
Dardo de fuego "Jet fire".	Flamas de chorro de longitud considerable producto de la descarga e ignición de un gas a alta velocidad debido a la perforación o ruptura accidental de tanques de almacenamiento o tuberías que contienen gases bajo presión (por ejemplo, gases comprimidos) o sustancias normalmente gaseosas que se han comprimido al punto de convertirse en líquidos (por ejemplo, gases licuados comprimidos).	
Bolas de fuego (BLEVE)	Se da como resultado de las explosiones de vapor por expansión de líquidos en ebullición. Involucra la ruptura violenta de un contenedor de material inflamable y la formación de una bola de fuego ascendente de grandes dimensiones, cuyo tamaño varía según la cantidad de material peligroso presente. Son de corta duración, pero la radiación térmica es tan intensa que causa quemaduras severas y fatales a las personas expuestas.	
Fuegos de nube de vapor o polvo	Resultado de la ignición de una nube o pluma de gas o vapor generada por vapores emanados de un charco de líquido volátil o gases que se ventilan de un contenedor perforado o dañado. Esto genera muros de fuego causando lesiones si no se cuenta con protección adecuada.	
Fuego en derrame líquidos	Fuego que involucra una cantidad de combustible líquido derramado sobre una superficie del terreno o sobre el agua. El combustible en algunos casos puede fluir, dependiendo del terreno, de manera descendente hacia las alcantarillas, drenajes, aguas superficiales y otros recipientes, causando además incendios subterráneos.	
Fuegos que involucran sólidos inflamables	Los sólidos inflamables son materiales capaces de ocasionar fuego a través de la fricción, el calor retenido de un proceso y/o manufactura, o que pueden ser encendidos rápidamente y que al incendiarse se queman de forma vigorosa y persistente, creando un serio peligro en su transporte. Se incluyen los materiales de combustión espontánea y aquellos que reaccionan con el agua.	
Fuegos que involucran combustibles ordinarios	Materiales que arden sin riesgos especiales asociados con el papel, madera u otros comunes en la vida cotidiana. El papel mojado que se desecha puede considerarse peligroso únicamente porque es capaz de encenderse de forma espontánea.	

Fuente: elaboración propia con información de (Garza-Ayala, 2015)

La información anterior debe tomarse en cuenta para la generación de **escenarios de peligro**. Este se define como la **simulación de un evento catastrófico y con altas probabilidades de presentarse** (CENAPRED, 2003), y pueden ocurrir de diversas formas tales como:

- La liberación de sustancias toxicas al ambiente
- Ondas de calor de alto impacto producidas por un incendio
- Explosión de sustancias inflamables
- Ondas de sobrepresión ocasionadas por una explosión

Para determinar un escenario de peligro que permita modelar los radios de afectación se consideran las siguientes variables:

- Características físicas del sitio y topografía del lugar de ocurrencia
- Cantidad de sustancia química peligrosa liberada
- Concentración de la sustancia
- Velocidad de liberación
- Condiciones existentes que interfieran con la dispersión de la sustancia
- Características toxicológicas de la sustancia
- Estabilidad atmosférica
- Datos meteorológicos dominantes

En la presente actualización del FQT, se realizó una descripción más detallada de los escenarios de peligro, los cuales se centraron en aquellos eventos catastróficos y de mayor probabilidad que se presentaron en el municipio. En este caso, los escenarios utilizados para las simulaciones con el fin de estimar los radios de afectación para cada uno de los componentes, se muestran en la Tabla 63.

Tabla 63: Escenarios catastróficos y con mayor probabilidad en el municipio de Irapuato

Componente	Evento	Compuesto químico
Almacenamiento de sustancias peligrosas	Explosión e incendio en comercio y casa-habitación.	Gas LP y Polvorín
Autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas	Derrame de sustancia peligrosa en carretera.	Gas LP: Autotransporte Gasolina: Vías férreas
Transporte por ductos de sustancias peligrosas	Derrame y explosión de ducto.	Gasolina y gas
Incendios forestales	Incendio forestal o lote baldío.	-

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que todos los reportes de simulaciones llevados a cabo en el software SCRI (SSModelos+), se pueden visualizar en el Anexo 3C.

IX.1.1 Explosión e incendio de gas LP en casa-habitación y comercio

Para estos eventos se utilizó el **Módulo SSModelos+** el cual incluye la modelación de escenarios de FUEGO, EXPLOSIONES y TOXICIDAD del programa de simulación **SCRI (Simulación de Contaminación y Riesgos en la Industria)**.

El programa de simulación es un conjunto de herramientas que simula emisiones de contaminantes provocadas por fugas, derrames y nubes explosivas; sirve para estimar escenarios de emisiones continuas o instantáneas; en este módulo se integran los siguientes modelos a estimar.

- Fuego:
  - Bola de fuego (Fireball).
  - Fuego en derrame (Pool fire).
  - Dardo de fuego (Jet fire).
  - Nube inflamable (Flash fire).
- Explosiones:
  - Masa de una nube de sustancia inflamable.
  - Masa de TNT/Explosivo condensado.
  - Gases comprimidos / Polvos.
- Toxicidad:
  - Nube tóxica.

En los escenarios de explosión e incendio de gas LP (CAS 68476-85-7) se consideraron diferentes volúmenes de almacenamiento. Para el caso de una casa-habitación se consideraron cilindros de gas de 20 y 30 kilogramos, y un tanque estacionario de 120 litros. Para comercio se consideró un tanque estacionario de 300 litros (para locales tipo tortillería o panadería), tanque de 5,000 litros (estación de carburación) y tanque de 250,000 litros (gasera). Para la determinación de los radios de afectación, se consideró lo siguiente:

- En el caso de explosión se consideró un modelo de sobrepresión provocada por una nube explosiva. Se tomaron como datos de entrada la temperatura promedio del municipio (19°C), humedad relativa promedio (55%), velocidad del viento promedio (3.13 m/s), estabilidad atmosférica (F), presión (1 atm).
- En el caso de incendio se consideró un modelo de radiación térmica por bola de fuego. Se tomaron como datos de entrada la temperatura promedio del municipio

(19°C), humedad relativa promedio (55%), velocidad del viento promedio (3.13 m/s), estabilidad atmosférica (F), presión (1 atm) y fracción radiante (0.4).

- Se consideró el escenario más catastrófico (tanques al 85% de su capacidad) y el escenario más probable (tanques en un 20% de su capacidad).

Los radios de afectación para los escenarios de explosión utilizando 4 valores de sobrepresión (0.5, 1.0, 10.0 y 29.0 psig) se presentan en la Tabla 64 y en la Tabla 65.

Tabla 64: Radios de afectación para explosión de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario catastrófico) de acuerdo a SSModelos+.

Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de sobrepresión			
	0.5 psig	1.0 psig	10.0 psig	29.0 psig
Cilindro 20 kg (17 kg)	52.53	30.91	6.63	3.99
Cilindro 30 kg (26 kg)	60.53	35.61	7.64	4.60
Tanque estacionario 120 L (55 kg)	77.70	45.72	9.81	5.91
Tanque estacionario de 300 L (138 kg)	105.58	62.12	13.33	8.03
Tanque de almacenamiento de 5,000 L (2,295 kg)	269.50	158.57	34.04	20.49
Tanque de almacenamiento de 250,000 L (114,750 kg)	992.85	584.17	125.39	75.49

Fuente: elaboración propia

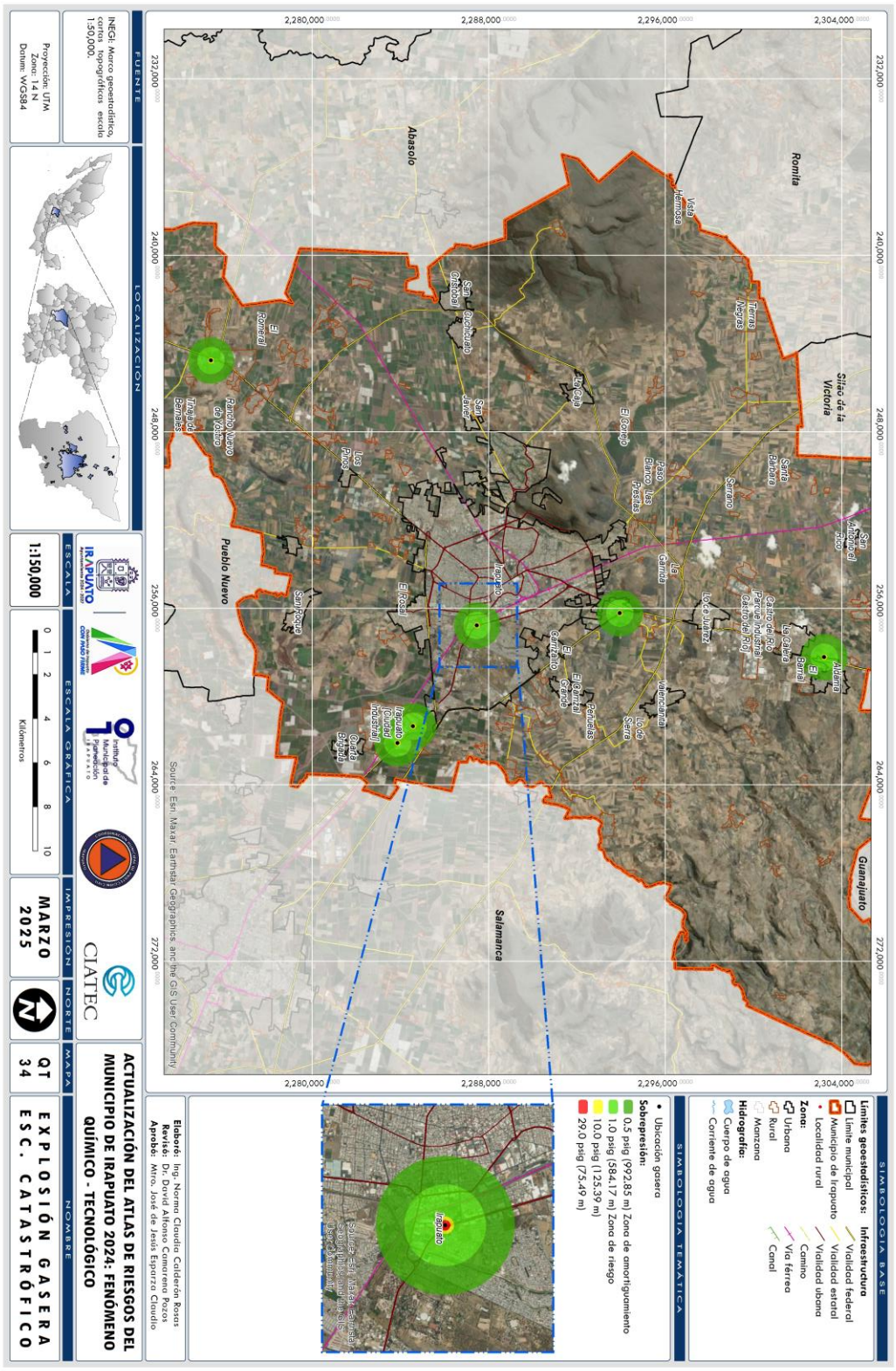
Tabla 65: Radios de afectación para explosión de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario más probable) de acuerdo a SSModelos+.

Volumen (20% de su capacidad)	Radios de afectación (m) para diferentes valores de sobrepresión			
	0.5 psig	1.0 psig	10.0 psig	29.0 psig
Cilindro 20 kg (4 kg)	32.43	19.08	4.10	2.47
Cilindro 30 kg (6 kg)	37.13	21.84	4.69	2.82
Tanque estacionario 120 L (12.96 kg)	48.04	28.27	6.07	3.65
Tanque estacionario de 300 L (32.4 kg)	64.87	38.17	8.19	4.93
Tanque de almacenamiento de 5,000 L (540 kg)	166.38	97.89	21.01	12.65
Tanque de almacenamiento de 250,000 L (27,000 kg)	612.94	360.64	77.41	46.61

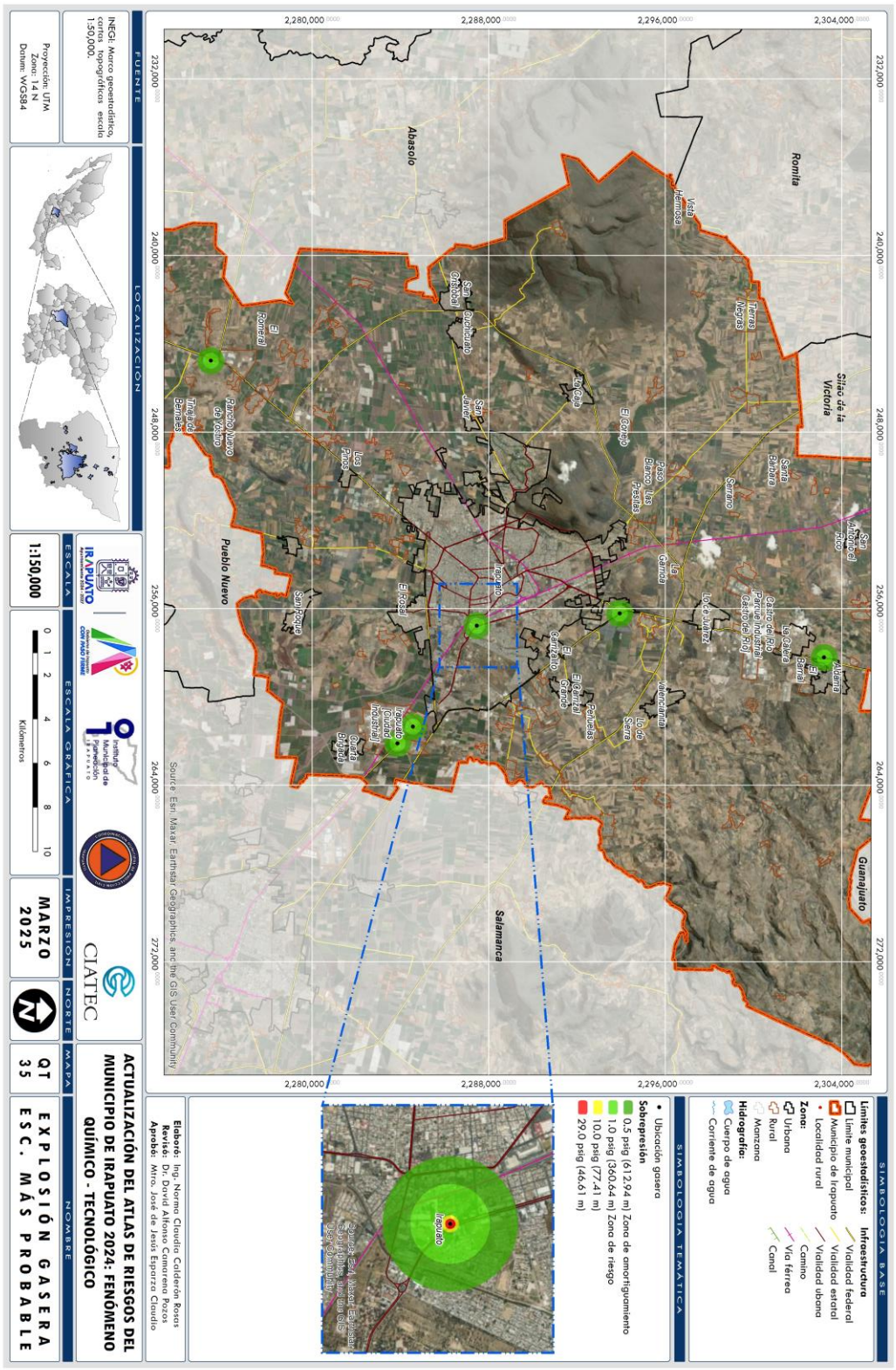
Fuente: elaboración propia

Para el caso de los mapas de peligro, se consideró únicamente el almacenamiento de gas LP mayor a 200,000 L, correspondientes a gaseras. Estos se representan en el Mapa 34 y en el Mapa 35.

Como se puede observar, los radios de afectación consideran 4 valores de sobrepresión que corresponden a 0.5 psig (zona de riesgo) en la cual se espera la ruptura de ventanas, y algo de daño en los marcos de las mismas. Para un valor de 1.0 psig (zona de riesgo) se espera la demolición parcial de casas y para un valor de 10.0 psig la posible destrucción de edificios. En el caso de un valor de 29 psig se esperan fatalidades entre las personas expuestas debido a los efectos directos del estallido.



Mapa 34: Explosión por nube explosiva de gasera (evento catastrófico).



Mapa 35: Explosión por nube explosiva de gasera (evento más probable).

Los radios de afectación para los escenarios de incendio por bola de fuego utilizando 4 valores de radiación (1.4, 5.0, 12.5, 37.5 kW/m²) se presentan en la Tabla 66 y la Tabla 67. Los mapas se pueden visualizar en el Mapa 36 y en el Mapa 37.

Tabla 66: Radios de afectación para incendio por gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario catastrófico) de acuerdo a SSModelos+.

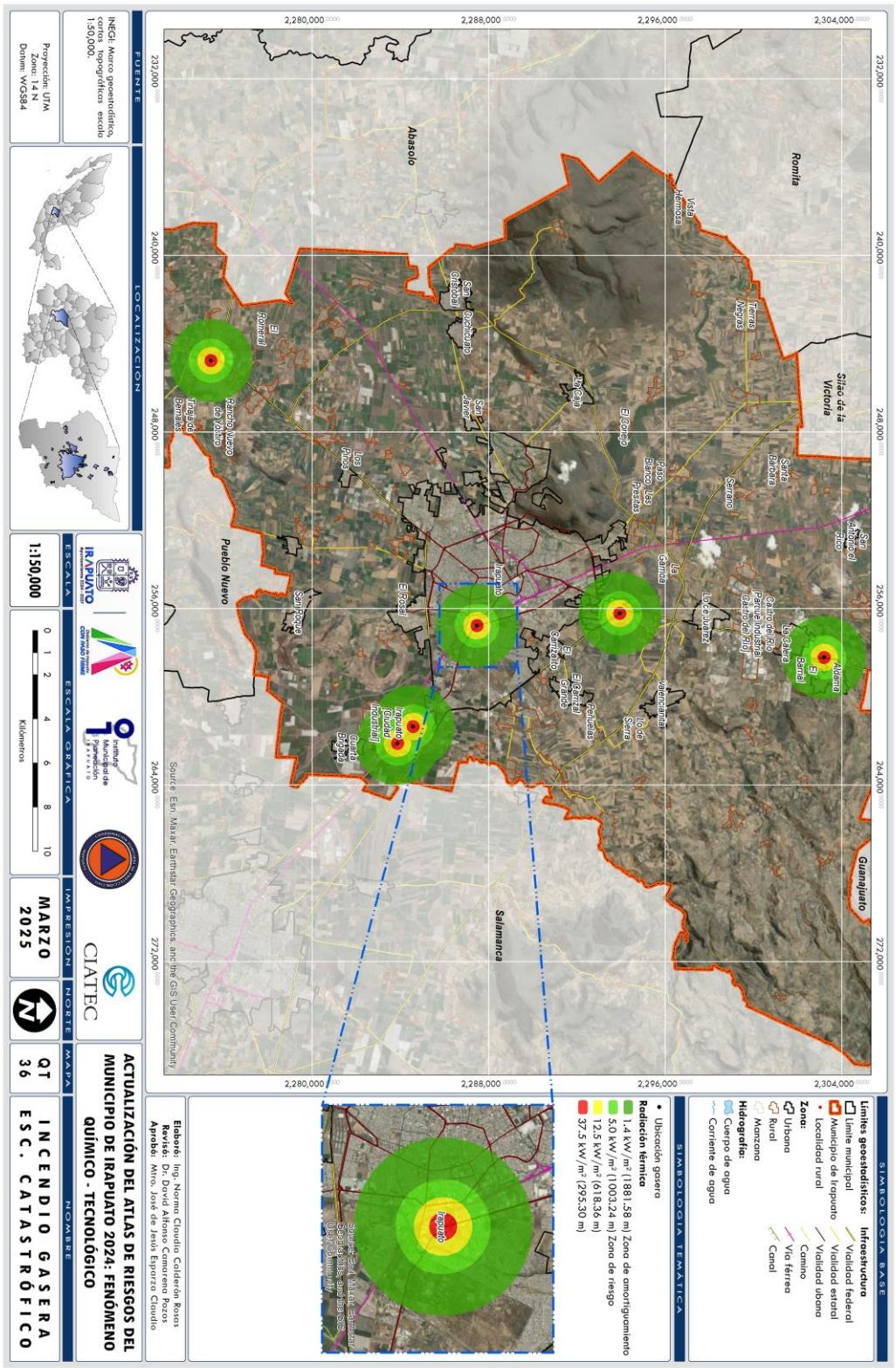
Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de radiación térmica			
	1.4 kW/m²	5.0 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²
Cilindro 20 kg (17 kg)	103.34	55.19	34.15	16.73
Cilindro 30 kg (26 kg)	118.33	63.18	39.06	19.06
Tanque estacionario 120 L (55 kg)	150.25	80.18	49.53	23.99
Tanque estacionario de 300 L (138 kg)	201.45	107.45	66.27	31.81
Tanque de almacenamiento de 5,000 L (2,295 kg)	493.57	262.76	161.33	74.88
Tanque de almacenamiento de 250,000 L (114,750 kg)	1,881.58	1,003.24	618.36	295.30

Fuente: elaboración propia

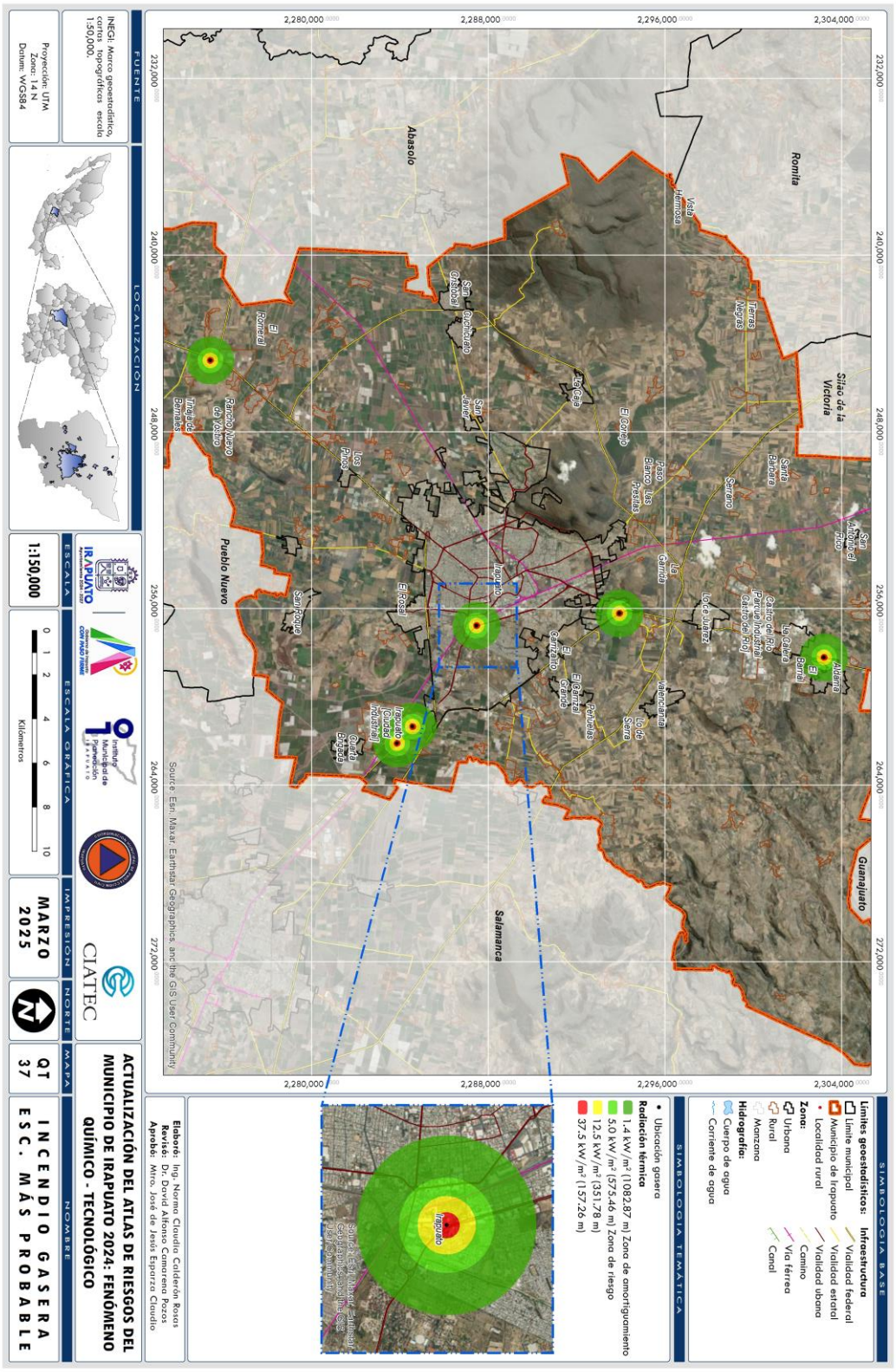
Tabla 67: Radios de afectación para incendio de gas LP en cilindros y tanques de gas LP (escenario más probable).

Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de radiación térmica			
	1.4 kW/m²	5.0 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²
Cilindro 20 Kg (4 kg)	65.16	34.82	21.59	10.71
Cilindro 30 kg (6 kg)	74.15	39.62	24.55	12.14
Tanque estacionario 120 L (12.96 kg)	94.78	50.62	31.33	15.39
Tanque estacionario de 300 L (32.4 kg)	126.93	67.76	41.88	20.40
Tanque de almacenamiento de 5,000 L (540 kg)	311.21	165.84	102.07	48.25
Tanque de almacenamiento de 250,000 L (27,000 kg)	1,082.87	575.46	351.78	157.26

Fuente: elaboración propia



Mapa 36: Incendio por bola de fuego de gasera (evento catastrófico).



Mapa 37: Incendio por bola de fuego de gasera (evento más probable).

Los radios de afectación que se consideraron corresponden a 4 diferentes radiaciones térmicas. Para el valor de 1.4 kW/m^2 (zona de amortiguamiento) se considera la radiación máxima soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado. El valor de 5 kW/m^2 (zona de riesgo) se considera una zona de alerta, la cual es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos, quemadura de 1er grado, improbable formación de ampollas. Para el caso de un valor de 12.5 kW/m^2 se considera una zona de intervención, la cual, en caso de no portar un equipo de protección adecuado, es posible alcanzar 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos, incendio de estructuras de madera después de una larga exposición con llama. Y para el caso de 37.5 kW/m^2 se considera una radiación suficiente para causar daños de equipo de proceso y colapso de estructuras. Se espera un 100% de mortalidad en 1 minuto.

IX.1.2 Explosión en polvorín

Se realizó una simulación de la explosión de los polvorines en el municipio. Si bien los materiales utilizados en estos establecimientos no aparecen en el Primer y Segundo listado de Actividades Altamente Riesgos, sí representan un riesgo por su capacidad reactiva y oxidante, y además, en combinación con otras sustancias pueden provocar la explosión y la pérdida de vidas humanas. De acuerdo con información proporcionada por Protección Civil, las sustancias utilizadas en polvorines se describen en la Tabla 68.

Tabla 68: Sustancias y volúmenes utilizados mensualmente en polvorines del municipio.

Sustancia	Uso	Riesgo	Cantidad (Kg)
Antimonio	Pigmento	Tóxico/ Reactivo	15
Azufre	Facilita la combustión de la pólvora y contribuye a la explosión.	Tóxico/ Inflamable	100
Clorato de bario	Color verde	Tóxico/ Oxidante	10
Clorato de potasio	Facilita la combustión. Llamas coloridas.	Oxidante	175
Clorato de sodio	Color amarillo	Tóxico/ Oxidante	10
Magnalium (mezcla de Mg, Ni, Sn)	Luces intensas	Tóxico/ Inflamable/ Reactivo	10
Magnesio	Brillo blanco intenso	Oxidante	10
Nitrato de bario	Luz verde	Oxidante	37
Nitrato de potasio	Color púrpura y violeta	Oxidante	300
Nitrato de sodio	Color amarillo	Oxidante	10
Perclorato de amonio	Luz intensa	Tóxico/ Explosivo	10
Perclorato de potasio	Facilita la combustión	Tóxico/ Oxidante	25
Titanio	Chispas blancas	Inflamable	10

Fuente: elaboración propia con información de Protección Civil

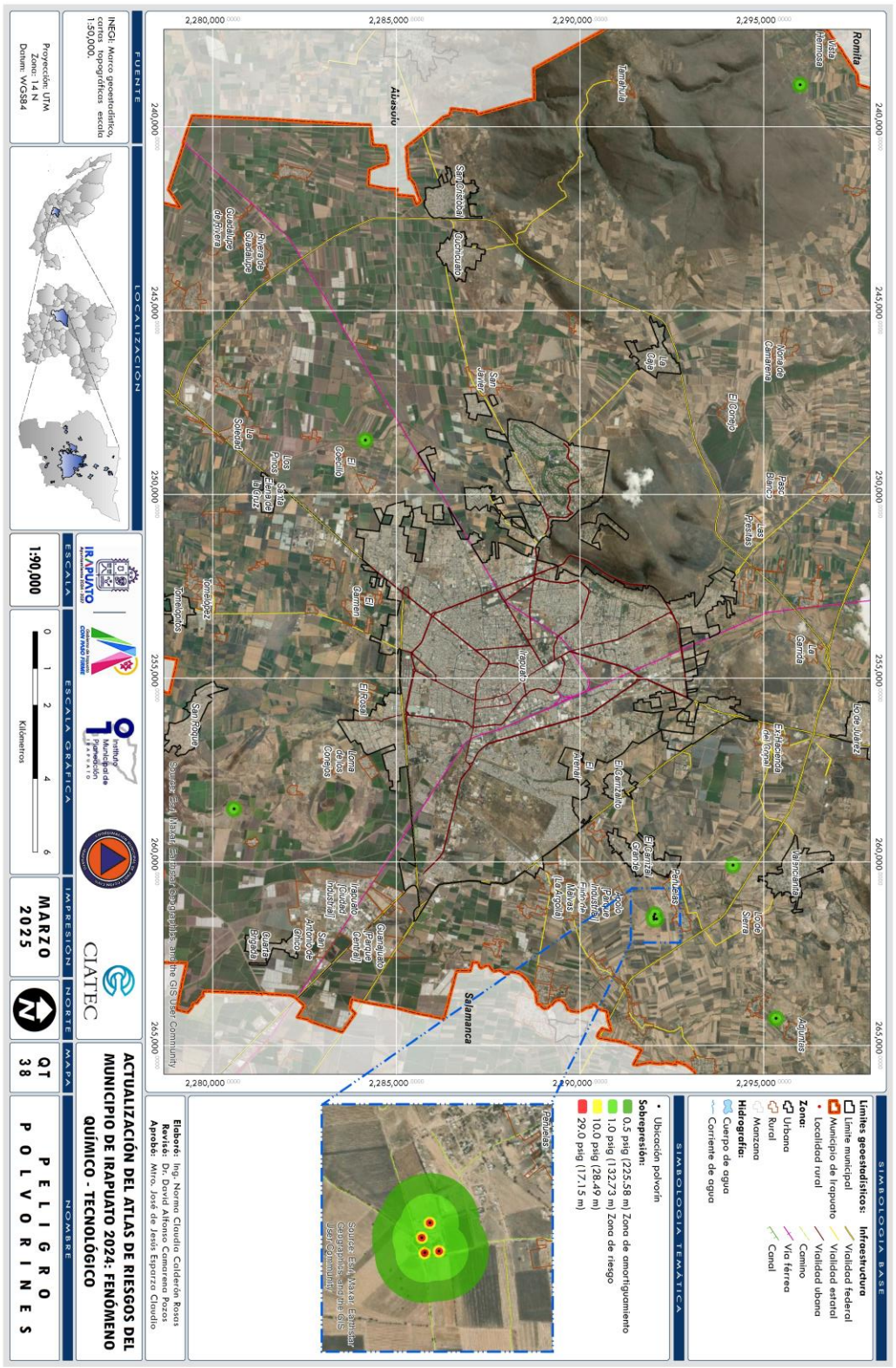
Para la determinación de los radios de afectación, se consideró lo siguiente: para este caso se utilizó un modelo de sobrepresión provocada por nubes explosivas (masa de TNT o explosivo condensado). Se tomaron como datos de entrada la temperatura promedio del municipio (19 °C), humedad relativa promedio (55%), velocidad del viento promedio (3.13 m/s), estabilidad atmosférica (F), presión (1 atm). Se tomó como sustancia explosiva la pólvora negra (75% KNO_3 + 19% C + 6% S). Los radios de afectación para los escenarios de explosión utilizando 4 valores de sobrepresión (0.5, 1.0, 10.0 y 29.0 psi) se presentan en la Tabla 69.

Tabla 69: Radios de afectación para explosión de polvorín de acuerdo a SSModelos+.

Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de sobrepresión			
	0.5 psig	1.0 psig	10.0 psig	29.0 psig
Mezcla total mensual 722 kg	225.58	132.73	28.49	17.15

Fuente: elaboración propia

Estos radios se ubicaron para cada uno de los polvorines y se presentan en el Mapa 38.



Mapa 38: Escenario de explosión en polvorines.

En el Anexo 3D se pueden visualizar otras zonas de riesgo y amortiguamiento relacionadas con el almacenamiento de sustancias como el amoníaco y el cloro.

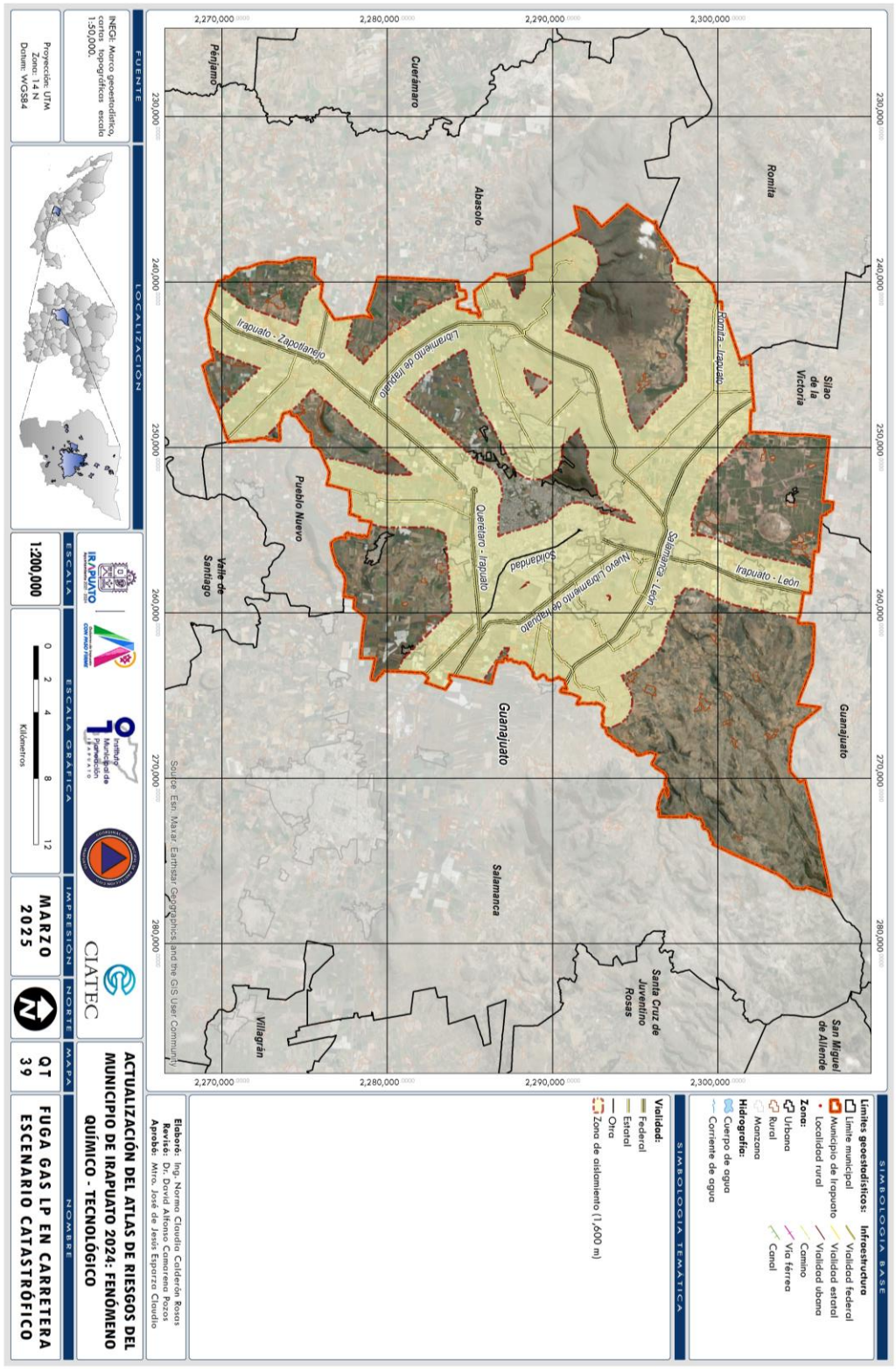
IX.1.3 Fuga de gas LP en carretera

Para estos eventos se tomó en cuenta la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia 2024, en donde el gas LP tiene un número de guía: 115 y un número ID: 1075. De acuerdo a la información que aparece en esta guía, en caso de un accidente, el gas puede viajar a una fuente de ignición y regresar en llamas. Además, se debe considerar que los contenedores pueden explotar cuando se calientan, y que los cilindros con rupturas pueden proyectarse.

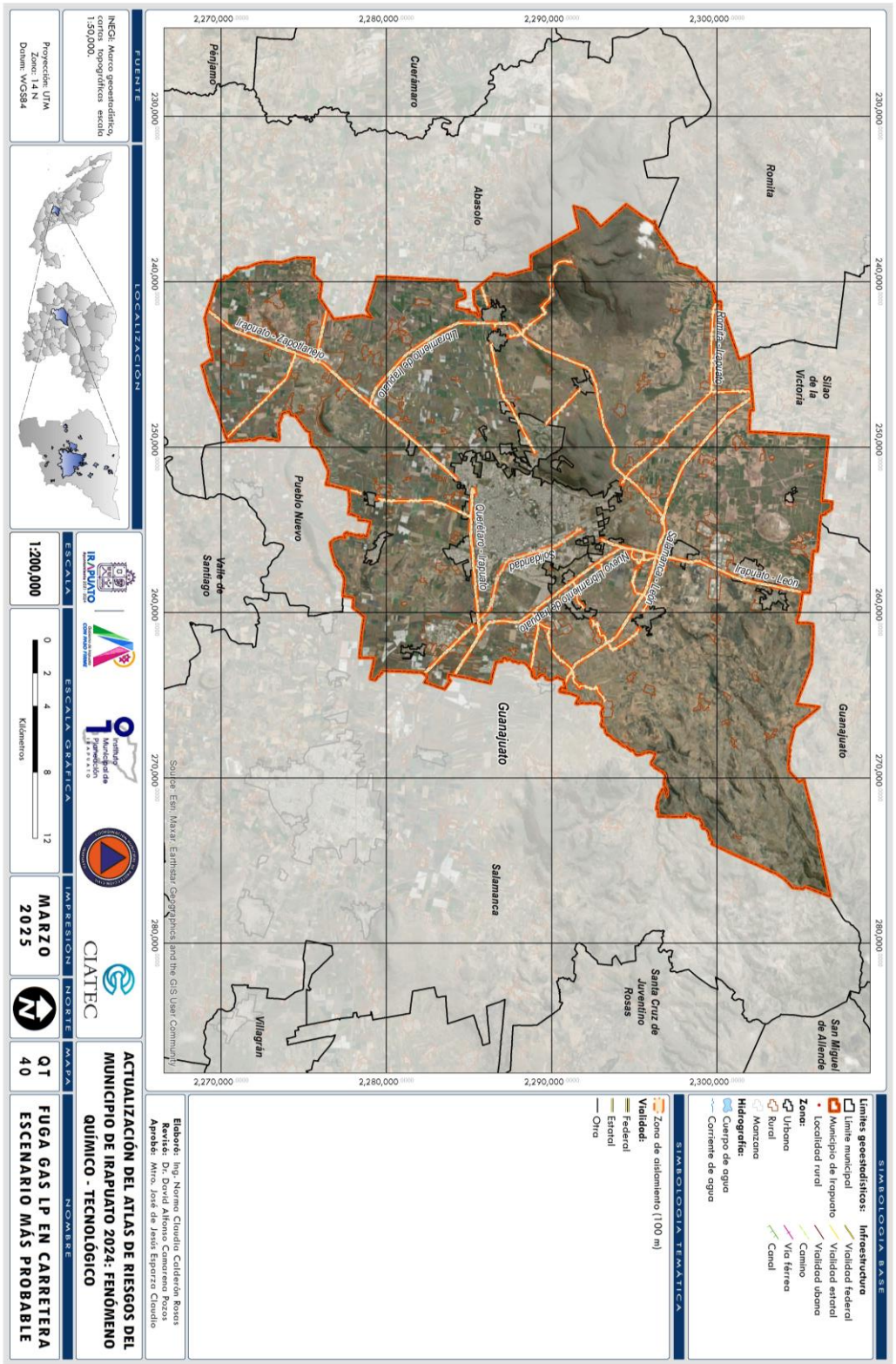
Para el caso de la evacuación, se determina como acción inmediata de precaución, un aislamiento en todas direcciones del área de fuga como mínimo de **100 metros (caso más probable).** En dado caso de que el autotanque esté **involucrado además de un incendio**, se considera un aislamiento en todas direcciones del área de la fuga de **1,600 metros (caso catastrófico).**

Como parte del peligro asociado a un accidente de autotanques en carreteras, se encuentra la Explosión por Expansión de Vapor de Líquidos en Ebullición (BLEVE) ya que, si la sustancia liberada se enciende, habrá inmediatamente una bola de fuego. Se calcula que una onda expansiva formada a una distancia de 4 veces el radio de una bola de fuego puede romper el vidrio de la ventana y causar daños menores a los edificios.

De acuerdo con la Guía de Respuesta a Emergencia, tomando en cuenta el volumen de una pipa de gas de aproximadamente 20,000 L, se generaría una bola de fuego con un radio de 62 metros, por lo que se recomienda una distancia mínima de evacuación de 926 m. En el Mapa 39 y el Mapa 40 se presentan las zonas que se deben considerar para el aislamiento en caso de un evento de este tipo (caso catastrófico y caso más probable, respectivamente).



Mapa 39: Fuga de gas LP en carretera (evento catastrófico).



Mapa 40: Fuga de gas LP en carretera (evento más probable).

Ahora bien, considerando un escenario derivado de un accidente en carretera por una pipa de gas LP de 10,000 L (CAS 68476-85-7) provocando una bola de fuego producto de la fuga y acumulación del combustible, el cual alcanza un punto de ignición, se incluyen las siguientes zonas de riesgo y de amortiguamiento (Tabla 70):

- Se consideró un modelo de radiación térmica por bola de fuego (Fire Ball). Se tomaron como datos de entrada la temperatura promedio del municipio (19°C), humedad relativa promedio (55%), velocidad del viento promedio (3 m/s), estabilidad atmosférica (F), presión (1 atm).

Tabla 70: Zonas de riesgo y amortiguamiento por bola de fuego en carretera

Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de radiación térmica			
	1.5 kW/m²	5.0 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²
Pipa con 10,000 L (5,400 kg)	481.63	338.12	228.90	97.94

Fuente: elaboración propia

IX.1.4 Derrame de gasolina en vías férreas

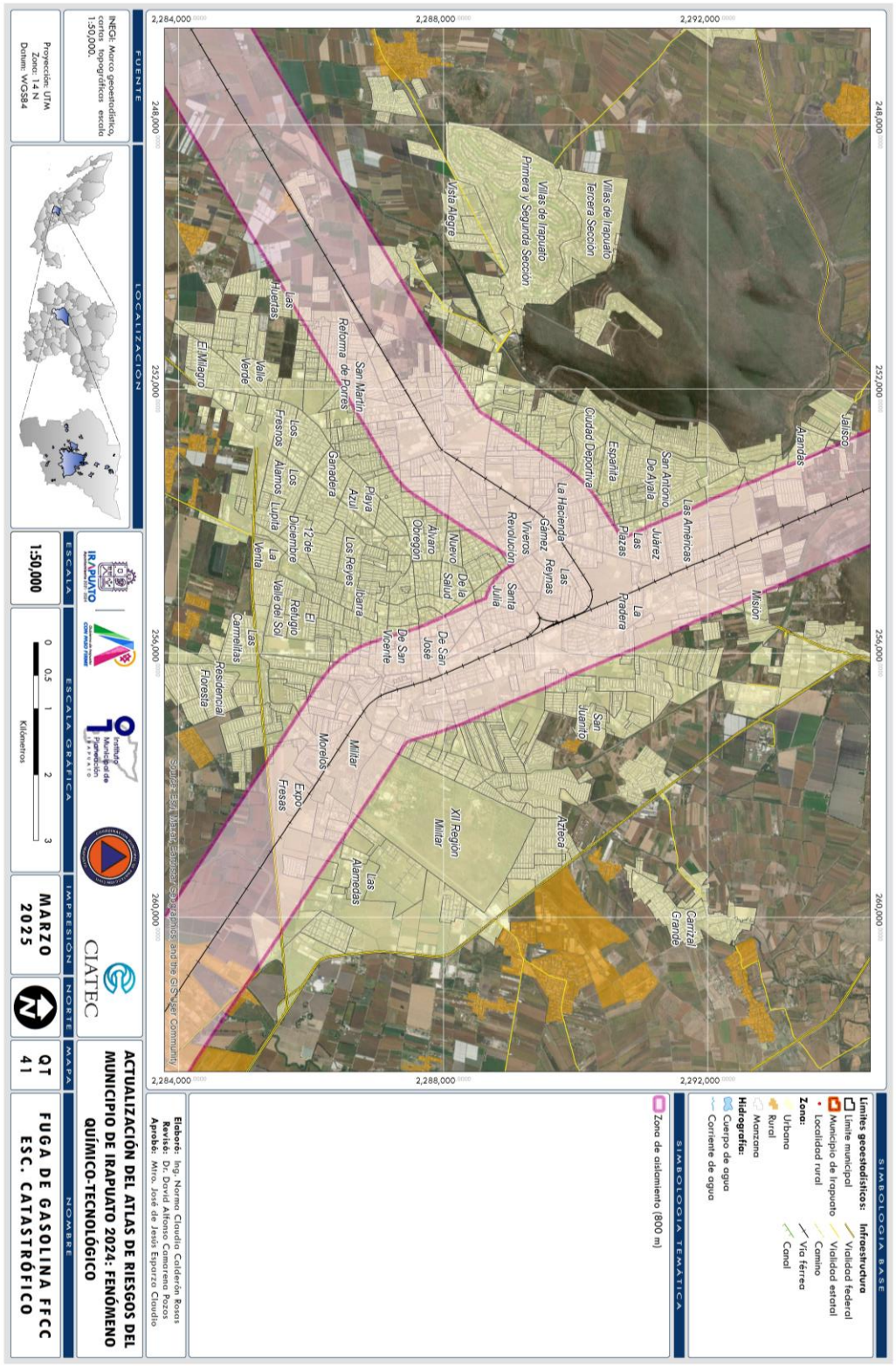
De acuerdo con la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia 2024, la gasolina tiene un número de guía: 128 y un número ID: 1203. De acuerdo con la información que aparece en esta guía, en caso de un accidente, los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire y pueden viajar a una fuente de ignición y prenderse. Además, los contenedores pueden explotar cuando se calientan.

Para el caso de la evacuación, se determina como acción inmediata de precaución, un aislamiento en todas direcciones del área de derrame como mínimo de **50 metros (caso más probable).** En dado caso de que el autotanque esté **involucrado además de un incendio**, se considera un aislamiento en todas direcciones del área del derrame de **800 metros (caso catastrófico).**

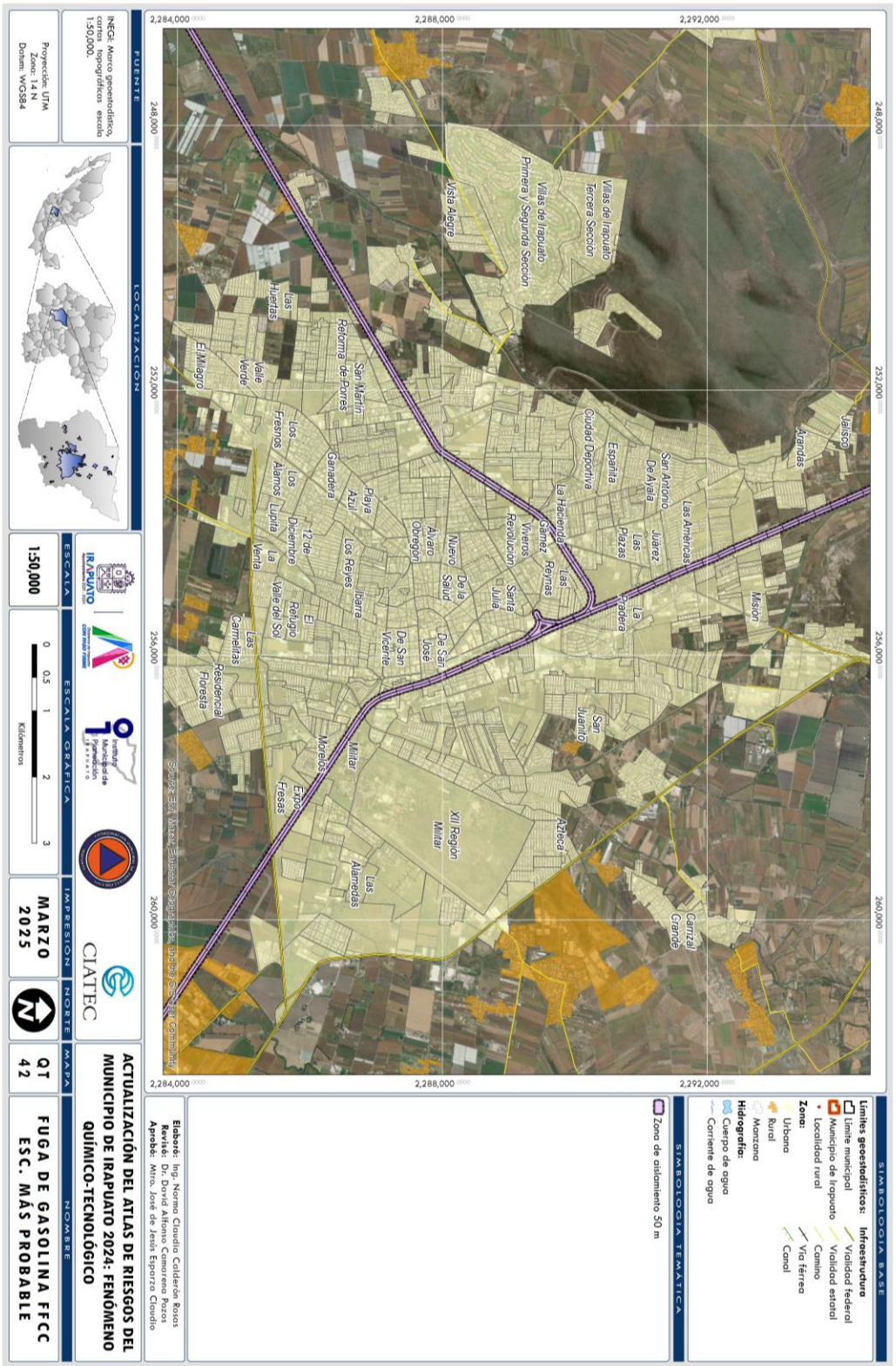
Para el caso de los derrames, se recomienda eliminar todas las fuentes de ignición cercanas al área. Se debe prevenir la entrada hacia alcantarillas o áreas confinadas. Se debe absorber el material con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores. Si el derrame es muy grande, se deberá generar

un dique más adelante del derrame para su posterior eliminación. En caso de incendio, se deberá usar rocío de agua, niebla o espuma regular o espuma resistente al alcohol.

En el Mapa 41 y el Mapa 42 se presentan las zonas que se deben considerar para el aislamiento en caso de un evento de este tipo (caso catastrófico y caso más probable, respectivamente).



Mapa 41: Derrame de gasolina en vías férreas (evento catastrófico).



Mapa 42: Derrame de gasolina en vías férreas (evento más probable).

Considerando un escenario derivado de un accidente en vía del tren por el descarrilamiento de un carrotanque transportando 90,000 litros de gasolina (CAS 8006-61-9), el cual provocó el derrame del combustible, que alcanzó un punto de ignición y generó un charco de fuego, se incluyen las siguientes zonas de riesgo y de amortiguamiento (Tabla 71):

- Se consideró un modelo de radiación térmica por fuego en un derrame (Poolfire). Se tomaron como datos de entrada la temperatura promedio del municipio (19°C), humedad relativa promedio (55%), velocidad del viento promedio (3 m/s), estabilidad atmosférica (F), presión (1 atm).

Tabla 71: Zonas de riesgo y amortiguamiento por bola de fuego en carretera

Volumen	Radios de afectación (m) para diferentes valores de radiación térmica			
	1.4 kW/m²	5.0 kW/m²	12.5 kW/m²	37.5 kW/m²
Carrotanque con 90,000 L	72.45	46.94	26.08	12.87

Fuente: elaboración propia

IX.1.5 Incendio y explosión de ducto

De acuerdo con los diámetros de los poliductos de PEMEX que se encuentran en operación y que se distribuyen dentro del municipio de Irapuato, Gto., se debe considerar una zona de seguridad de 75 m para los ductos de 10, 14 y 16 pulgadas de diámetro, en ambos lados a lo largo del eje de los ductos, tal y como se recomienda en Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos, Tabla 1.9 (CENAPRED, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos, 2014),

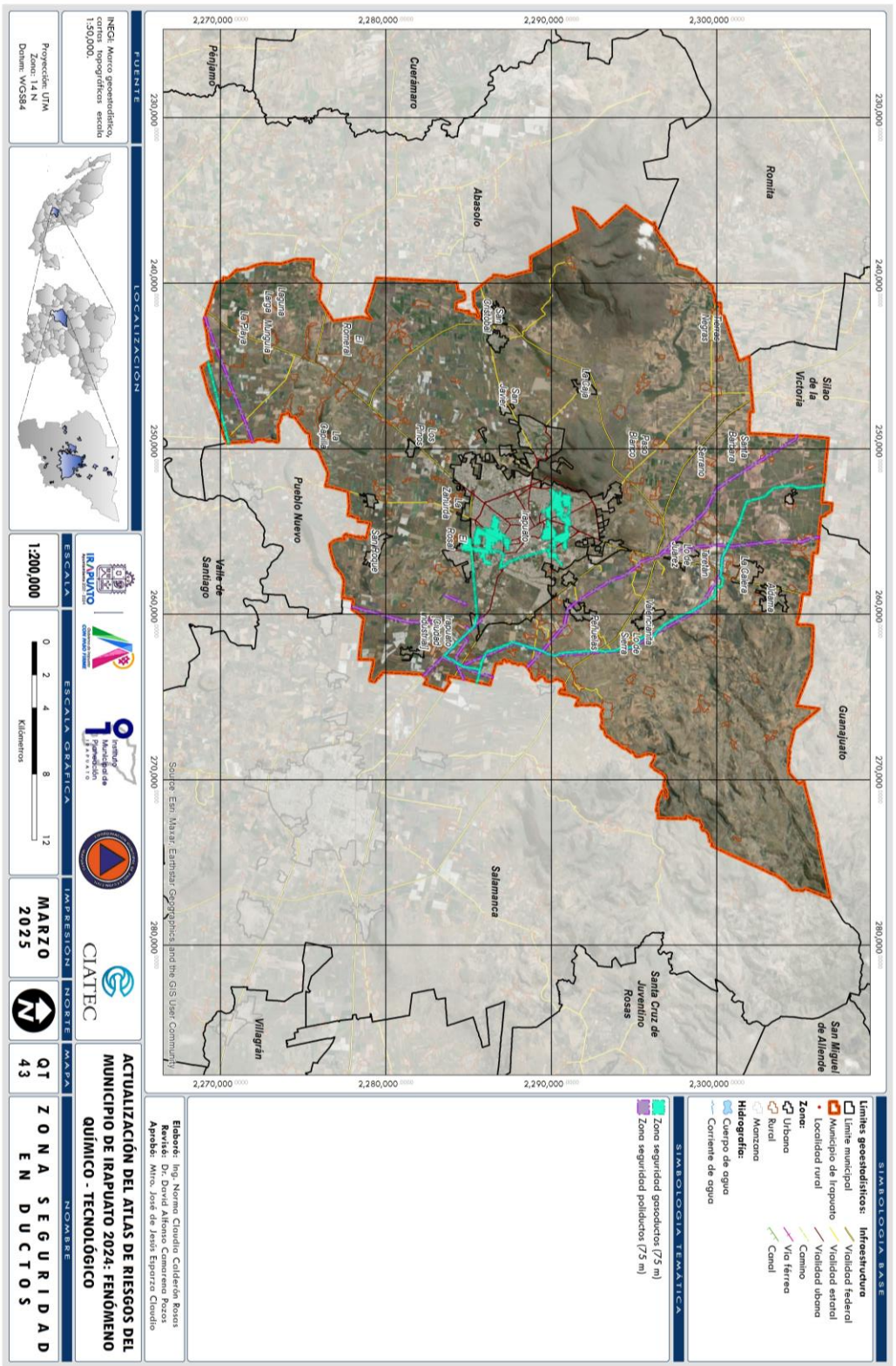
Para el caso del ducto de gas natural de 10 pulgadas, se debe considerar una zona de seguridad de 75 m en ambos lados a lo largo del eje del ducto. Se tomó en cuenta, de acuerdo con la información de Protección Civil, una presión de 20-60 bares, por lo que la zona de seguridad se tomó de acuerdo a Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos, Tabla 1.9 (CENAPRED, Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos, 2014),

Estas distancias de seguridad fueron desarrolladas a partir del análisis de diversos accidentes y del empleo de modelos de simulación. En la simulación de consecuencias se emplearon las siguientes cantidades umbrales (ver Tabla 72).

Tabla 72: Umbrales utilizados de acuerdo con el tipo de riesgo en ductos de transporte de hidrocarburos.

Tipo de riesgo	Umbral
Radiación térmica (jet fire y pool fire)	1.4 Kw/m^2
Inflamabilidad (flash fire)	4 %
Explosividad	0.5 lb/$pulg^2$

(Hernández-García C., 2003)



Mapa 43: Zona de seguridad para evento en poliducto y gasoducto.

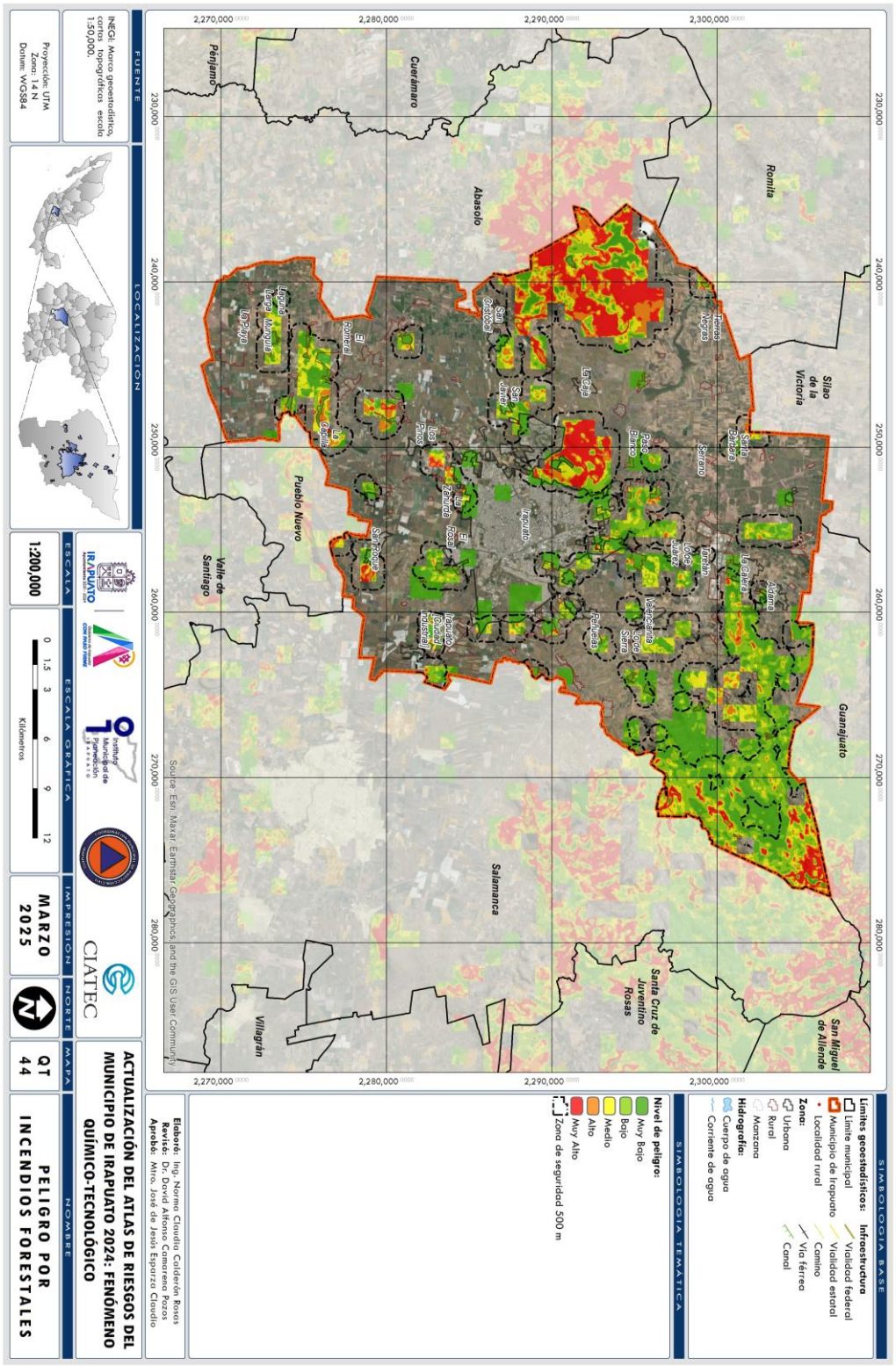
IX.1.6 Incendio forestal

Es importante mencionar que cada una de las zonas con biomasa forestal cuenta con un tipo de vegetación característico. En el Cerro de Arandas se pueden encontrar varios tipos de vegetación, incluyendo bosque tropical caducifolio, matorral subtropical y bosque de galería. Entre las especies más representativas se encuentran el copal, pochote, tepame, huizache chino, mezquite, nopal tapón y nopal cardón (Secretaría del Agua y Medio Ambiente, 2025). En Cerro Blanco, la vegetación predominante es un matorral abierto y degradado, con especies como el nopal (*Opuntia* sp.) y pastizales naturales e inducidos. Se considera que esta vegetación está en un proceso de recuperación ambiental debido a la influencia de actividades humanas.

Por su parte, en el Cerro del Veinte se encuentra principalmente matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio y pastizal (Leyte-Manrique A, 2016). En el Cerro del Huilote se pueden encontrar diversos tipos de vegetación, incluyendo bosque de encino, bosque de coníferas (principalmente pino y enebro), bosque tropical caducifolio y matorral subtropical, matorral xerófilo y pastizal.

En la Sierra de Codornices, presenta una vegetación diversa, incluyendo matorral rosetófilo, matorral micrófilo, y pastizales, además de algunos bosques de pino-encino (Río-Varela P, 2020). Y en La Cruz San Roque se pueden encontrar el matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, pastizales

Para el caso de cada una de las zonas de peligro registradas en el Mapa 33 se tomó en cuenta la zona de seguridad para un evento de incendio forestal de 500 metros (CENAPRED, Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Químicos., 2014), ver Mapa 44.



Mapa 44: Zona de seguridad por incendios forestales.

X. ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD

X.1 Estimación de la vulnerabilidad

Conceptualmente, la vulnerabilidad es el grado de daños o pérdidas potenciales en un conjunto de elementos como resultado de la ocurrencia de un fenómeno de intensidad determinada. En general, una sociedad vulnerable es una sociedad frágil y por ende es menos capaz de absorber las consecuencias de los desastres de origen natural y/o humano provocados. La vulnerabilidad es también la debilidad, incapacidad o dificultad para evitar, resistir, sobrevivir y recuperarse, en caso de desastre.

Los sistemas expuestos pueden clasificarse en 3 grandes rubros que integran los aspectos primordiales para el desarrollo social y económico de la ciudad de Irapuato, en la Tabla 73 se describen los sistemas que se cuantificarán:

Tabla 73: Sistemas expuestos a identificar.

Sistema expuesto	Características del sistema
Población	Está representada por el área geoestadística básica y se indica el número de habitantes totales, personas con capacidades diferentes, clasificadas por género.
Vivienda	Indica la tipología, sistema de techo y características de bardas de colindancias.
Infraestructura estratégica	Incluye las instalaciones de establecimientos de salud públicos y privados, escuelas públicas y privadas, supermercados y minisúper, hospedajes, gasolineras, caminos rurales, red vial, líneas de transmisión eléctrica y líneas de ductos.

Fuente: elaboración propia.

Para la cuantificación de la población y viviendas se utilizaron los datos del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021). Para los demás sistemas expuestos se utilizaron los

datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de mayo de 2024 (INEGI, 2024).

X.1.1 Población

La metodología menciona que se debe indicar la población total clasificada por género, con capacidades diferentes, así como la población más vulnerable dentro del rango de menos de 6 años y mayores de 60 años clasificados por género. Del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2021) se obtuvieron los datos de población, discapacidad y los mayores de 60 años; para los menores de 6 años se consideró el campo "0 a 14 años" dado que el censo no maneja el rango específico, tomando este último como grupo vulnerable para el fenómeno. La población con discapacidad agrupa varias dificultades físicas, dentro de la cuales se enlistan:

- Dificultad para el desempeño y/o realización de tareas en la vida cotidiana para bañarse, vestirse y/o comer.
- Dificultad para caminar o moverse, subir o bajar.
- Dificultad para ver, aun cuando usen lentes; para escuchar; aun usando aparato auditivo; para mantener un nivel de atención en cosas sencillas o con alguna limitación mental.
- Con dificultad para comunicarse con los demás o que tienen limitaciones para la recepción y producción de mensajes para hacerse entender a través del lenguaje, signos y símbolos.

Además se calcularon los efectos nocivos de los eventos mediante las ecuaciones de PROBIT (INSST, 1991), en el caso de incendios o explosiones se consideraron los valores ingresados en el programa de simulación para cada uno de los escenarios, ya sean catastróficos o más probables, si bien la población expuesta puede variar de acuerdo a las condiciones como horario de ocurrencia del evento, ubicación de las instalaciones siniestradas, así como de las cantidades de materiales involucradas.

En la Figura 23 se muestra la tabla de equivalencias PROBIT, aplicando las ecuaciones antes mencionadas, se deberá usar la tabla para conocer el porcentaje de población que puede ser afectada por determinado evento.

Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%	Pr	%
0	0	3,72	10	4,16	20	4,48	30	4,75	40	5,00	50	5,25	60	5,52	70	5,84	80	6,28	90	7,33	99,0
2,67	1	3,77	11	4,19	21	4,50	31	4,77	41	5,03	51	5,28	61	5,55	71	5,88	81	6,34	91	7,37	99,1
2,95	2	3,82	12	4,23	22	4,53	32	4,80	42	5,05	52	5,31	62	5,58	72	5,92	82	6,41	92	7,41	99,2
3,12	3	3,87	13	4,26	23	4,56	33	4,82	43	5,08	53	5,33	63	5,61	73	5,96	83	6,48	93	7,46	99,3
3,25	4	3,92	14	4,29	24	4,59	34	4,85	44	5,10	54	5,36	64	5,64	74	5,99	84	6,55	94	7,51	99,4
3,36	5	3,96	15	4,33	25	4,61	35	4,87	45	5,13	55	5,39	65	5,67	75	6,04	85	6,64	95	7,58	99,5
3,45	6	4,01	16	4,36	26	4,64	36	4,90	46	5,15	56	5,41	66	5,71	76	6,08	86	6,75	96	7,65	99,6
3,52	7	4,05	17	4,39	27	4,67	37	4,92	47	5,18	57	5,44	67	5,74	77	6,13	87	6,88	97	7,75	99,7
3,59	8	4,08	18	4,42	28	4,69	38	4,95	48	5,20	58	5,47	68	5,77	78	6,18	88	7,05	98	7,88	99,8
3,66	9	4,12	19	4,45	29	4,72	39	4,97	49	5,23	59	5,50	69	5,81	79	6,23	89	7,33	99	8,09	99,9

Figura 23: Equivalencia entre valores "PROBIT" y porcentaje de población afectada en accidentes mayores

Fuente: tomado de "Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método PROBIT" (INSST, 1991).

X.1.2 Vivienda

Otro de los sistemas expuestos importantes es la vivienda, de la cual se realizó una cuantificación directa de las pérdidas materiales en caso de un evento por transporte de sustancias o incendios forestales. Para este sistema expuesto se utilizó el Censo de Población y Vivienda del INEGI del 2020 (INEGI, 2021).

Se consideró la clasificación de vivienda de acuerdo con la tipología utilizada por INEGI y CENAPRED. En el Anexo 9 de las Guías para la elaboración de mapas de vulnerabilidad de CENAPRED, se expone la siguiente clasificación de muros, techos y sus posibles combinaciones (CENAPRED, 2006). En la Tabla 74 se muestran los diferentes tipos de materiales con los que se han clasificado los muros y techos de las viviendas.

Tabla 74: Clasificación del material de muros y techos de viviendas.

Clave	Tipo de Muros	Clave	Tipo de Techos
M1	Cartón o plástico	T1	Cartón o plástico
M2	Piedra	T2	Lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada)
M3	Láminas de cartón	T3	Palma
M4	Bahareque	T4	Teja
M5	Adobe sin repellado	T5	Losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla
M6	Madera	T6	Losa de concreto ligado

Clave	Tipo de Muros	Clave	Tipo de Techos
M7	Adobe con repellado		
M8	Tabique de barro o concreto sin elementos de concreto		
M9	Tabique de barro o concreto con elementos de concreto		

Fuente: (CENAPRED, 2006).

En la Tabla 75 se muestran las 24 posibles combinaciones de materiales para construcción en techos y muros. Además, se indica el tipo de vivienda para la estimación del menaje. Con base en la tabla se clasificaron y contabilizaron las viviendas dentro de los polígonos de afectación para el fenómeno químico-tecnológico.

Tabla 75: Clasificación del tipo de vivienda según el material usado en techo y muros.

Número de combinación	Tipo de vivienda	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
1	I	Vivienda con muros de cartón o plástico y techo de cartón o plástico.
2	II	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
3	III	Vivienda con muros de piedra sobre piedra y techo de palma.
4	I	Vivienda con muros de láminas de cartón y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
5	II	Vivienda con muros de bahareque y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
6	III	Vivienda con muros de bahareque y techo de palma.
7	II	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
8	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de palma.
9	III	Vivienda con muros de adobe sin repellado y techo de teja.
10	IV	Vivienda con muros de madera y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
11	IV	Vivienda con muros de madera y techo de palma.
12	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
13	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de palma.
14	IV	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de teja.
15	V	Vivienda con muros de adobe con repellado y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
16	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
17	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de palma.

Número de combinación	Tipo de vivienda	Combinaciones entre tipo de material para techo y muros
18	IV	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de teja.
19	V	Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
20	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
21	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de palma.
22	IV	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de teja.
23	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
24	V	Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligada.

Fuente: modificado de (CENAPRED, 2006).

El índice de vulnerabilidad de las viviendas es expresado con base en el tipo de materiales constructivos, es decir, de Muy Bajo a Muy Alto, como se observa en la Tabla 76.

Tabla 76: Clasificación del Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda

Tipo	Índice de vulnerabilidad	Características de la vivienda
Tipo V	Muy Baja	Muros de mampostería con techos rígidos
Tipo IV	Baja	Muros de mampostería con techos flexibles
Tipo III	Media	Muros de adobe con techos rígidos
Tipo II	Alta	Muros de adobe con techos flexibles
Tipo I	Muy Alta	Muros de materiales débiles con techos flexibles

Fuente: modificado de (CENAPRED, 2006).

Con la clasificación antes mencionada se identificarán los impactos económicos que pueden presentarse en caso de eventualidades por almacenamiento, transporte de sustancias peligrosas o incendios forestales, ya que dependiendo de la intensidad o gravedad de los sucesos se contabilizarán los costos de recuperación.

X.1.3 Infraestructura estratégica

EL resto de la infraestructura, como establecimientos de salud, escuelas, supermercados, hoteles, gasolineras, caminos, red vial, líneas de transmisión y líneas de comunicación, se obtuvo del DENUE (INEGI, 2024) y el Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2021).

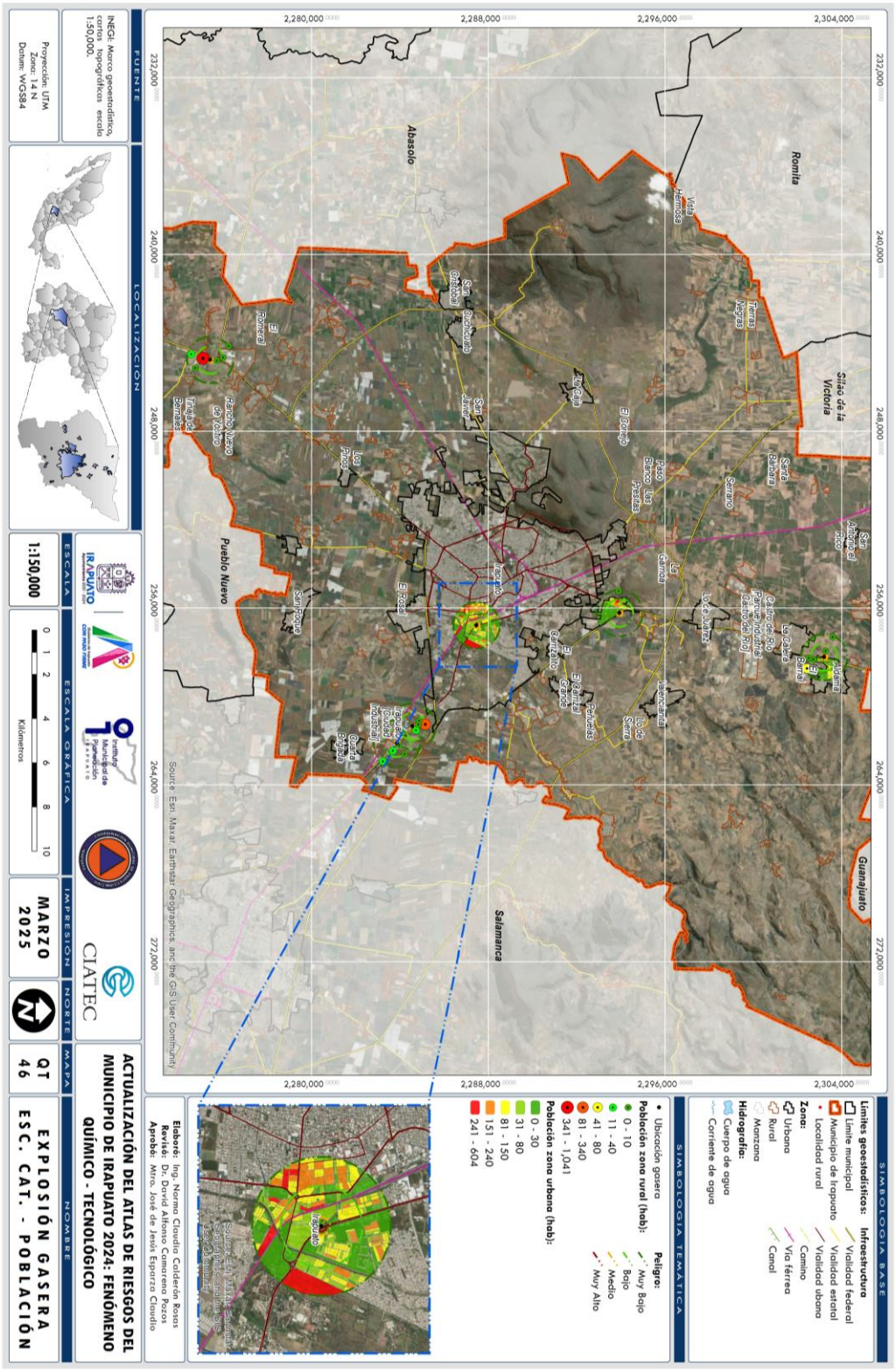
Se describirán los tipos de vialidades, cantidad de carriles, tipos de escuelas (públicas y privadas), niveles académicos o de deportes o artes, clínicas y hospitales públicos y privados o de especialidades, además de los medios de transmisión de comunicaciones, todo esto considerado estratégico para la restauración de los servicios.

X.2 Vulnerabilidad por almacenamiento de sustancias peligrosas.

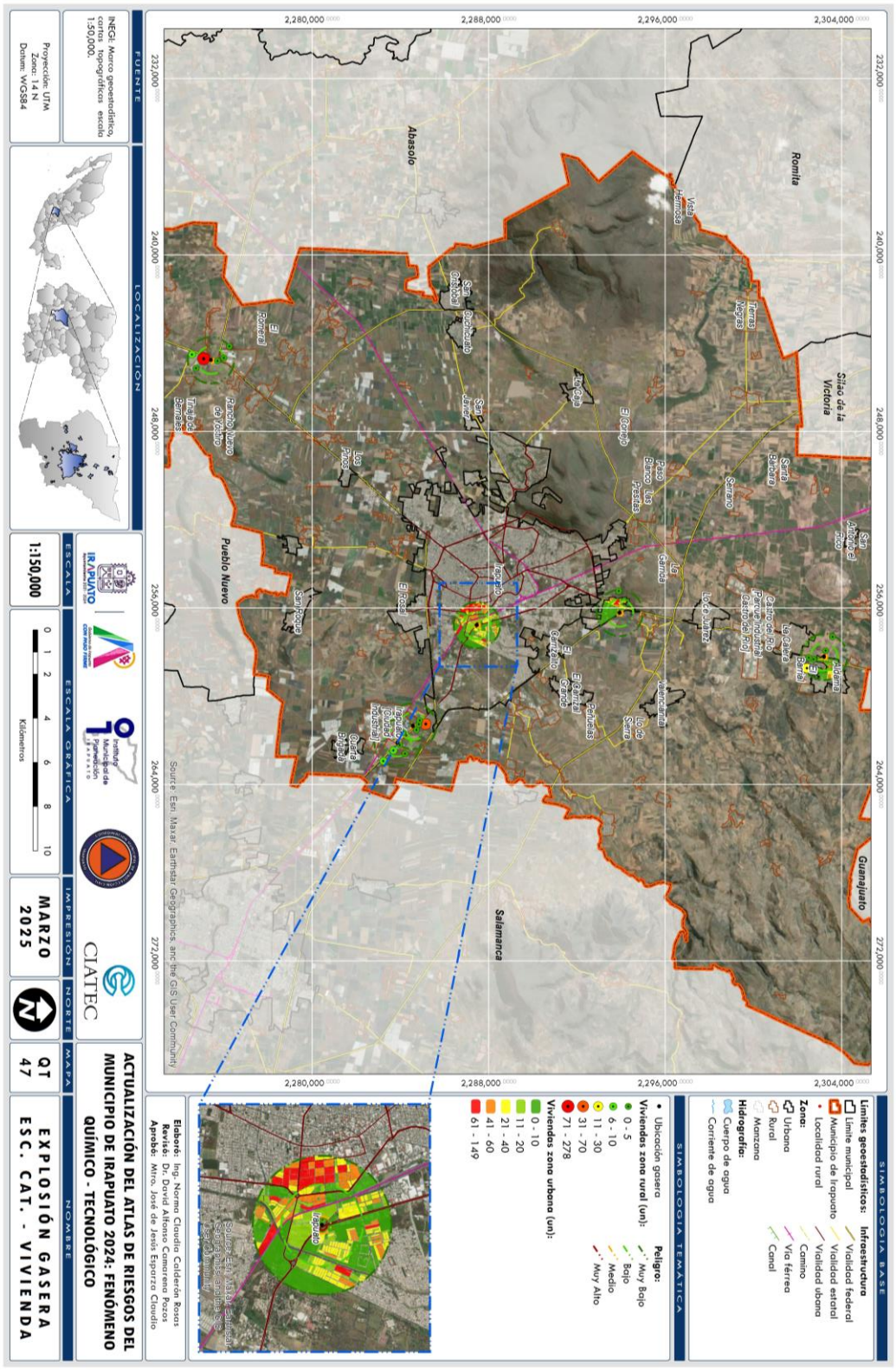
X.2.1 Explosión de gasera

Para el caso de un evento catastrófico se consideran diferentes grados de peligro asociados a la fuga de gas. Para el peligro "Muy Alto" se considera un radio de 79.69 m, para el peligro "Medio", un radio de 132.37 m, para el peligro "Bajo", un radio de 616.69 m y para el peligro "Muy Bajo", un radio de 1,048.12 m. En el Mapa 45, Mapa 46 y Mapa 47 se puede observar la población, vivienda e infraestructura expuesta, respectivamente.

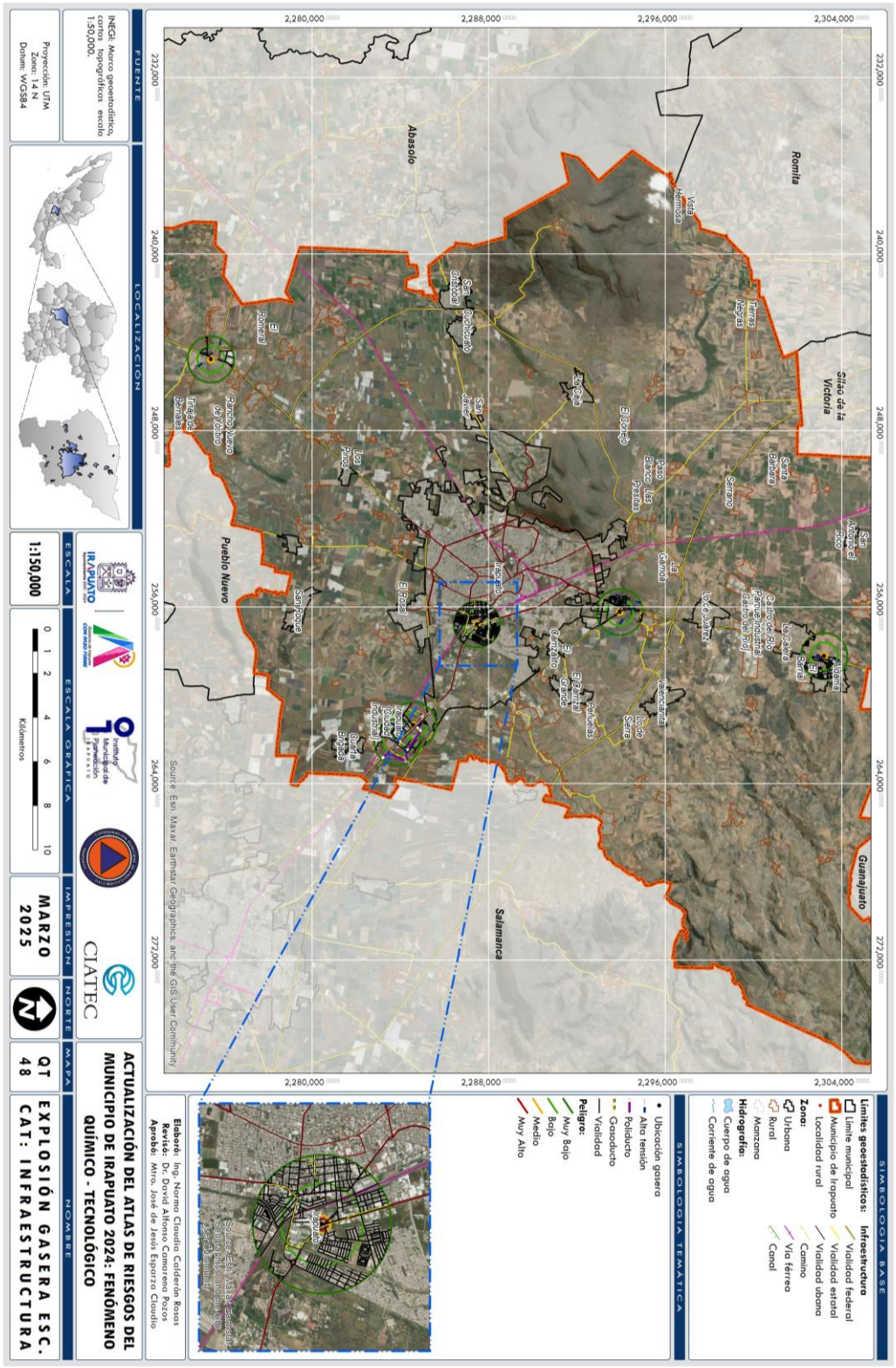
Para el caso del evento más probable, para el peligro "Muy Alto" se considera un radio de 46.61 m, para el peligro "Medio", un radio de 77.41 m, para el peligro "Bajo", un radio de 360.64 m y para el peligro "Muy Bajo", un radio de 612.94 m. En el Mapa 48, Mapa 49 y Mapa 50 se presenta a la población, vivienda e infraestructura expuesta.



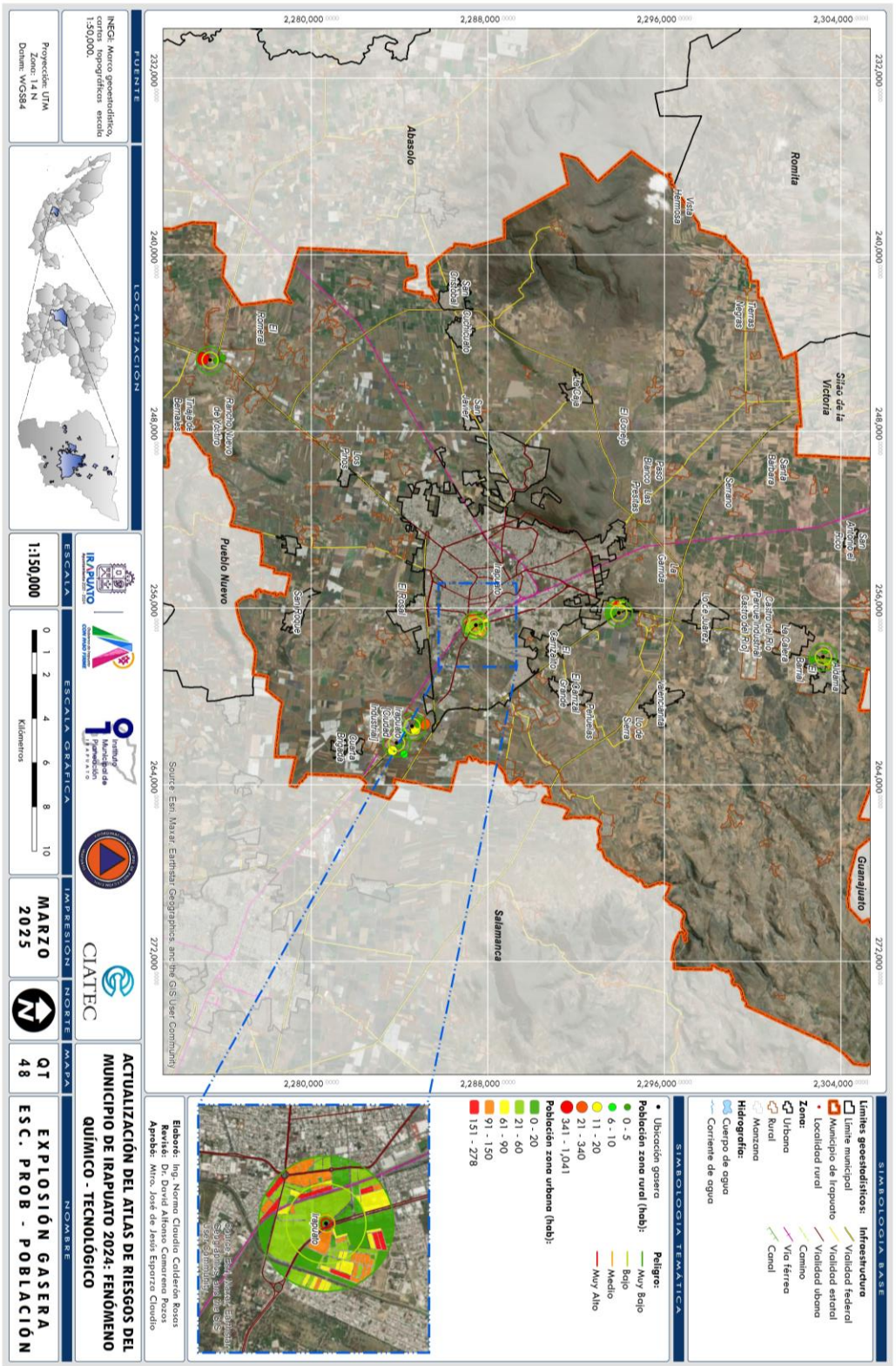
Mapa 45: Población expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico).



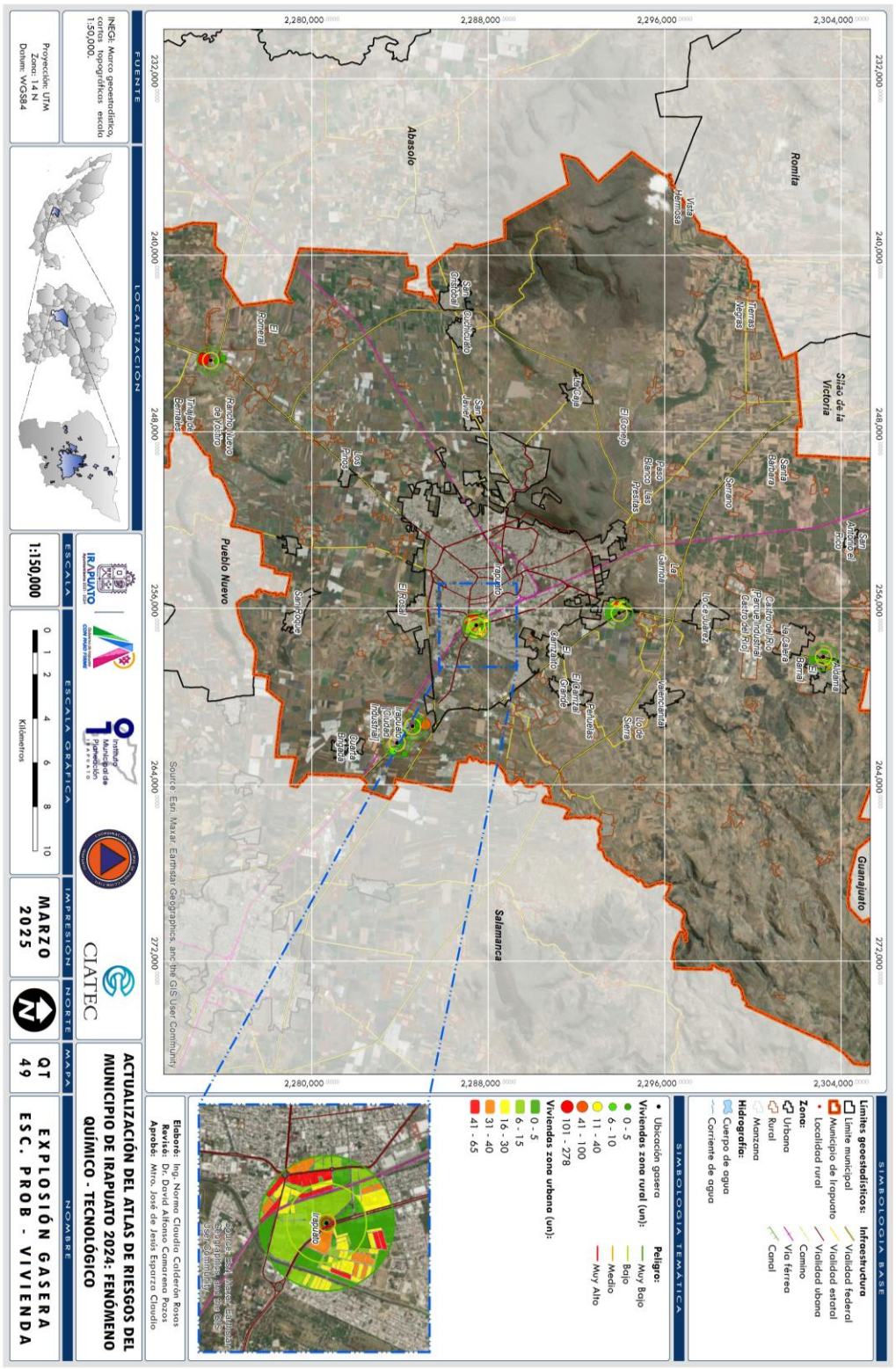
Mapa 46: Vivienda expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico).



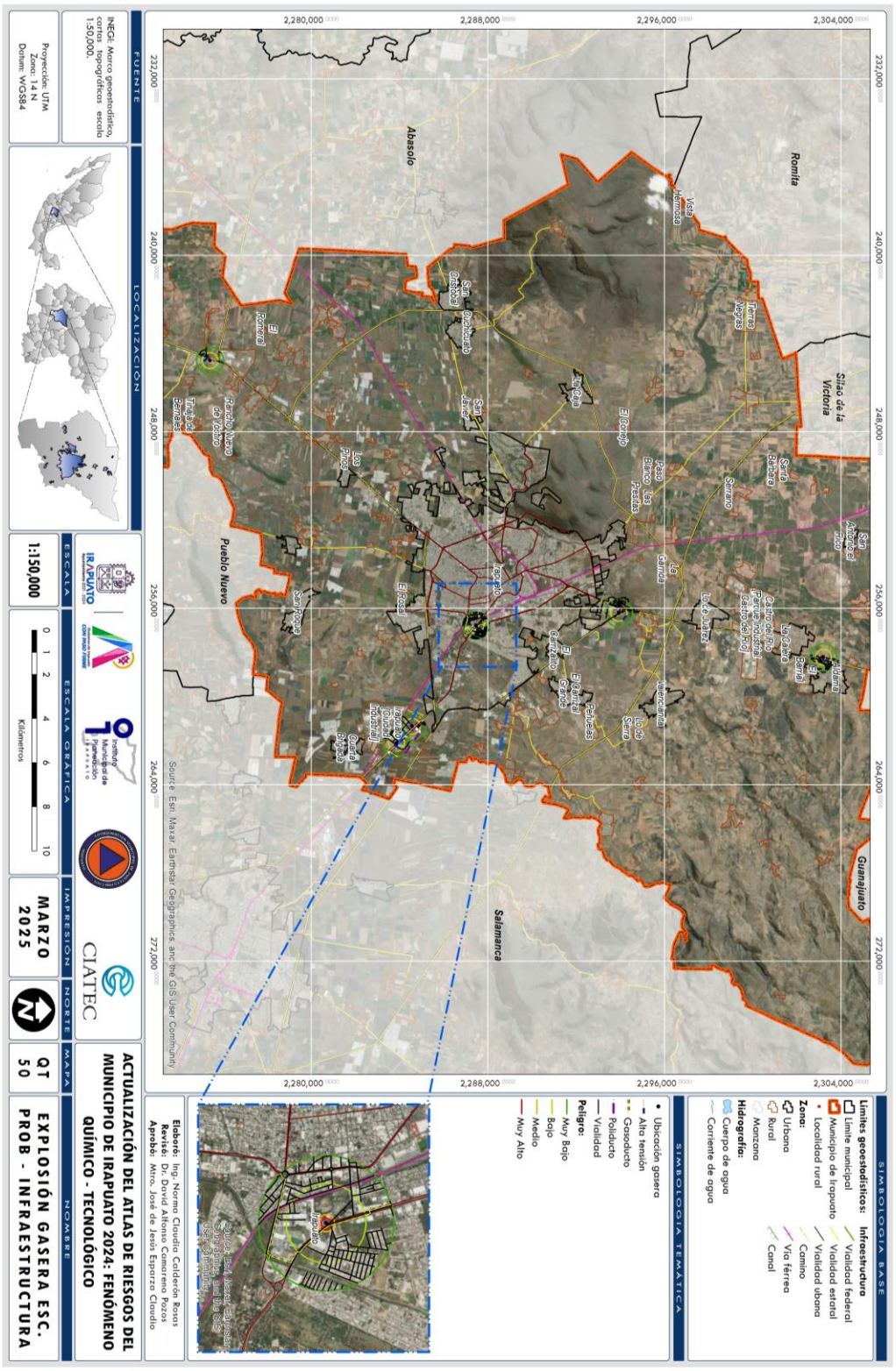
Mapa 47: Infraestructura expuesta por explosión de gasera (escenario catastrófico).



Mapa 48: Población expuesta por explosión de gasera (escenario probable).



Mapa 49: Vivienda expuesta por explosión de gasera (escenario probable).



Mapa 50: Infraestructura expuesta por explosión de gasera (escenario probable).

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS de acuerdo con cada una de las zonas de peligro, se tienen los siguientes valores (ver Tabla 77).

Tabla 77: Población y vivienda expuesta por explosión de gasera.

Escenario	Evento	Zona de Peligro	Radio (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Catastrófico	Explosión	Muy Bajo	1,048.12	20,550	6,283
Catastrófico		Bajo	616.69	8,325	2,446
Catastrófico		Medio	132.37	56	18
Catastrófico		Muy Alto	79.69	26	9
Probable		Muy Bajo	616.94	6,409	1,878
Probable		Bajo	360.64	1,860	553
Probable		Medio	77.41	21	6
Probable		Muy Alto	46.61	2	0

Fuente: elaboración propia

Así también, dentro de las zonas de peligro están consideradas localidades que pueden ser afectadas en caso de una explosión (ver Tabla 78). Cabe señalar que se consideró la población total de acuerdo con la información del INEGI, ya que no se cuenta con una delimitación a nivel de manzana.

Tabla 78: Localidades expuestas por explosión de gasera.

Escenario	Evento	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
Catastrófico	Explosión	Ciudad Industrial	6	2
		La Esperancita	35	10
		Vista Hermosa	1,041	278
		El Monte	7	2
		Ex-Hacienda de Buenavista	338	69
		Granja Hernández	23	7
		Shangrilí	15	4
		Alto Canal	9	1
		Kilómetro 17	2	2
		Kilómetro 105	18	6
		El Barrial	76	26
		El Jínamo	9	5
Probable	Explosión	Ciudad Industrial	6	2
		Vista Hermosa	1,041	278
		Ex-Hacienda de Buenavista	338	69
		Shangrilá	15	4
		Alto Canal	9	1
		Kilómetro 17	2	2
		Kilómetro 105	18	6

Fuente: elaboración propia con datos del INEGI

Se calculó la vulnerabilidad de la población mediante el método PROBIT, para el caso de explosión, y con los 4 valores de sobrepresión (0.5, 1.0, 10.0 y 29.0 psig), presentados para el escenario catastrófico y más probable. Se tomaron en cuenta las afectaciones (daños o muertes) que de acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST, 1991) ocasionan muerte por lesiones pulmonares o rotura de tímpanos. Se realizaron los cálculos tanto para sobrepresión como para las distancias en las que pueden estar las personas ubicadas al momento de la explosión.

X.2.1.1 Por sobrepresión

Para el caso particular de los escenarios simulados en los siguientes cálculos, se aclara que los escenarios catastróficos y más probable, los valores de sobrepresión fueron los mismos, por lo que se mencionarán indistintamente del volumen (cilindros o tanques), únicamente mencionando los porcentajes calculados de acuerdo con las consecuencias.

Los resultados para la letalidad por explosión de porcentajes PROBIT se muestran en la Tabla 79. El valor de 7.85 de acuerdo con la tabla de conversiones corresponde al 99.8% de letalidad por hemorragia pulmonar con una explosión mayor de 29 psig.

Los resultados para conocer el porcentaje de daños por rotura de tímpano se obtuvieron los siguientes resultados de las ecuaciones PROBIT: el valor de 5.90 corresponde a 81.5% de afectación con una explosión de 10 psig y el valor de 7.96 corresponde a 99.8% de daño por una explosión de 29 psig.

Tabla 79: Resultados de ecuaciones PROBIT para explosión de gasera.

Escenario	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia pulmonar	Rotura de tímpano
Catastrófico por explosión	0.5	Sin dato	Sin dato
	1.0	Sin dato	Sin dato
	10	Sin dato	81.50
	29	99.80%	99.80
Más Probable (al 20% de su capacidad) por explosión	0.5	Sin dato	Sin dato
	1.0	Sin dato	Sin dato
	10	Sin dato	81.50
	29	99.80%	99.80

Fuente: elaboración propia

Cabe mencionar que las tablas de resultados completos y la metodología seguida se pueden visualizar en el Anexo D.

X.2.1.2 Por Distancia

En la Tabla 80 se muestran los resultados de los cálculos para tanques de 20 kg de combustible, donde se tiene un valor del 59% de letalidad por hemorragia a una distancia de 5 metros para el escenario catastrófico. Para daños en tímpanos, el daño va desde los 5 a los 20 metros. Para el caso del escenario más probable, los mayores daños están entre 5 y 10 metros.

Tabla 80: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 20 kg.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	19.93	59%	99%
	10	5.26	Sin dato	37%
	15	2.8		6%
	20	1.87		1%
Más probable	5	6.9	Sin dato	58%
	10	2.32		3%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 81 se muestran los cálculos para los tanques de 30 kg. Son tanques que normalmente se tienen en viviendas, por lo que la letalidad solo se presenta cuando un tanque esté lleno y la persona esté al menos a 5 metros.

Tabla 81: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 30 kg.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	26.81	99%	99.8%
	10	6.65	Sin dato	54%
	15	3.42		12%
	20	2.25		2%
Más probable	5	8.85	Sin dato	75%
	10	2.81		6%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 82 se presentan los datos para los tanques estacionarios de 120 L en vivienda o negocios. En ambos escenarios, la letalidad se presenta a 5 metros y las probabilidades de daño a la persona van del 3 al 99%.

Tabla 82: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 120 L.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	48.15	>99.8%	> 99%
	10	10.74	Sin dato	85%
	15	5.15		35%
	20	3.27		10%
Más probable	5	14.72	3%	95%
	10	4.16	Sin dato	21%
	15	2.28		3%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 83 se muestran los resultados de un tanque estacionario de 300 L. La letalidad en ambos escenarios es a 5 metros con más de 99%. Como se puede esperar, en estas cantidades de gas, los porcentajes de letalidad y daños son cada vez más amplios aún a distancias mayores.

Tabla 83: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 300 L.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	97.04	>99.8%	> 99%
	10	20.11	0.62	99%
	15	8.85	Sin dato	75%
	20	5.3		38%
	30	2.81		6%
Más probable	5	28.13	99.6%	100%
	10	6.9	Sin dato	57%
	15	3.53		13%
	20	2.32		3%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 84 se muestran los cálculos de las probabilidades de tanques de almacenamiento industrial con capacidad de 5,000 litros. La letalidad es de 99% a partir de los 20 metros en un escenario catastrófico, mientras que en el escenario más probable es a partir de los 10 metros.

Tabla 84: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de almacenamiento de 5,000 L.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	626.04	> 99 %	> 99 %
	10	167.32	> 99 %	> 99 %
	15	67.08	> 99 %	> 99 %
	20	34.62	> 99 %	> 99 %
	30	14.33	2%	95%
	50	5.5	Sin dato	40%
	70	3.21		10%
	100	1.94		1%
Más probable	5	232.94	> 99%	>99%
	10	49.57	> 99%	> 99 %
	15	19.93	60%	98.5%
	20	11.01	Sin dato	86%
	30	5.26		37%
	50	2.4		3%

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 85 se muestran los resultados del tanque de almacenamiento de 250 mil litros. La letalidad del 98% se presenta a partir de los 100 metros y heridos desde los 200 metros (30%) para un escenario catastrófico.

Tabla 85: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de almacenamiento de 250,000 L.

Escenario	Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia	Daño a tímpano
Catastrófico	5	3678.52	> 99 %	> 99 %
	10	1527.75	> 99 %	> 99 %
	15	862.9	> 99 %	> 99 %
	20	546.03	> 99 %	> 99 %
	30	257.26	> 99 %	> 99 %
	50	84.45	> 99 %	> 99 %
	70	38.91	> 99 %	> 99 %
	100	17.66	27%	98%
	150	7.9	Sin dato	67%
	200	4.79		30%
Más probable	5	1879.82	>99%	> 99.6%
	10	705.42	>99%	> 99.6%
	15	349.59	>99%	> 99.6%

	20	196.19	>99%	> 99.6%
	30	79.62	>99%	> 99.6%
	50	24.8	96%	99.6%
	70	12.19	Sin dato	90%
	100	6.25		50%
	150	3.24		10%
	200	2.14		SD

Fuente: elaboración propia

X.2.2 Incendio en gasera

Para el caso de un evento catastrófico de incendio se consideran diferentes grados de peligro. Para el peligro "Muy Alto" se considera un radio de 321.97 m, para el peligro "Medio", un radio de 676.07 m y para el peligro "Muy Bajo", un radio de 1,198.36 metros. En el Mapa 51, Mapa 52 y Mapa 53 se puede observar a la población, vivienda e infraestructura expuesta, respectivamente.

Para el caso del evento más probable, para el peligro "Muy Alto" se considera un radio de 187.29 m, para el peligro "Medio", un radio de 359.51 m y para el peligro "Muy Bajo", un radio de 643.33 metros. En el Mapa 54, Mapa 55 y Mapa 56 se presenta a la población, vivienda e infraestructura expuesta.

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS en cada una de las zonas de peligro, se tienen los siguientes valores.

Tabla 86: Población y vivienda expuesta por incendio en gasera.

Escenario	Evento	Zona de Peligro	Radio (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Catastrófico	Incendio	Muy Bajo	1,198.36	28,494	8,418
Catastrófico		Medio	676.07	9,522	2,781
Catastrófico		Muy Alto	321.97	1,141	351
Probable		Muy Bajo	643.33	7,481	2,182
Probable		Medio	359.51	1,661	492
Probable		Muy Alto	187.29	194	63

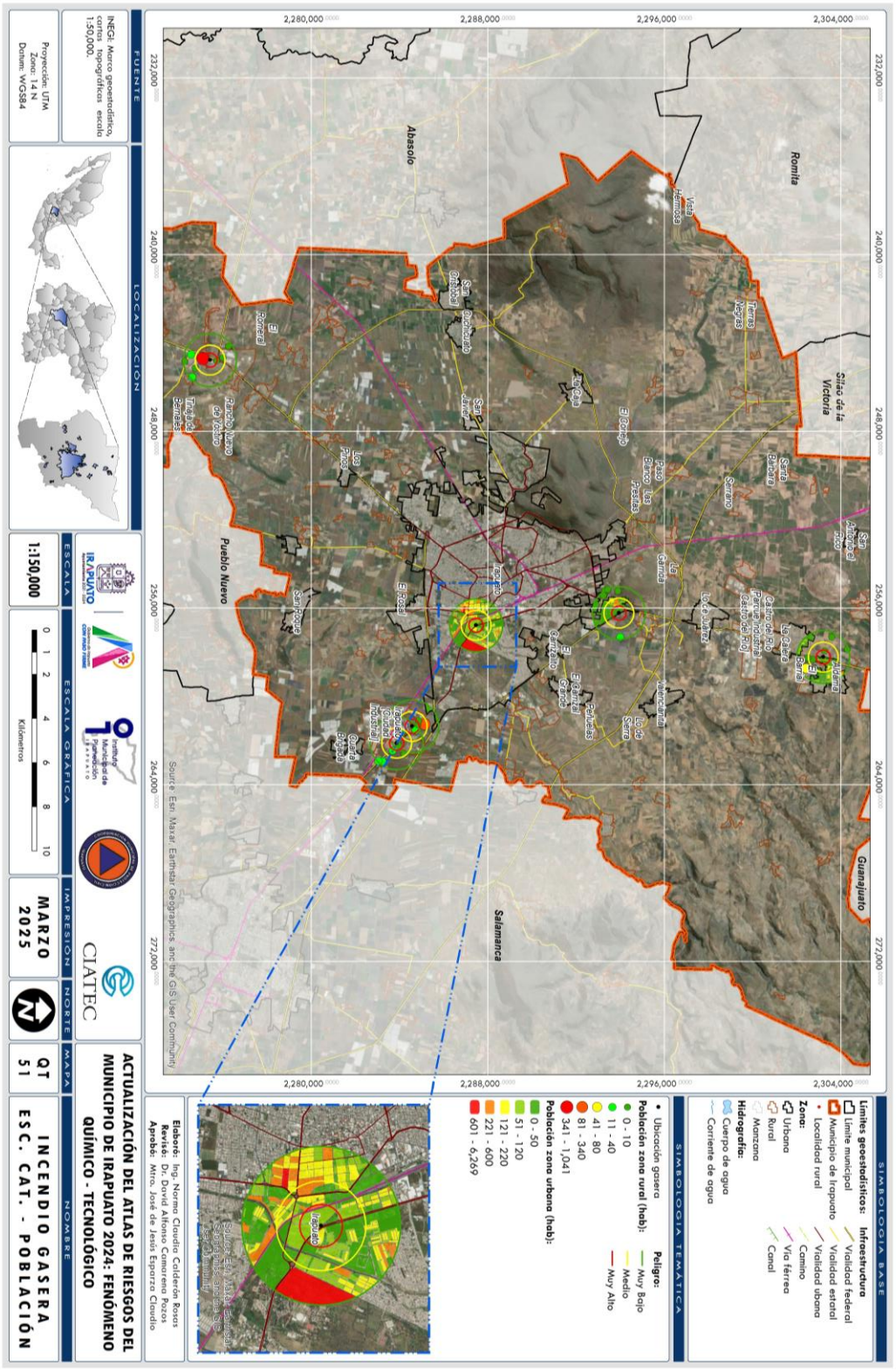
Fuente: elaboración propia

Así también, dentro de las zonas de peligro están consideradas localidades que pueden ser afectadas en caso de una explosión (ver Tabla 87). Cabe señalar que se consideró la población total de acuerdo con la información del INEGI, ya que no se cuenta con una delimitación a nivel de manzana.

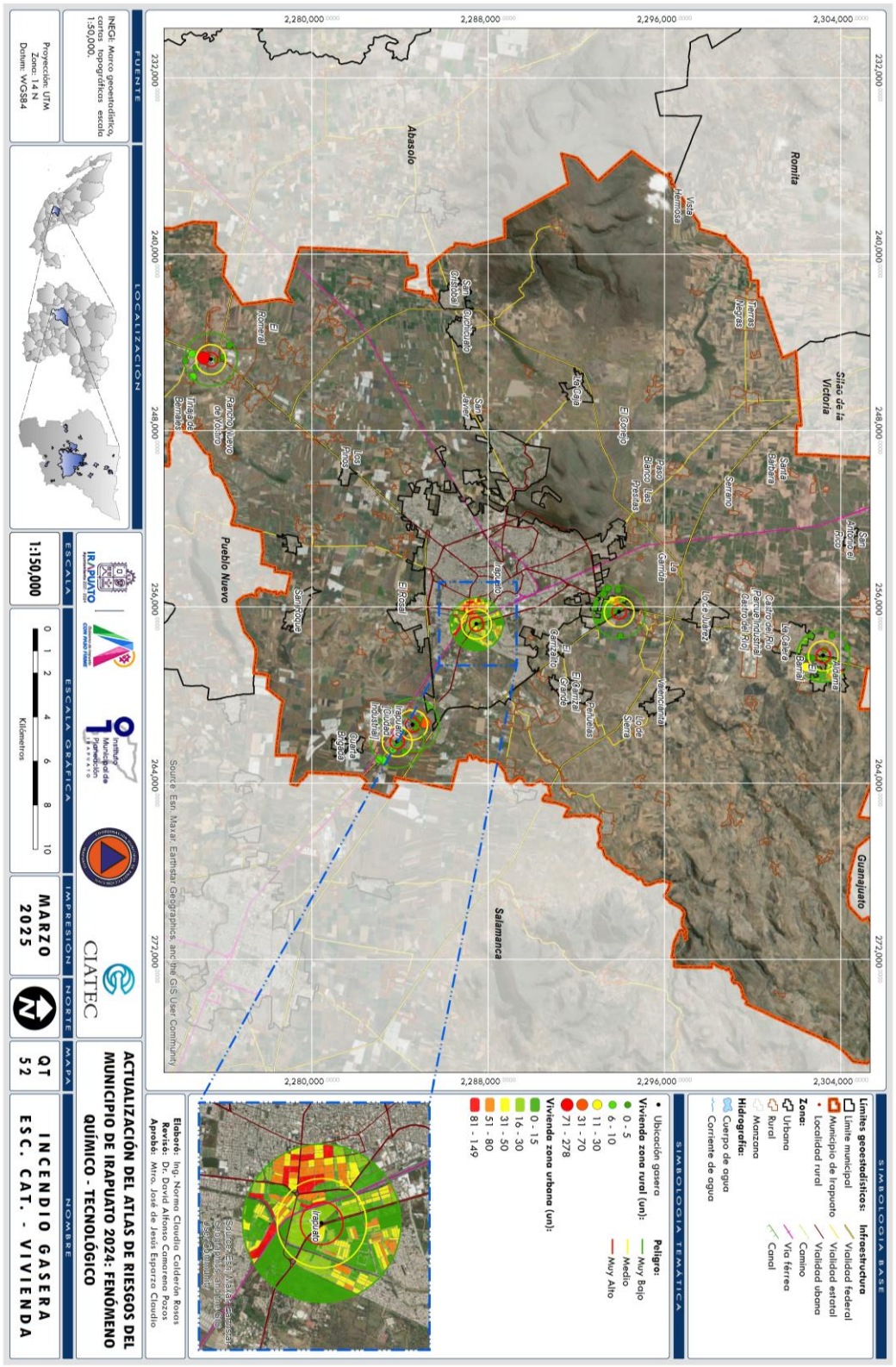
Tabla 87: Localidades expuestas por incendio en gaseras.

Escenario	Evento	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
Catastrófico	Incendio	El Sauz Bendito	1	1
		Ciudad Industrial	6	2
		Granja la Estacada	17	3
		La Esperancita	35	10
		San Miguel del Brete	16	10
		La Concepción	3	3
		Vista Hermosa	1,041	278
		El Monte	7	2
		ExHacienda de Buenavista	338	69
		Granja Hernández	23	7
		Shangrilá	15	4
		Granja el Matoche	3	2
		Alto Canal	9	1
		Bajada de Cuarta Brigada	21	7
		Kilómetro 17	2	2
		Kilómetro 105	18	6
		El Barrial	76	26
		El Jínamo	9	5
		Los Chivos	4	1
Probable	Incendio	Ciudad Industrial	6	2
		Vista Hermosa	1,041	278
		ExHacienda de Buenavista	338	69
		Shangrilá	15	4
		Alto Canal	9	1
		Kilómetro 17	2	2
		Kilómetro 105	18	6

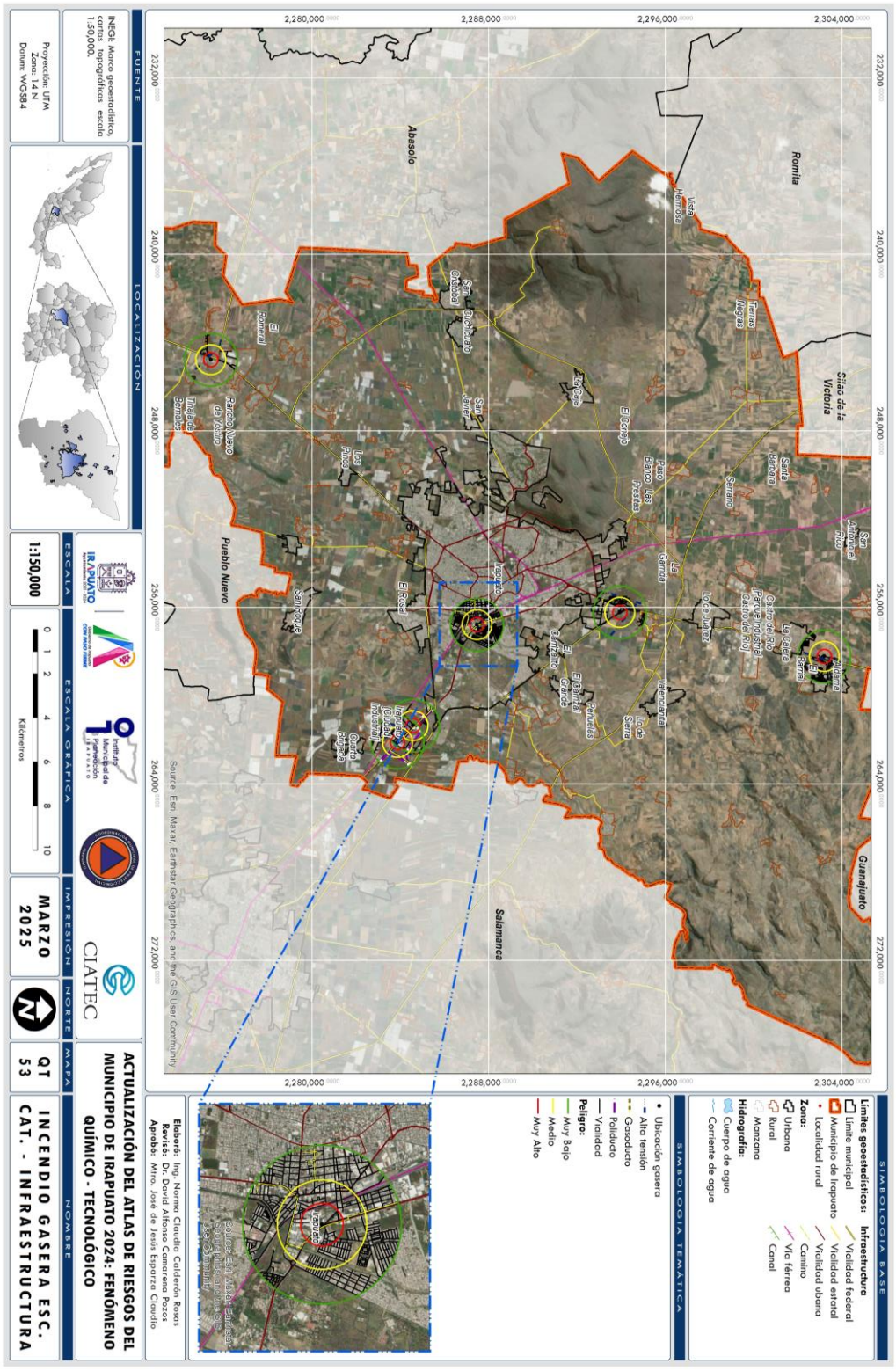
Fuente: elaboración propia



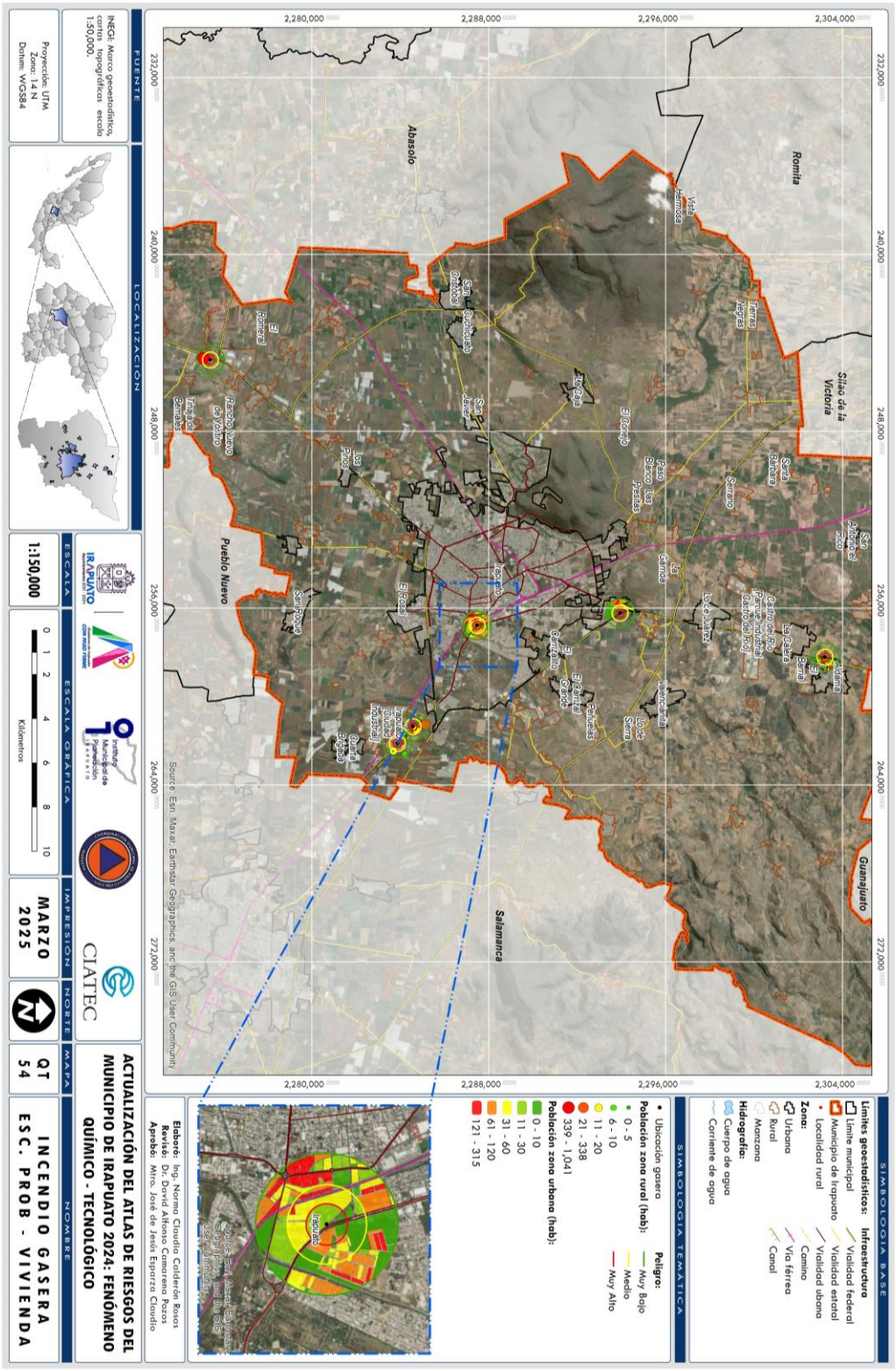
Mapa 51: Población expuesta por incendio de gasera (escenario catastrófico).



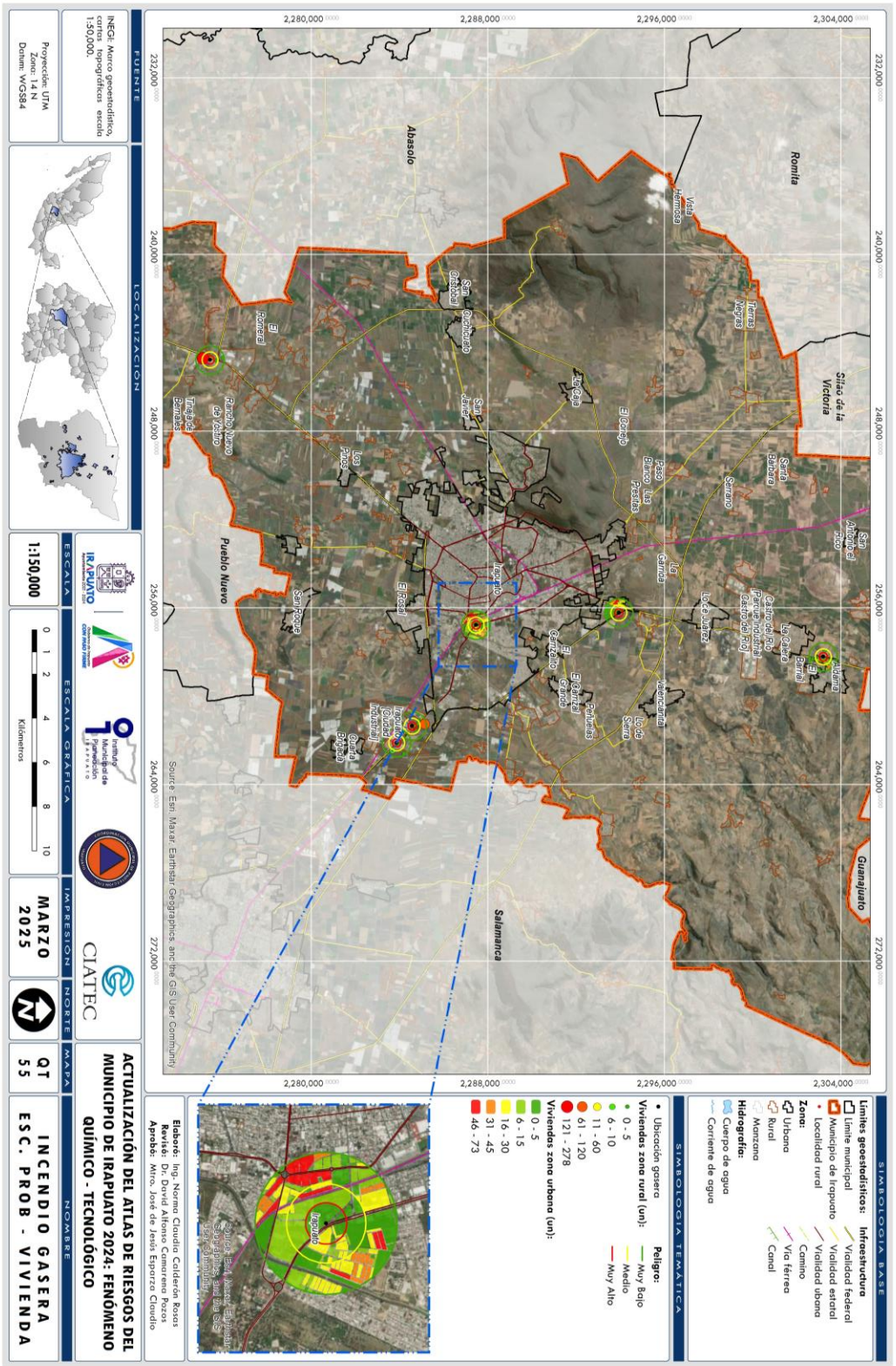
Mapa 52: Vivienda expuesta por incendio en gasera (escenario catastrófico).



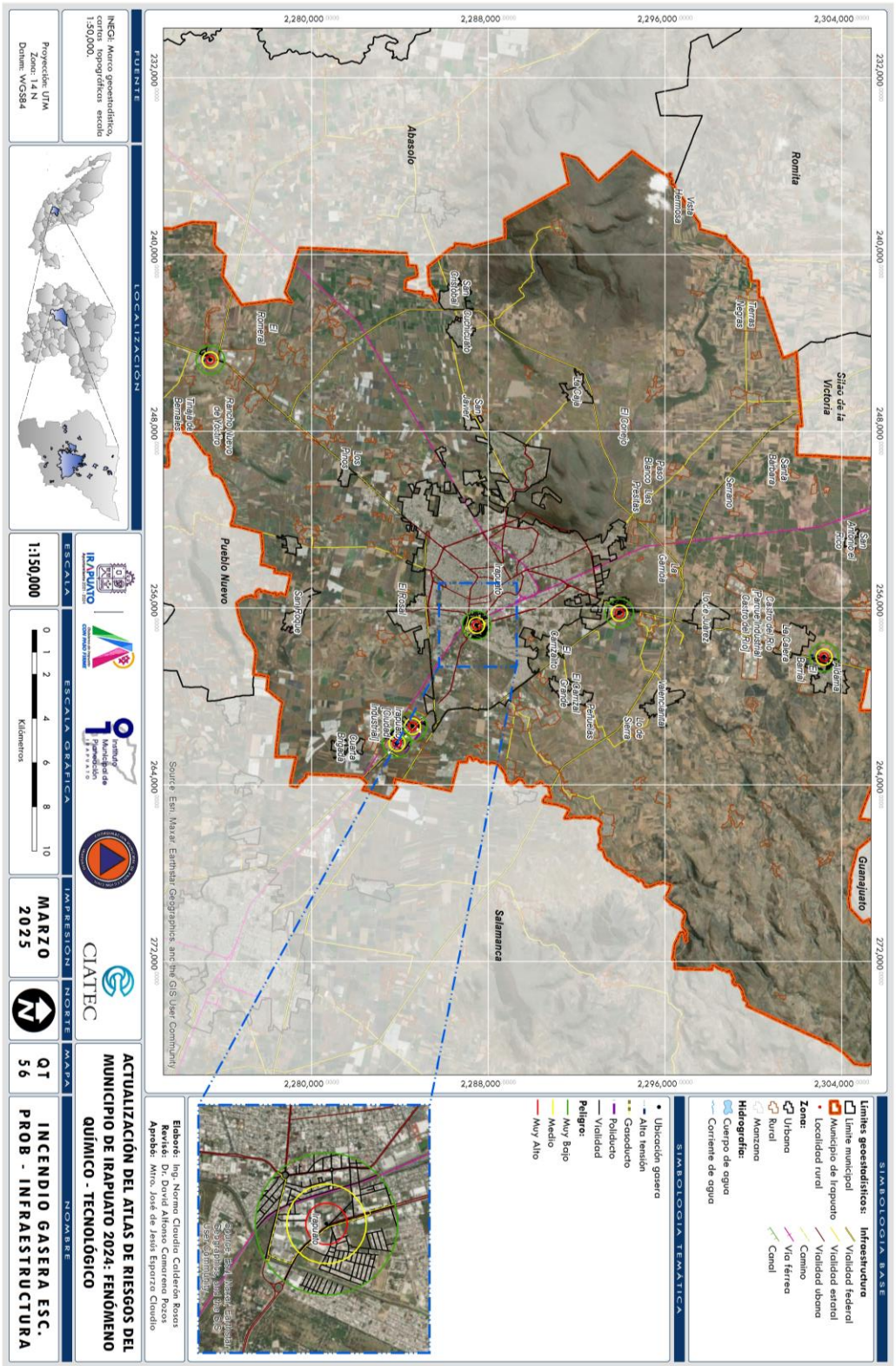
Mapa 53: Infraestructura expuesta por incendio en gasera (escenario catastrófico).



Mapa 54: Población expuesta por incendio en gasera (escenario probable).



Mapa 55: Vivienda expuesta por incendio en gasera (escenario probable).



Mapa 56: Infraestructura expuesta por incendio en gasera (escenario probable).

Para realizar los cálculos de vulnerabilidad de la población por radiación térmica mediante el método PROBIT, se utilizaron los 3 valores de radiación simulados (4.0, 12.5, 37.5 kW/m^2) para los escenarios Catastrófico y Más Probable, considerando también los tiempos de exposición en cada uno de los escenarios y cantidades de combustibles, aplicando las ecuaciones para quemaduras mortales y quemaduras de primer y segundo grado, de acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España (INSST, 1991).

X.2.2.1 Por Intensidad de la radiación

Las ecuaciones fueron publicadas por la institución holandesa TNO (Organización Holandesa para la Investigación Científica), de las cuales en la Tabla 88 se muestran los resultados. Cabe mencionar que la intensidad que reporta letalidades y quemaduras de 1er y 2do grado es la de 37.5 kW/m^2. Para el caso de letalidad se considera un 33% de la población expuesta en un evento con un tanque de almacenamiento de 250,000 L con un tiempo de exposición de 18.62 segundos en el escenario catastrófico, en comparación con un 10% con un tiempo de exposición de 13.5 segundos para el escenario más probable.

Para las quemaduras de primer grado, se pueden presentar en 4.5% de las personas en eventos con tanques estacionarios de 300 L, 87% con tanques de almacenamiento de 5,000 L y 100% con tanques de almacenamiento de 250,000 L. Los tiempos de exposición van desde 2.45, 6.27 y 18.62 segundos respectivamente.

Las quemaduras de segundo grado están en el orden del 2 y 87% en tanques de almacenamiento de 5,000 y 250,000 L en tiempos de 6.27 y 18.62 segundos respectivamente.

Tabla 88: Resultados de ecuaciones PROBIT para radiación térmica (37.5 kW/m^2) por incendio de gaseras

Escenario	Almacenamiento	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
Catastrófico	Tanque estacionario de 300 L (162 kg)		4.5%	
	Tanque de almacenamiento de 5,000 L (2700 kg)		87%	2%
	Tanque de almacenamiento de 250,000 L (135000 kg)	33%	100%	87%

Escenario	Almacenamiento	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
Más probable	Tanque de almacenamiento de 5,000 L (2700 kg)		32%	
	Tanque de almacenamiento de 250,000 L (135000 kg)	10%	100%	56%

Fuente: elaboración propia

X.2.2.2 Por Distancia de la radiación

Como se ha mencionado, las cantidades de sobrepresión son importantes para conocer las letalidades y/o daños, pero también es importante conocer las distancias mínimas en donde las personas son susceptibles a perder la vida o verse dañadas. Es por ello que en las siguientes tablas se describirán las distancias donde se pueden presentar estos eventos con consecuencias.

En la Tabla 89 se muestran los resultados de los cálculos para tanques de 20 kg de combustible, donde se pueden presentar letalidades a 5 metros en el caso del escenario catastrófico únicamente. Las quemaduras de primer grado tienen un 4% a 15 metros, y las quemaduras de segundo grado tienen un 3% a 10 metros.

Tabla 89: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 20 kg.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	124.06	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	57.53	SD	92 %	3%
	15	44.37		4 %	SD
Más probable	5	62.43	SD	77 %	SD

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 90 se presentan los cálculos para tanques de 30 kilogramos. La letalidad solo se presenta en un escenario catastrófico y la persona está al menos a 5 metros. Para las quemaduras de primer grado se presentan desde los 15 metros con un 46%, y para las quemaduras de segundo grado desde los 10 metros con un 10% de probabilidad.

Tabla 90: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque de 30 kg.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	130.05	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	58.62	SD	98 %	10%
	15	49.15		46 %	SD
Más probable	5	97.58	91%	> 99.9 %	> 99.9 %

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 91 se realizaron los cálculos para tanques estacionarios de 120 litros. La letalidad ocurre en ambos escenarios en casi un 100% a una distancia de 5 metros. Para quemaduras de primer grado se presenta desde los 20 metros en un 54%, mientras que para el escenario más probable es del 37% a 10 metros, y de casi el 100% a 5 metros. Las quemaduras de segundo grado en ambos escenarios a 5 metros son casi del 100%, mientras que a 15 metros son del 11% en un escenario catastrófico.

Tabla 91: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 120 L.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	137.74	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	99.03			
	15	55.3	SD	98 %	11 %
	20	46.93		54 %	SD
Más probable	5	116.05	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	51.71	SD	37%	SD

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 92 se muestran los resultados de un tanque estacionario de 300 L. La letalidad en el caso de un escenario catastrófico se presenta desde los 15 metros, mientras que para el caso más probable se presenta a 5 metros en un 100%. Las quemaduras de primer y segundo grado en el escenario catastrófico se presentan desde los 30 metros y se incrementan conforme se acerca a la fuente. Para el escenario más probable, los daños por primer grado de las quemaduras se presentan desde los 15 metros con el 55 %.

Tabla 92: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para un tanque estacionario de 300 L.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	141.89	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	116.75			
	15	88.39			
	20	54.4	3 %		31 %
	30	41.84	SD	36 %	SD
Más probable	5	130.88	> 99.9 %	> 99.9 %	> 99.9 %
	10	58.65	SD	98 %	11 %
	15	49.83		55 %	SD

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 93 se calcularon las probabilidades de tanques de almacenamiento industriales de 5,000 litros. La letalidad por quemaduras en escenario catastrófico se presenta a una distancia de 70 metros (1%), pero a 50 metros se tiene un 39%. Mientras que, para un escenario probable, la probabilidad es del 11% a 30 metros.

Las quemaduras de primer grado son del 2% (a 100 metros) y del 99.2 % (a 70 metros) para el escenario catastrófico, y las quemaduras de segundo grado se pueden presentar desde los 70 metros con 19% y a 50 metros el 91%.

Tabla 93: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para tanque de almacenamiento de 5,000 L.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m2)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	138.46	>99.9 %	>99.9 %	>99.9 %
	10	133.99			
	15	127.05			
	20	118.29			
	30	98.07			
	50	50.05	39 %		91 %
	70	41.62	1 %	99.2 %	19 %
	100	28.51	SD	2 %	SD
Más probable	5	142.27	>99.9 %	>99.9 %	>99.9 %
	10	129.66			
	15	112.38			
	20	93.85			
	30	52.11	11 %		58%
	50	36.09	SD	18%	SD

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 94 se muestran los resultados del tanque de almacenamiento de 25,000 litros. La letalidad, las quemaduras de primer y segundo grado en un escenario catastrófico se presentan en un 100% a una distancia de 200 metros. Para el escenario más probable, la letalidad se presenta desde los 150 y 100 metros en un 19% y 88%, respectivamente. Las quemaduras de primer grado tienen un 67% a los 200 metros y las de segundo grado en un 74% a los 150 metros.

Tabla 94: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para tanque de almacenamiento de 250,000 L.

Escenario	Distancia (m)	Intensidad (kW/m2)	Letalidad por quemaduras	Quemadura primer grado	Quemadura segundo grado
Catastrófico	5	154.21	>99.9 %	>99.9 %	>99.9 %
	10	153.83			
	15	153.2			
	20	152.33			
	30	149.88			
	50	142.48			
	70	132.45			
	100	114.65			
	150	56.8			
	200	53.6			
Más probable	5	130.34	>99.9 %	>99.9 %	>99.9 %
	10	129.41			
	15	127.88			
	20	125.79			
	30	120.13			
	50	104.56			
	100	86.72	88 %		99.9 %
	150	47.54	19 %		74 %
	200	39.01	SD	67 %	SD

Fuente: elaboración propia

Las tablas de resultados completos y la metodología seguida se pueden visualizar en el Anexo D.

X.2.3 Explosión de polvorín

Para el caso de la explosión de polvorín, considerando la cantidad de material reportada por Protección Civil, se consideró para el peligro "Muy Alto" se considera una radio de 17.15 m, para el peligro "Medio", un radio de 28.49 m, para el peligro "Bajo", un radio de 132.73 m, y para el peligro "Muy Bajo", un radio de 225.58 m.

Cabe mencionar que de acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS, no se encontraron datos para estos radios de afectación. Sin embargo, hay que considerar que dentro de algunos de los radios se encontraron construcciones que deben ser tomadas en cuenta (Figura 24). En el Mapa 57 se presenta la infraestructura expuesta.

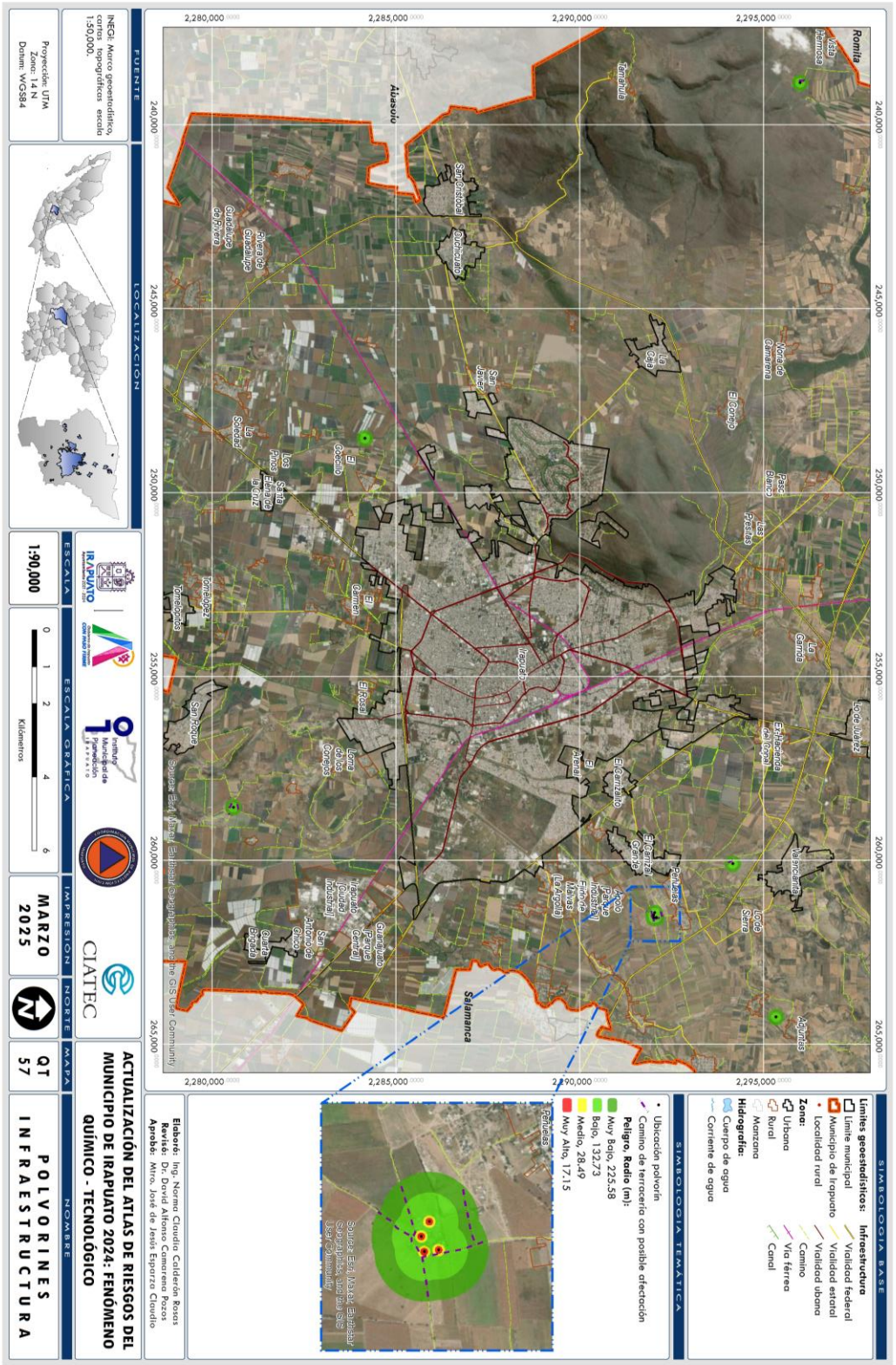

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO 2024: FENÓMENO QUÍMICO - TECNOLÓGICO
POLVORINES INFRAESTRUCTURA
QT 57
MARZO 2025
1:90,000
Elaboró: Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Revisó: Dr. David Alfonso Camorero Pozos
Aprobó: Mtro. José de Jesús Esparza Claudio
SIMBOLOGÍA BASE
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA
Peligro, Radio (m):
Muy Bajo, 225.58
Bajo, 132.73
Medio, 28.49
Muy Alto, 17.15
Polvorines
Salamanca
Romita
Abasolo
Irapuato
Pueblo Nuevo
Tarimoro
Pénjamo
Cuerámaro
Huanímaro
Coroneo
Jaral del Progreso
Moroleón
Uriangato
Yuriria
Valle de Santiago
Jerécuaro
Salvatierra
Acámbaro
Tarandacuao
Santiago Maravatío
Coroneo
Apaseo el Grande
Apaseo el Alto
Celaya
Comonfort
Villagrán
Cortazar
Juventino Rosas
Santa Cruz de Juventino Rosas
Dr. Mora
San Miguel de Allende
Guanajuato
Dolores Hidalgo
Dolores Hidalgo Cuna de la Independencia Nacional
San Luis de la Paz
Victoria
Xichú
Atarjea
Doctor Mora
Tierra Blanca
Ocampo
Manuel Doblado
Purísima del Rincón
León
San Francisco del Rincón
Romita
Silao de la Victoria
Guanajuato
Irapuato
Salamanca
Abasolo

Figura 24: Infraestructura expuesta por explosión de polvorín.
Fuente: elaboración propia

La cantidad de población expuesta dependerá del horario de las actividades. Sin embargo, se han calculado las consecuencias mediante las ecuaciones PROBIT. Al considerarse como una explosión de la pólvora, se simuló el evento de 722 kilogramos y, al igual que la explosión de gasera, se ha calculado por sobrepresión y distancia.

En la Tabla 95 se muestran los resultados del cálculo de consecuencias para la explosión de 722 kg de pólvora, siendo que a una sobrepresión de 29 psig la letalidad se va a presentar en un 99.8%, lo cual se considera a una distancia de 17 metros desde la fuente. Para el cálculo de los daños en tímpanos se van a presentar desde los 10 psig con un 81% a 29 metros.

Tabla 95: Resultados de ecuaciones PROBIT para explosión de polvorín

Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia pulmonar	Rotura de tímpano
0.5	SD	SD
1.0		
10		81.5 %
29	99.8 %	99.8 %

Fuente: elaboración propia

En la Tabla 96 se muestran los resultados de los cálculos para conocer las distancias. De acuerdo a la tabla anterior, la letalidad no se va presentar a menos de 17 metros, por lo que a 70 metros como mínimo no hay daño a la vida, no así para las afectaciones del tímpano, que a 70 metros se considera un daño de al menos 3% de la población expuesta

que, como se ha mencionado, dependerá del tamaño de las instalaciones y horario de ocurrencia.

Tabla 96: Cálculo de PROBIT a determinadas distancias para explosión de polvorín.

Distancia (m)	Sobrepresión (psig)	Letalidad por hemorragia pulmonar	Daño a tímpano
70	2.3	SD	3%
100	1.43		SD
150	0.86		SD
200	0.59		SD

Fuente: elaboración propia

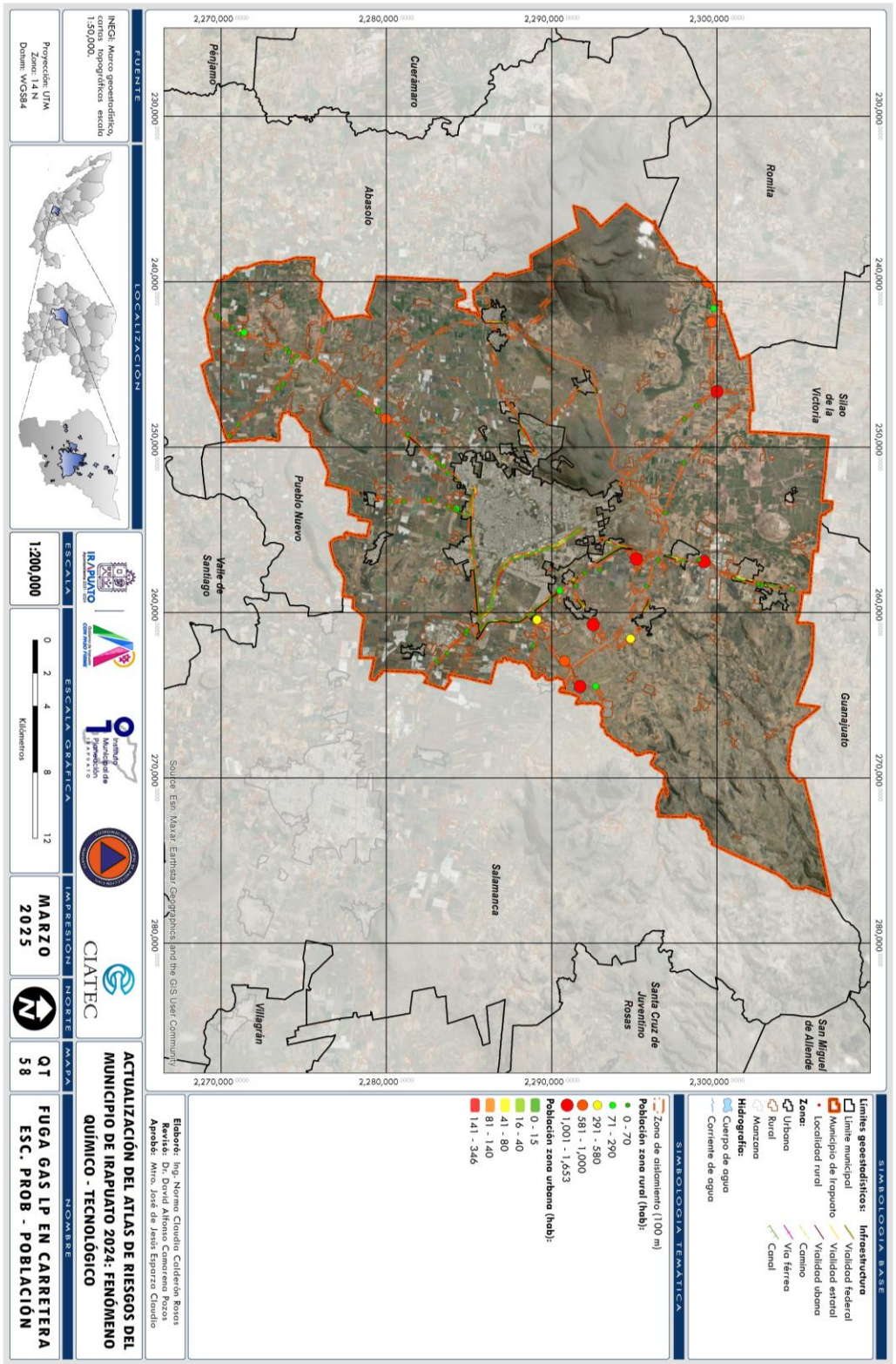
En el Anexo 3D, se pueden consultar las tablas de resultados completas y la metodología seguida para los cálculos PROBIT.

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a infraestructura en la plataforma ArcGIS, se tienen cerca de 3,064 metros de caminos expuestos ante una explosión de polvorín.

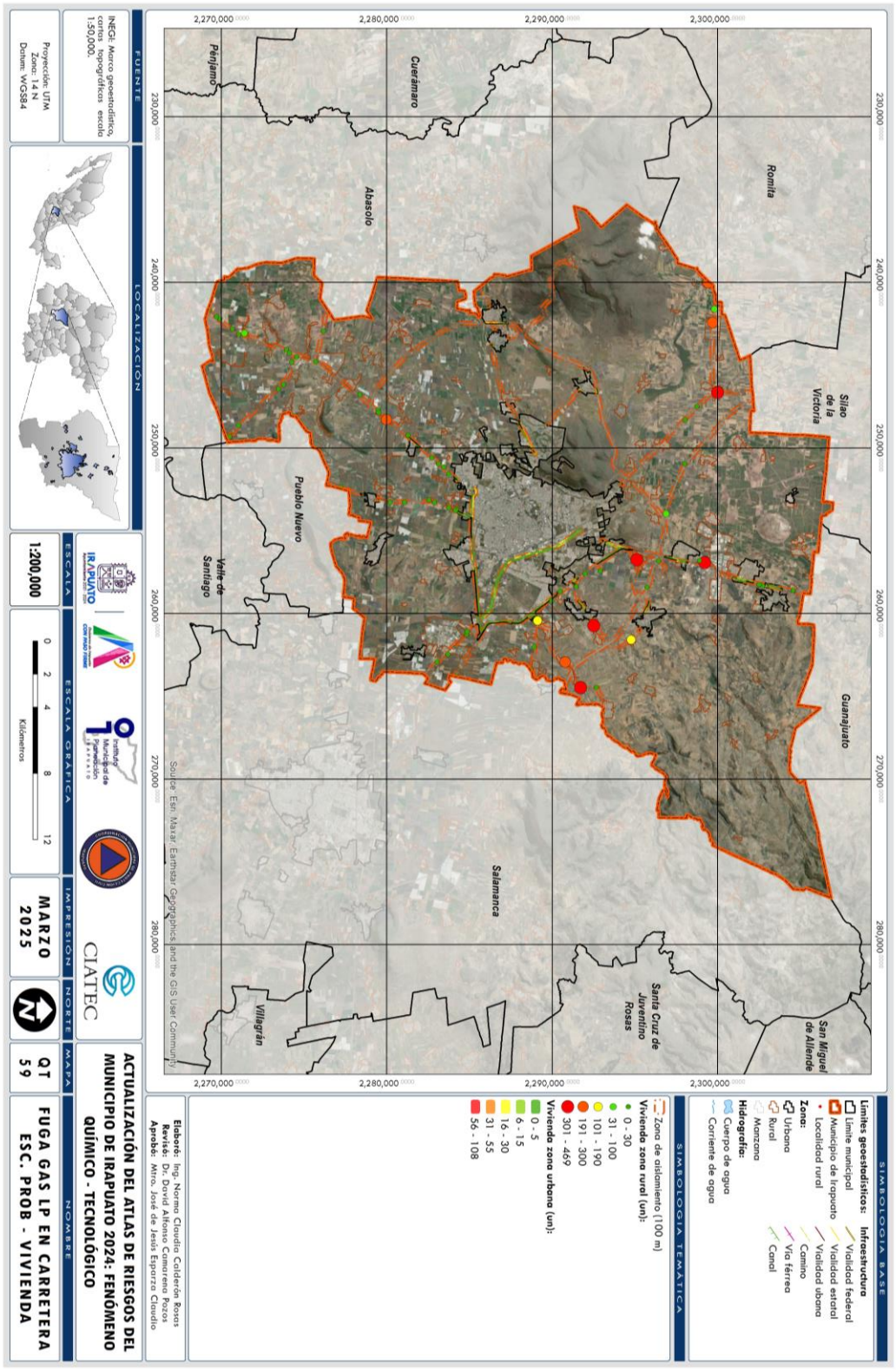
X.3 Vulnerabilidad por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas.

X.3.1 Explosión de pipa de gas en carretera

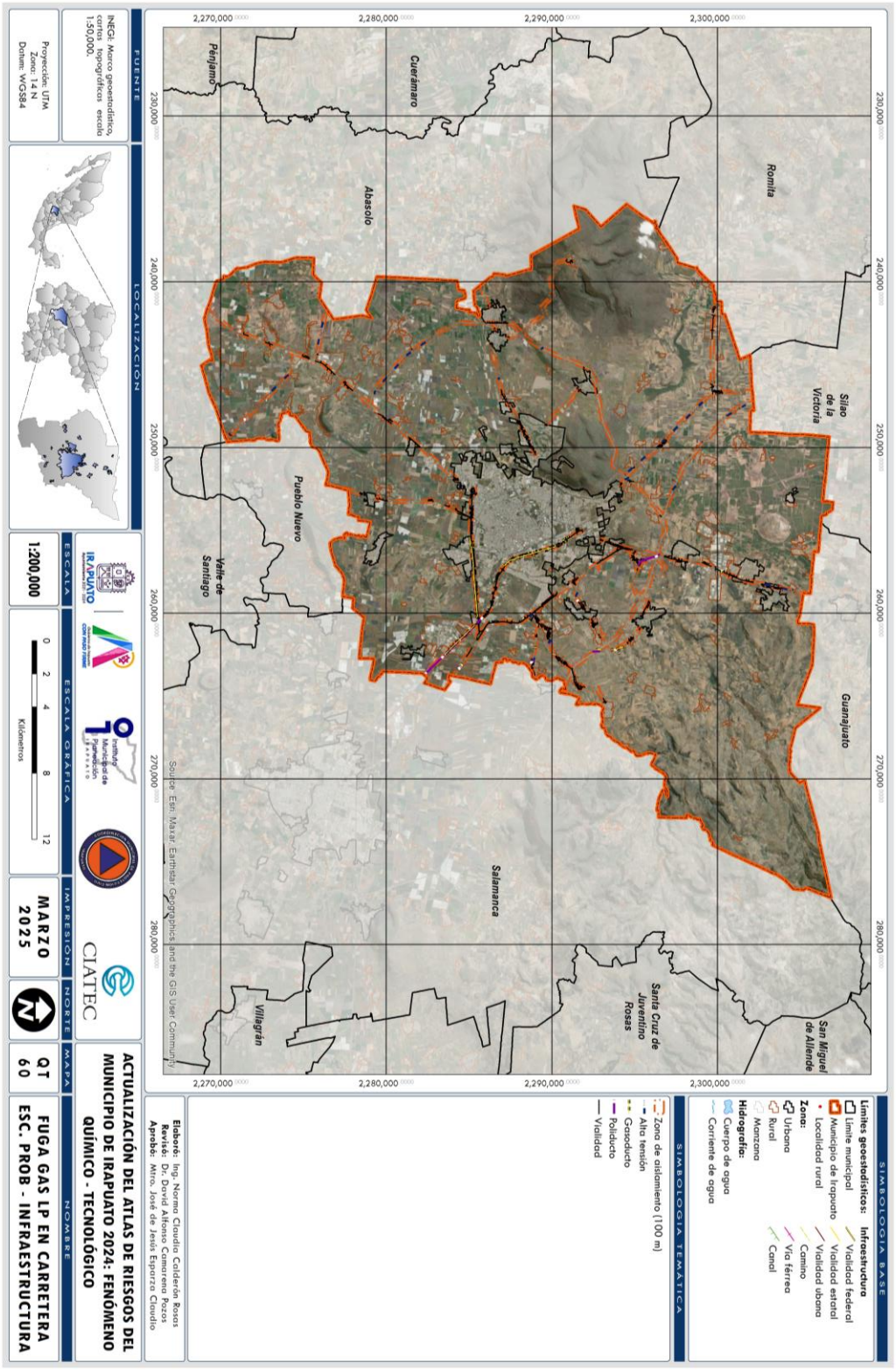
Para el caso de un evento probable asociado a la explosión de una pipa de gas en carretera, se considera una zona de aislamiento de 100 m. En el Mapa 58, Mapa 59 y Mapa 60 se muestran la población, la vivienda e infraestructura expuesta, respectivamente.



Mapa 58: Población expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable).



Mapa 59: Vivienda expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable).



Mapa 60: Infraestructura expuesta por explosión de pipa de gas LP (escenario probable).

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS a cada una de las zonas de aislamiento, se tienen los siguientes valores (ver Tabla 97).

Tabla 97: Población y vivienda expuestas por explosión de pipa de gas en carretera.

Escenario	Evento	Zona de aislamiento (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Probable	Explosión	100	11,066	3,347

Fuente: elaboración propia

Así también, dentro de las zonas de peligro están consideradas localidades que pueden ser afectadas en caso de una explosión (ver Tabla 98). Cabe señalar que se consideró la población total de acuerdo con la información del INEGI, ya que no se cuenta con una delimitación a nivel de manzana.

Tabla 98: Localidades expuestas por explosión de pipa de gas en carretera.

Escenario	Evento	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
Probable	Explosión	ExHacienda del Copal	1420	465
		Lo de Sierra	429	145
		Peñuelas	1653	469
		Purísima de Temascatío de Arriba	922	237
		Los Reyes	100	29
		San Agustín de los Tordos	1427	403
		Taretán	1398	309
		Tejamanil	998	234
		La Trinidad de Temascatío	1364	398
		El Cuello	16	9
		Colonia la Soledad	786	191
		Betania	9	3
		La Playa	290	94
		La Esperancita	35	10
		Granja Paso Blanco	9	1
		El Venadito	188	55
		La Concepción	3	3
		Rancho el Río	98	26
		Las Malvas	576	178
		Villa de Herrera	21	5
		Las Casitas	7	1
		Bajada de Cuarta Brigada	21	7
		Kilómetro 17	2	2
		Kilómetro 8	10	2
		Corralón Federal	2	1
		Granja Antonio Zavala	14	4
		El Mirador	4	1

Escenario	Evento	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
		Privada Paraíso	110	28
		Kilómetro 105	18	6
		La Paz	8	2
		Ranchito de Platas	9	5
		San Guillermo	4	1
		San José	2	1
		Tierras Negras	878	289
		La Tinajita	3	1
		Granja Villa de Guadalupe	30	8
		El Entronque UCOPI	18	5
		Kilómetro 5	7	1
		Kilómetro 8	10	2
		El Palomar	30	11
		El Triángulo	6	5
		La Concepción	3	3
		El Capricho	15	3
		El Pistache	58	17
		Granja los Girasoles	5	1
		San Miguel del Brete	3	2
		Las Presitas	68	73

Fuente: Elaboración propia

Se simuló un "**Accidente en carretera con pipa de gas LP cargada con 10,000 litros de combustible. La fuga de gas LP alcanza el punto ignición generando una bola de fuego**", por lo que se procedió a realizar los cálculos de consecuencias tanto por la intensidad de la radiación térmica, así como por la distancia de una persona durante el evento.

X.3.1.1 Por intensidad de radiación térmica

En la Tabla 99 se muestran los resultados de los cálculos para las intensidades de 4, 13 y 38 kW/m², siendo esta última la que proporciona datos de quemaduras, ya que no se obtuvieron datos de letalidad. Para las quemaduras de primer grado se obtuvo que a 95 metros el porcentaje es de 98%, mientras que para quemaduras de segundo grado es de 10% para la misma distancia.

Tabla 99: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por intensidad de la radiación térmica (38 kW/m²) de accidente de carretera con 10,000 L de gas LP.

Almacenamiento	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
Porcentaje	SD	**98 %**	**10 %**
Distancia = metros		95.62	95.62

Fuente: elaboración propia

X.3.1.2 Por distancia de la radiación térmica

En la Tabla 100 se muestran los resultados del cálculo de letalidad y daño por quemaduras en función de la distancia de las personas durante el evento; por lo tanto, la mortalidad por quemaduras se observa en un 16% a una distancia de 70 metros, y a menor distancia el porcentaje es cercano al 100%. Para las quemaduras de primer grado, la distancia de 100 metros presenta un 93% de probabilidad; para quemaduras de segundo grado, se necesitan 70 metros para tener un 90% de probabilidad de ocurrencia. En ambos casos, a menor distancia, mayor es el porcentaje de daños.

Tabla 100: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por distancia de la radiación térmica de accidente de carretera con 10,000 L gas LP.

Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
5	136.16	> 99 %	> 99.9 %	> 99.9 %
10	133.36			
15	128.89			
20	123.04			
30	108.55			
50	76.98			
70	47.14	16 %		90 %
100	36.4	SD	93 %	3.5 %

Fuente: elaboración propia

X.3.1.3 Por nube toxica

Para estos cálculos se simuló el evento "**Accidente en carretera con pipa de gas LP cargada con 10,000 litros de combustible, la fuga de gas LP fue sin punto ignición**" para lo cual los parámetros se considera el Butano como sustancia a estudiar, por lo que se toman como referencia los Niveles Guías de Exposición Aguda (AEGL-Acute Exposure Guidelines Levels). En la Tabla 101 se muestran los valores simulados para las diferentes concentraciones de butano, su duración y las distancias de afectación.

Tabla 101: Concentraciones de butano en nube tóxico para accidente en carretera de pipa con 10,000 L.

Nivel	Concentración instantánea (ppm)	Distancia (m)	Duración (min)	Efectos
AEGL-1	10,000	37.30	1:00	Se pueden experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición.
AEGL-2	24,000	23.80	1:00	Se pueden experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar.
AEGL-3	77,000	15.30	1:00	Se pueden experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte.

Fuente: elaboración propia

X.3.2 Fuga y derrame de otras sustancias químicas en carretera

Tomando como referencia la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, se presentan las zonas de aislamiento para eventos probables y catastróficos de las sustancias más comúnmente transportadas en carreteras descritas en la sección **IV.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas.**

Tabla 102: Zonas de aislamiento para sustancias peligrosas transportadas en carreteras del municipio de Irapuato

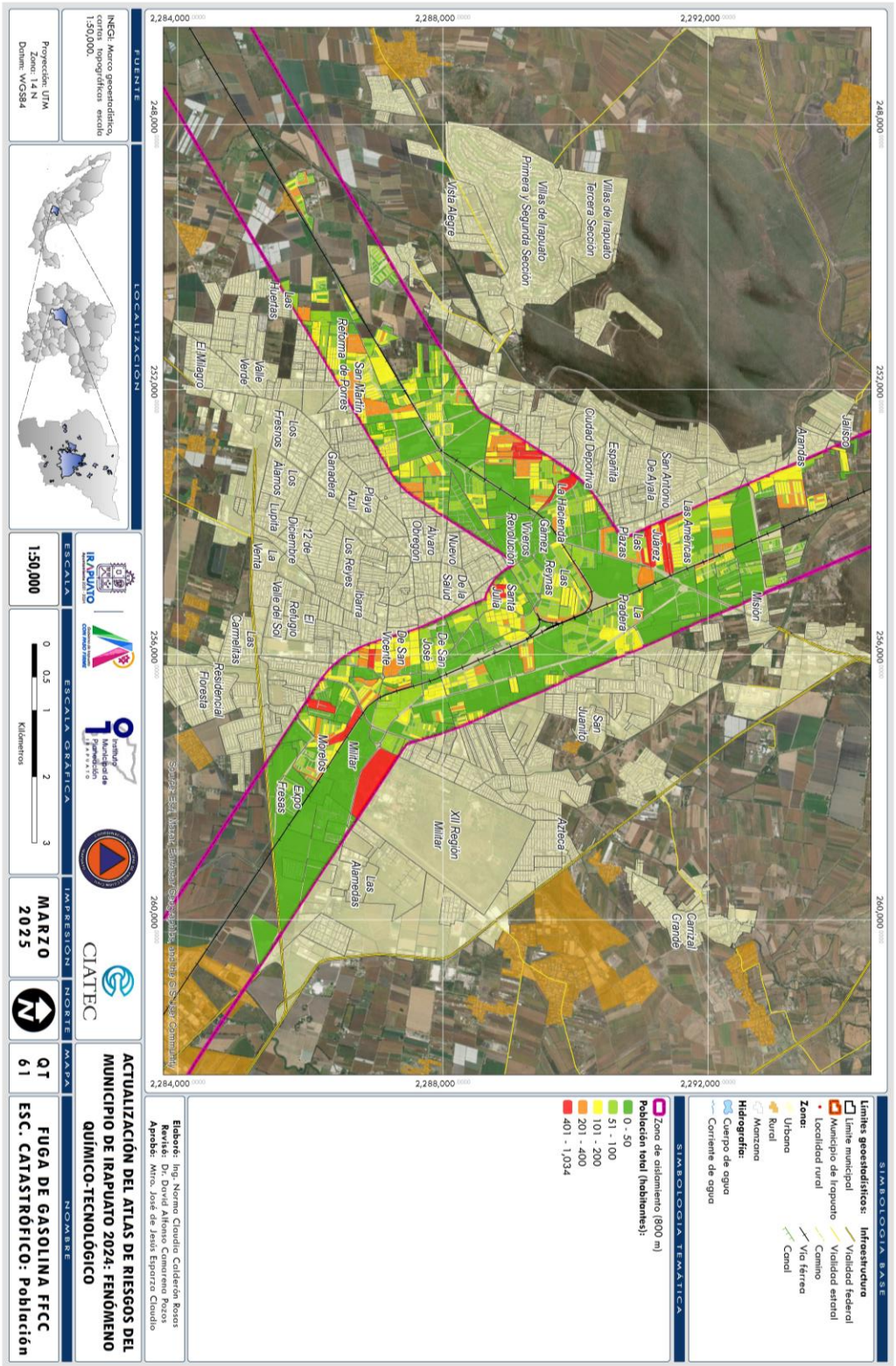
Sustancia	No. ONU	No. ID	Inmediata (m)	Caso probable (m)	Caso catastrófico (incendio involucrado) (m)
Acetileno disuelto	1001	116	100	800	1600
Ácido clorhídrico	1789	157	50	300	800
Acumuladores, eléctricos, de electrolito líquido ácido	2794	154	50	300	800
Alquitranes líquidos	1999	130	50	300	800
Amoníaco anhidro	1005	125	100	150	1600
Argón comprimido	1006	120	100	100	800
Cloruro de hierro (III) en solución	2582	154	50	300	800
Combustible para motores de turbina de aviación	1863	128	50	300	800
Destilados de petróleo N.E.P.	1268	128	50	300	800

Formaldehido en solución inflamable	1198	132	50	150	800
Gasóleo	1202	128	50	300	800
Gasolina	1203	128	50	300	800
Hidrógeno comprimido	1049	115	100	800	1600
Hidróxido de sodio en solución	1824	154	50	300	800
Líquido corrosivo, ácido inorgánico	3264	154	50	300	800
Líquido corrosivo, ácido orgánico	3265	153	50	300	800
Líquido inflamable N.E.P.	1993	128	50	300	800
Metano comprimido	1971	115	100	800	1600
Nitrógeno líquido refrigerado	1977	120	100	100	800
Oxígeno comprimido	1072	122	100	500	800
Oxígeno líquido refrigerado	1073	122	100	500	800
Propileno	1077	115	100	800	1600
Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente	3082	171	50	300	800
Sustancia sólida potencialmente peligrosa para el medio ambiente	3077	171	25	300	800

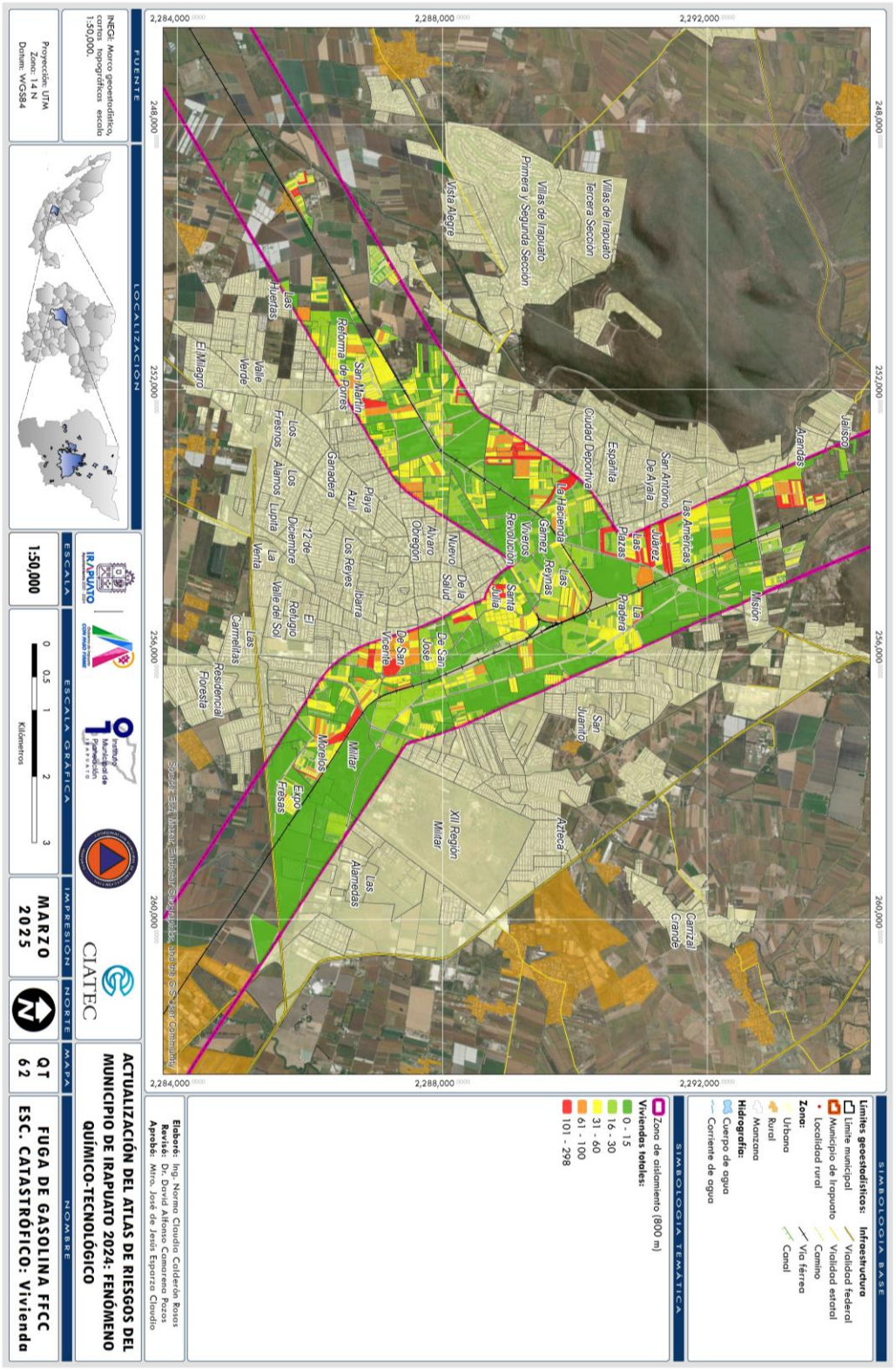
Fuente: elaboración propia

X.3.3 Derrame de gasolina en vías férreas

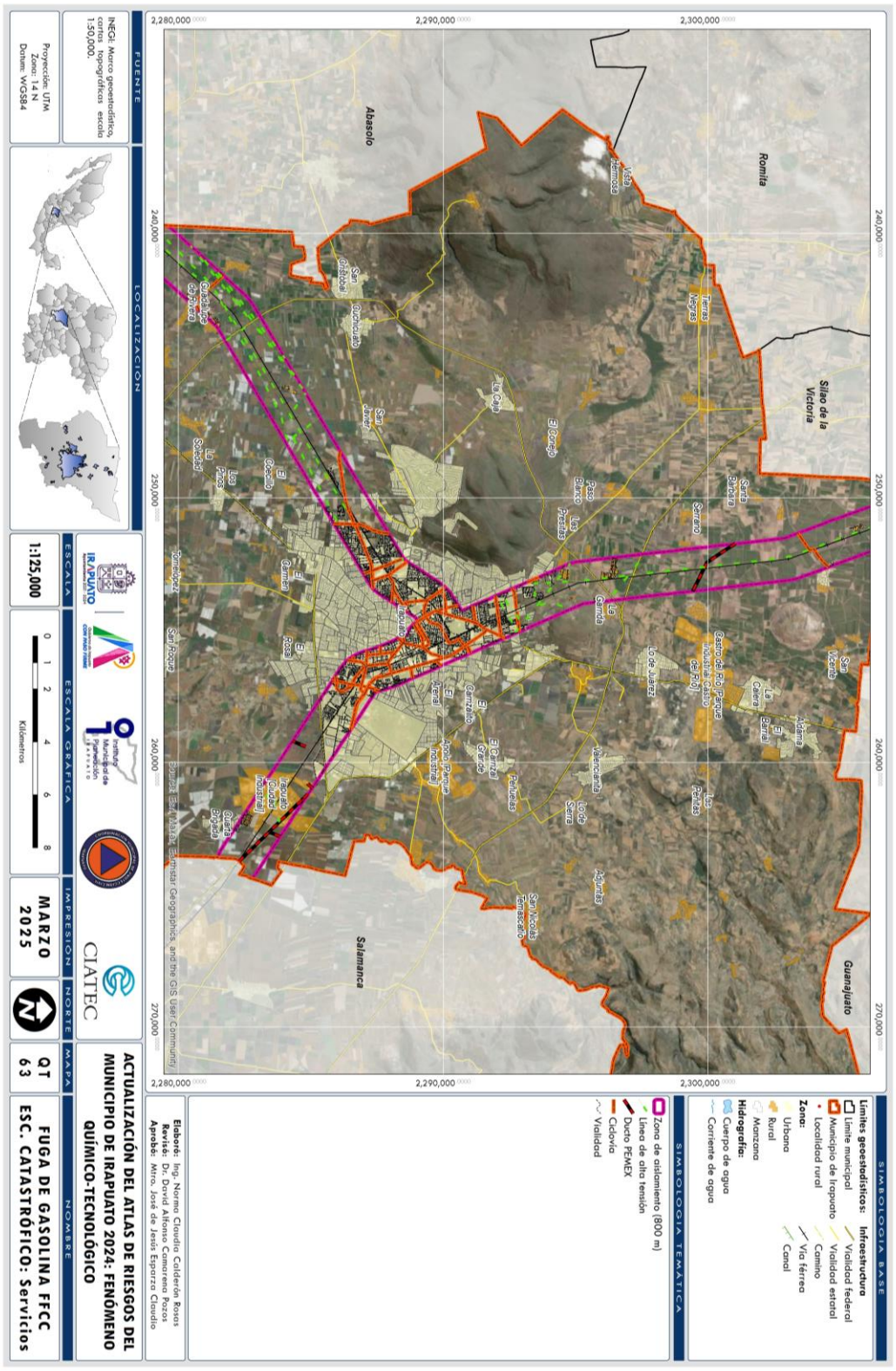
Para el caso de un evento catastrófico asociado al derrame e incendio de gasolina en vías férreas, donde se considera una zona de aislamiento de 800 m, se puede observar en el Mapa 61, Mapa 62 y Mapa 63 a la población, vivienda e infraestructura expuesta, respectivamente. En el caso del evento más probable, en donde se considera una zona de aislamiento de 50 m, se puede observar de igual manera en el Mapa 64, Mapa 65 y Mapa 66 a la población, vivienda e infraestructura expuestas.



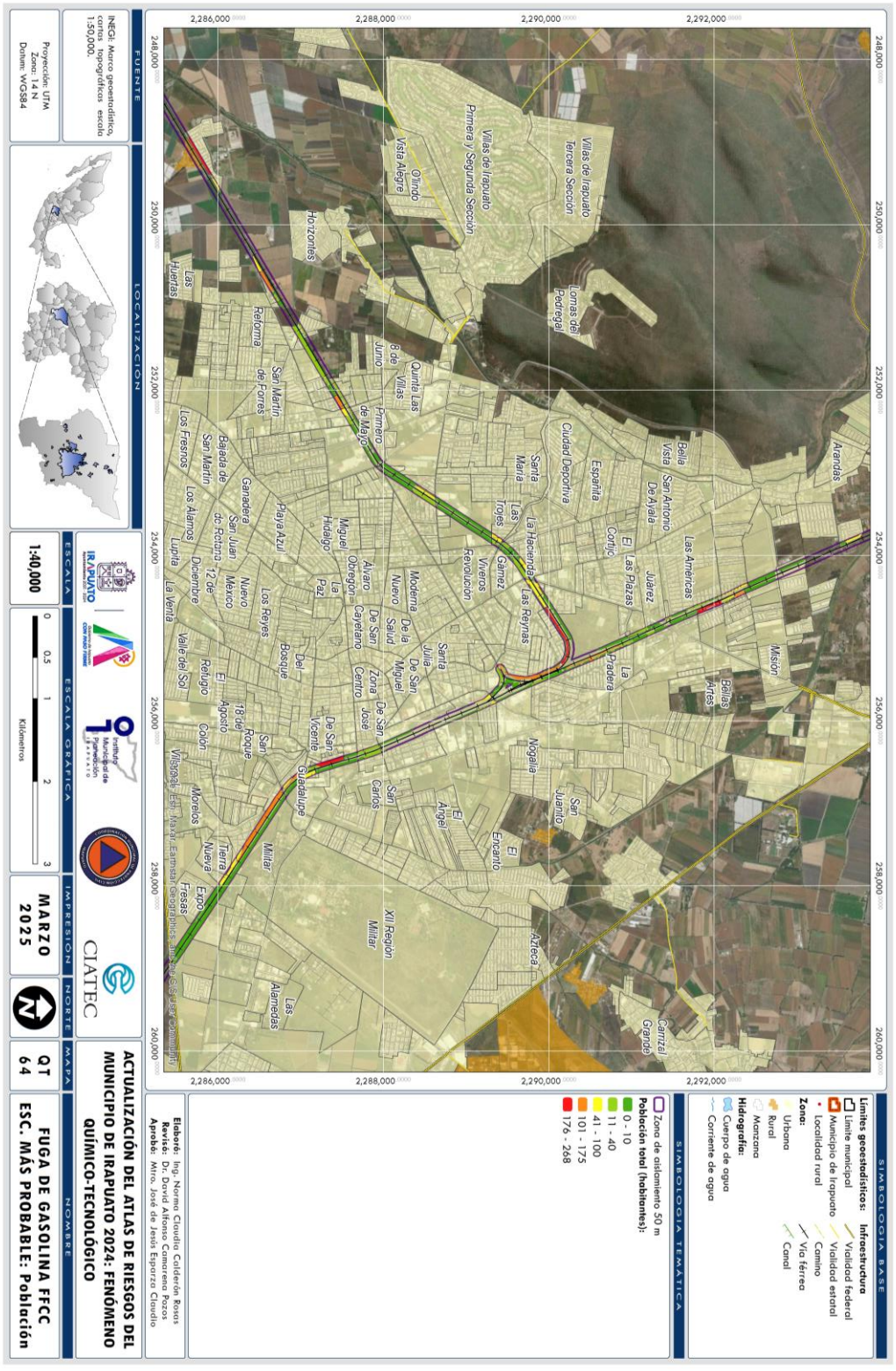
Mapa 61: Población expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico).



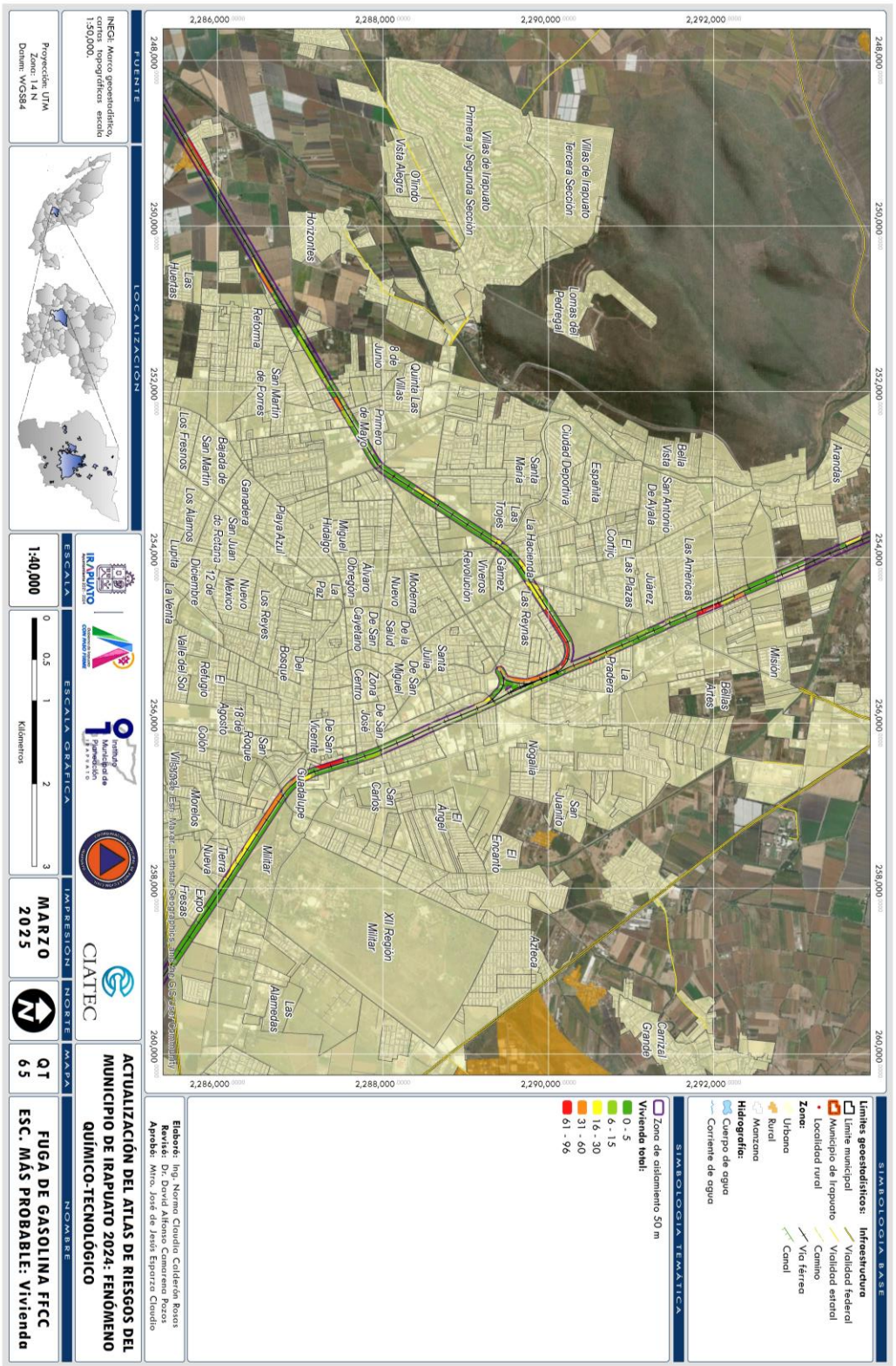
Mapa 62: Vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico).



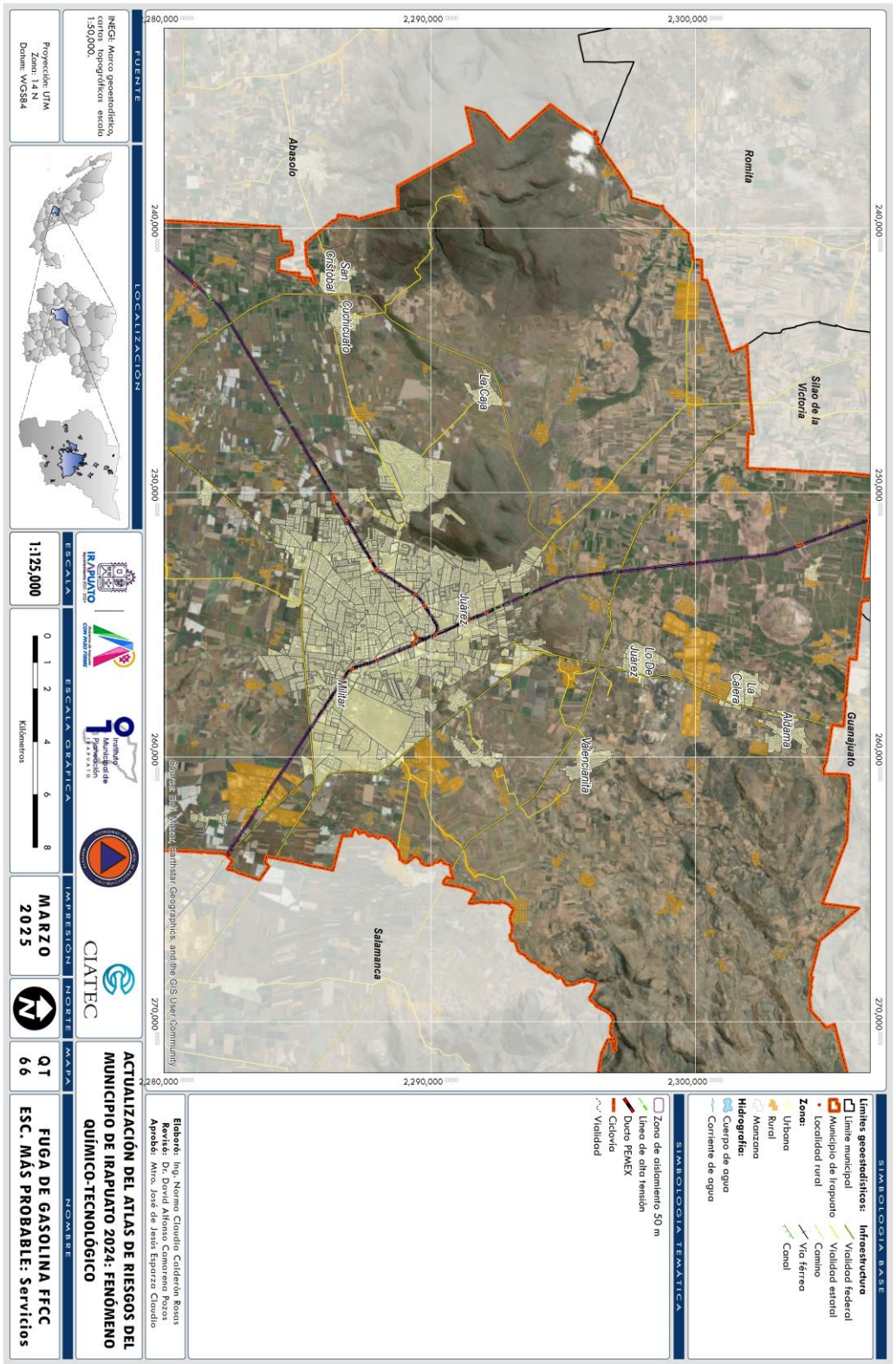
Mapa 63: Infraestructura expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario catastrófico).



Mapa 64: Población expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable).



Mapa 65: Vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable).



Mapa 66: Infraestructura expuesta por derrame de gasolina en vías férreas (escenario probable).

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS en cada una de las zonas de aislamiento, se tienen los siguientes valores (ver Tabla 103).

Tabla 103: Población y vivienda expuesta por derrame de gasolina en vías férreas.

Escenario	Evento	Zona de aislamiento (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Catastrófico	Derrame con incendio	800	138,908	46,089
Probable	Derrame	50	4,740	1,509

Fuente: elaboración propia

Se simuló el evento "**Accidente en vías del tren de vehículo carrotanque que transporta 90,000 litros de gasolina con punto de ignición generando fuego por derrame**", por lo que se procedió a realizar los cálculos de consecuencias tanto por la intensidad de la radiación térmica, así como por la distancia de una persona en el evento.

X.3.3.1 Por intensidad de radiación térmica

En la Tabla 104 se muestran los resultados de los cálculos para las intensidades de 4, 12.5 y 37.5 kW/m^2, siendo esta última la que proporciona datos de quemaduras letales con un 99.5%. Para las quemaduras de primer grado y segundo grado, el valor PROBIT queda por encima del valor máximo, que es de 99.9 %.

Tabla 104: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por intensidad de la radiación térmica de accidente de vías del tren con 90,000 L de gasolina.

Almacenamiento	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
Intensidad = kW/m^2	37.5		
Porcentaje	**99.5 %**	**SD**	**SD**
Distancia = metros	12.87		

Fuente: elaboración propia

X.3.3.2 Por distancia de la radiación térmica

En la Tabla 105 se muestran los resultados para el cálculo de letalidad y daño por quemaduras en función de las distancias de las personas durante el evento, por lo que para generar la muerte por quemaduras se tiene un 32% a una distancia de 19 metros, siendo que a menor distancia el porcentaje es cercano al 100%.

Para las quemaduras de primer grado, la distancia de 19 metros ya presenta una probabilidad mayor al 99.9%. Para quemaduras de segundo grado se necesitan 19 metros para tener un 86% de probabilidad de ocurrencia. En ambos casos, a menor distancia se incrementa el porcentaje de daños.

Tabla 105: Cálculo de PROBIT para letalidad y daño por quemaduras por distancia de la radiación térmica de accidente de vías del tren con 90,000 L de gasolina.

Distancia (m)	Intensidad (kW/m²)	Letalidad	Quemaduras de Primer Grado	Quemaduras de Segundo Grado
10.95	89.81	> 99 %	> 99.9 %	> 99.9 %
11.26	84.64			
11.66	78.79			
12.12	72.63			
13.22	60.52			
14.52	49.77			
15.96	40.83			
19.15	27.9	32%		86 %
26.11	14.49	SD	SD	SD
41.36	5.58			

Fuente: elaboración propia

X.3.3.3 Por nube toxica

Se simuló el evento "**Accidente en vía del tren de vehículo con carrotanque que transporta 90,000 litros de gasolina, se simula la nube tóxica tomando como referencia el benceno y considerando un 1.5% de concentración, sin punto de ignición**". Cabe señalar que, debido a que no hay niveles de Guías de Exposición Aguda (AEGL-Acute Exposure Guidelines Levels) específicos para gasolina, se tomó como referencia uno de los componentes de la misma, como es el benceno.

En la Tabla 106 se muestran los valores simulados para las diferentes concentraciones de benceno, su duración y la distancia a la que la población deberá estar para verse afectada.

Tabla 106: Concentraciones de benceno en nube tóxica para accidente en vías de tren con 90,000 L de gasolina.

Nivel	Concentración instantánea (ppm)	Distancia (m)	Duración (min)	Efectos
AEGL-1	130	84.70	10:00	Se pueden experimentar molestias notables, irritación o ciertos efectos asintomáticos. Estos efectos son transitorios y reversibles una vez que cesa la exposición.
AEGL-2	2,000	SD	10:00	Se pueden experimentar efectos duraderos serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar.
AEGL-3	9,700	SD	10:00	Se pueden experimentar efectos amenazantes para la vida o incluso provocar la muerte.

Fuente: elaboración propia

X.3.4 Fuga y derrame de otras sustancias químicas en vías férreas

Tomando como referencia la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, se presentan las zonas de aislamiento para eventos probables y catastróficos de las sustancias más comúnmente transportadas en vías férreas descritas en la sección **IV.2 Peligro por autotransporte y transporte ferroviario de sustancias peligrosas.**

Tabla 107: Zonas de aislamiento para sustancias peligrosas transportadas en vías del tren del municipio de Irapuato

Sustancia	No. ONU	No. ID	Inmediata (m)	Caso probable (m)	Caso catastrófico (incendio involucrado) (m)
Acetatos de butilo	1123	129	50	300	800
Ácido fosfórico, en solución	1805	154	50	300	800
Bebidas alcohólicas	3065	127	50	300	800
Cianuro de sodio, en solución	3414	157	50	300	800
Destilados de petróleo N.E.P.	1268	128	50	300	800
Gasóleo	1202	128	50	300	800
Líquido a temperatura elevada	3256	128	50	300	800
N-propanol	1274	129	50	300	800

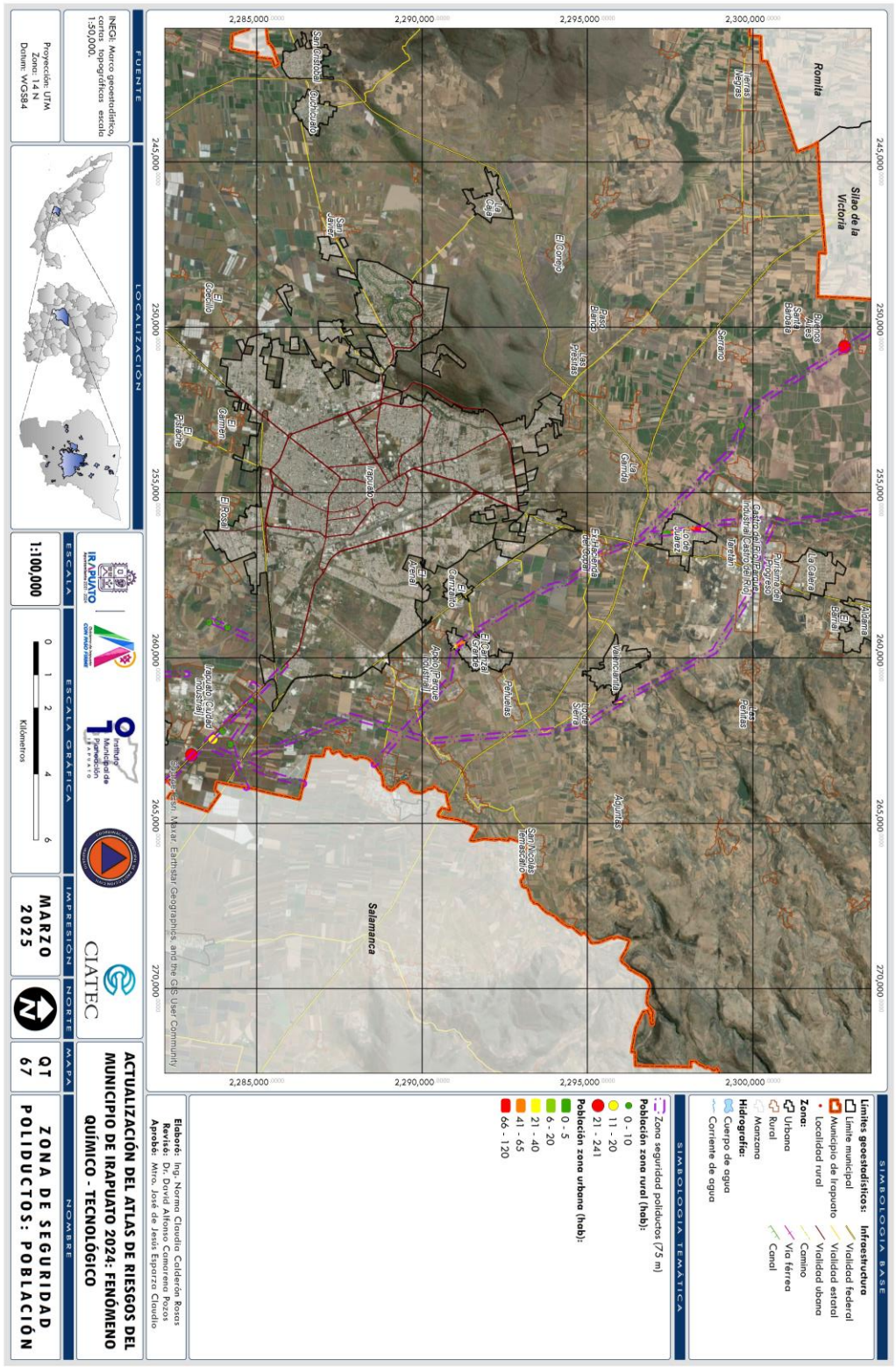
Óxido de etileno con nitrógeno	1040	119P	100	200	1600
Óxido de propileno	1280	127P	50	300	800
Peróxido de hidrógeno en solución acuosa	2015	143	50	300	800
Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente	3082	171	50	300	800
Trimetil-amina, anhidra	1083	118	100	300	1600

Fuente: elaboración propia

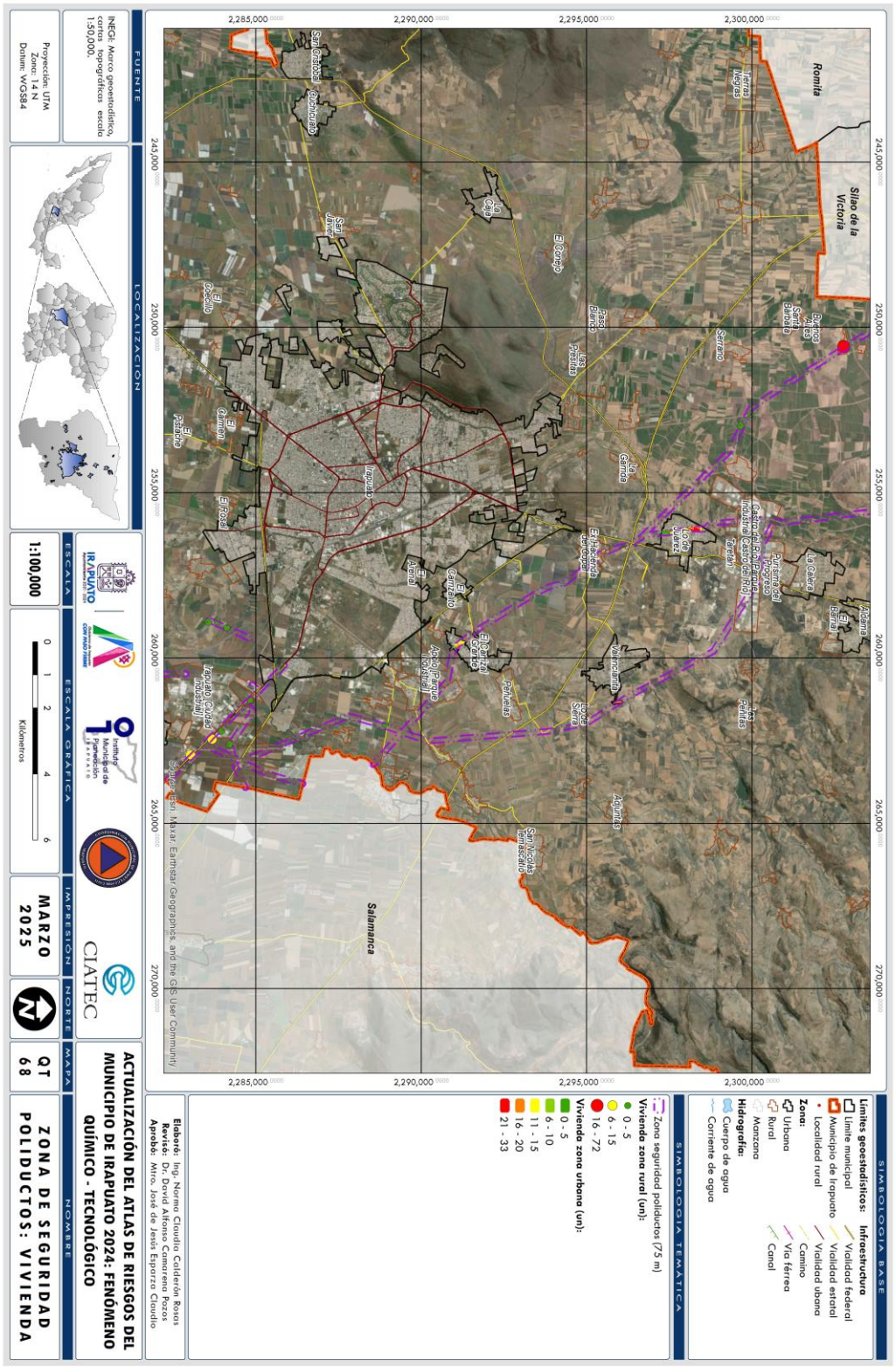
X.4 Vulnerabilidad por transporte por ductos de sustancias peligrosas.

X.4.1 Derrame de combustible en poliducto

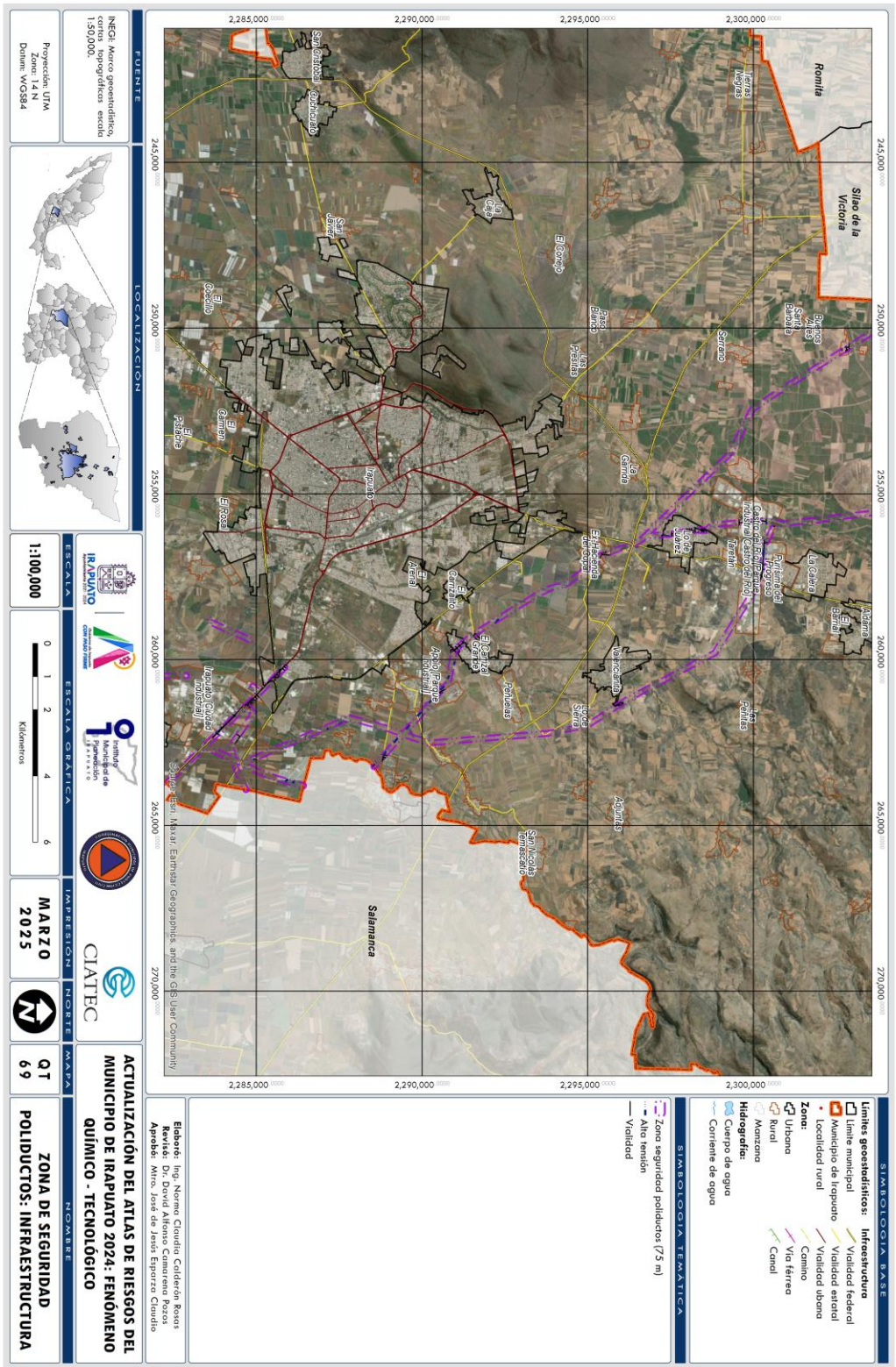
Para el caso de un evento de este tipo, se considera una zona de seguridad de 75 m. En el Mapa 67, Mapa 68 y Mapa 69 se puede observar la población, vivienda e infraestructura expuesta, respectivamente. En el caso del gasoducto se considera también una zona de seguridad de 75 m, se puede observar de igual manera en el Mapa 70, Mapa 71 y Mapa 72 a la población, vivienda e infraestructura expuesta.



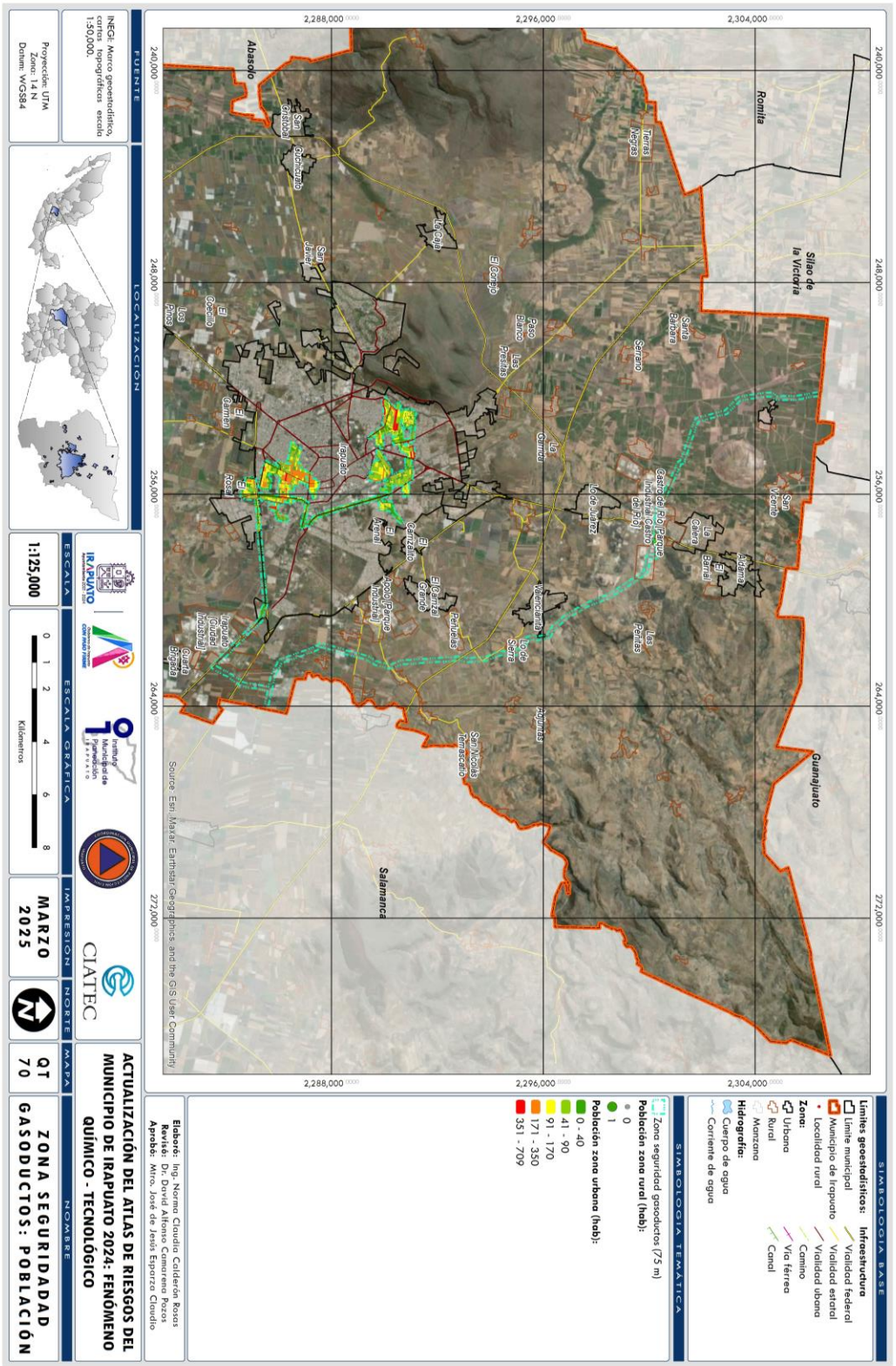
Mapa 67: Población expuesta por derrame de combustible en poliducto.



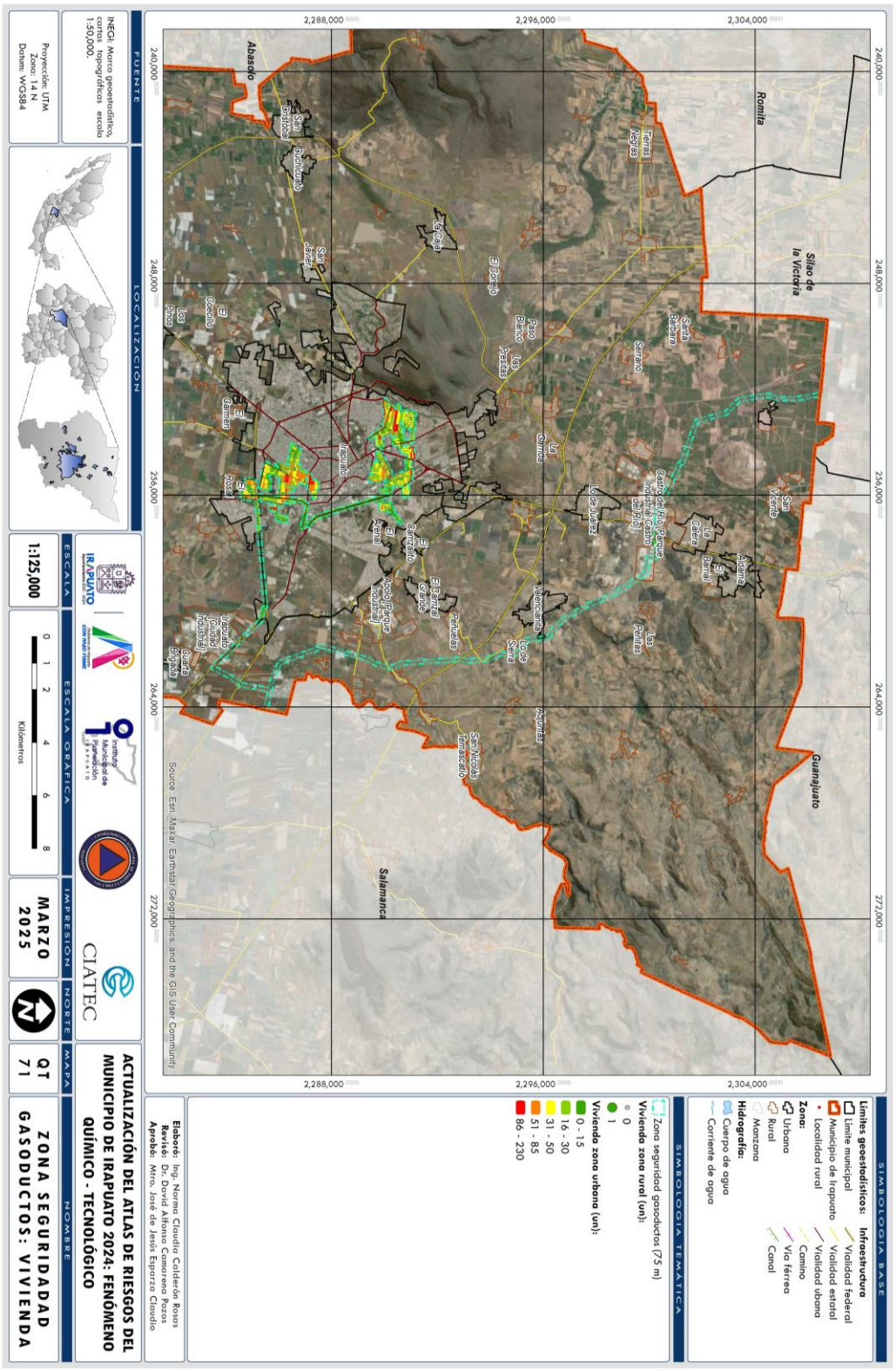
Mapa 68: Vivienda expuesta por derrame de combustible en poliducto.



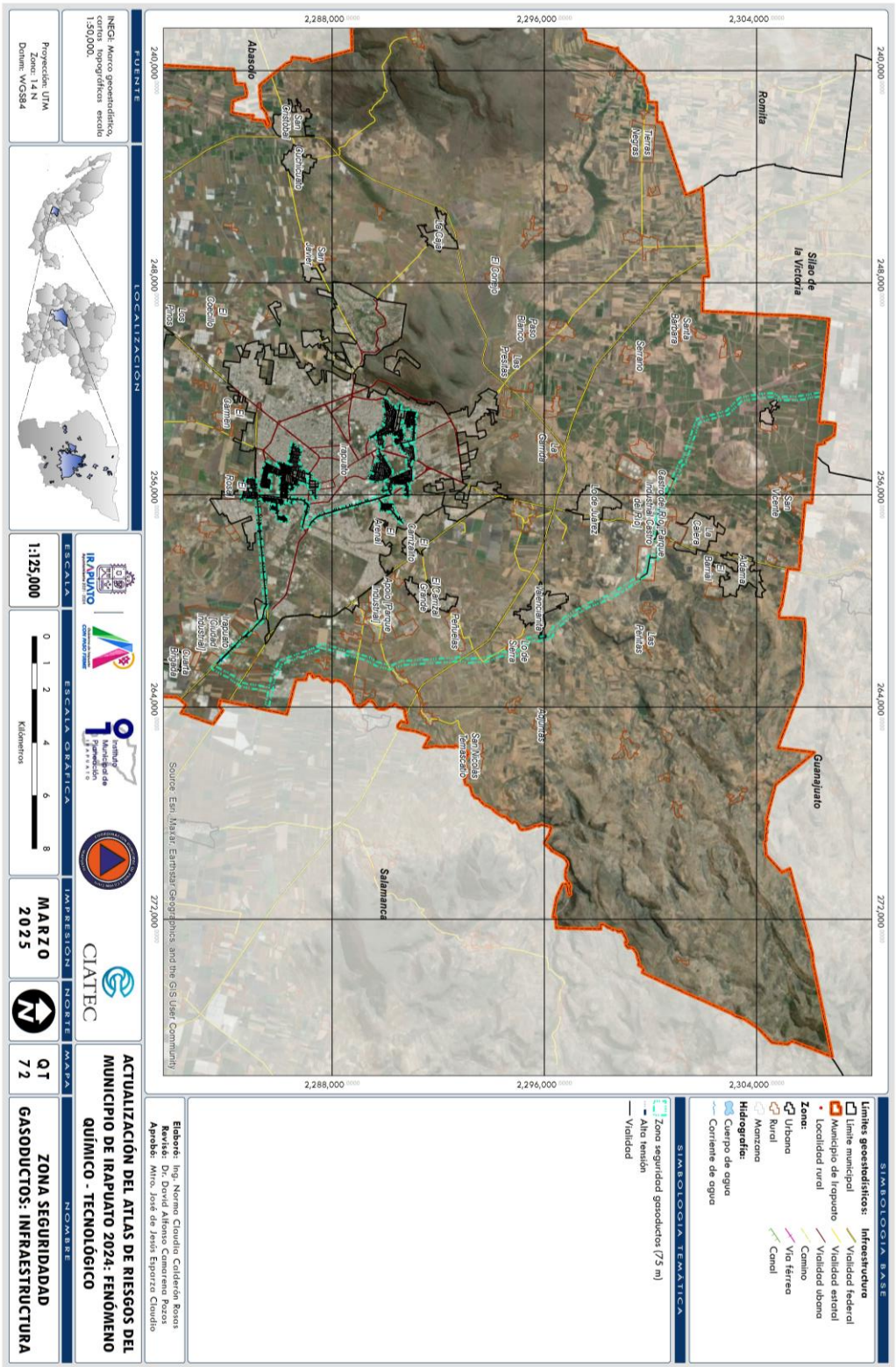
Mapa 69: Infraestructura expuesta por derrame de combustible en poliducto.



Mapa 70: Población expuesta por fuga de gas en gasoducto.



Mapa 71: Vivienda expuesta por fuga de gas en gasoducto.



Mapa 72: Infraestructura expuesta por fuga de gas en gasoducto.

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS para cada una de las zonas de seguridad, se tienen los siguientes valores (ver Tabla 108).

Tabla 108: Población y vivienda expuesta por derrame y fuga en poliducto y gasoducto, respectivamente.

Ducto	Evento	Zona de seguridad (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Poliducto	Derrame	75	1,140	323
Gasoducto	Fuga	75	69,436	22,498

Fuente: elaboración propia

Así también, dentro de las zonas de peligro están consideradas localidades que pueden ser afectadas (ver Tabla 109). Cabe señalar que se consideró la población total de acuerdo a la información del INEGI, ya que no se cuenta con una delimitación a nivel manzana.

Tabla 109: Localidades expuestas por derrame y fuga en poliducto y gasoducto, respectivamente.

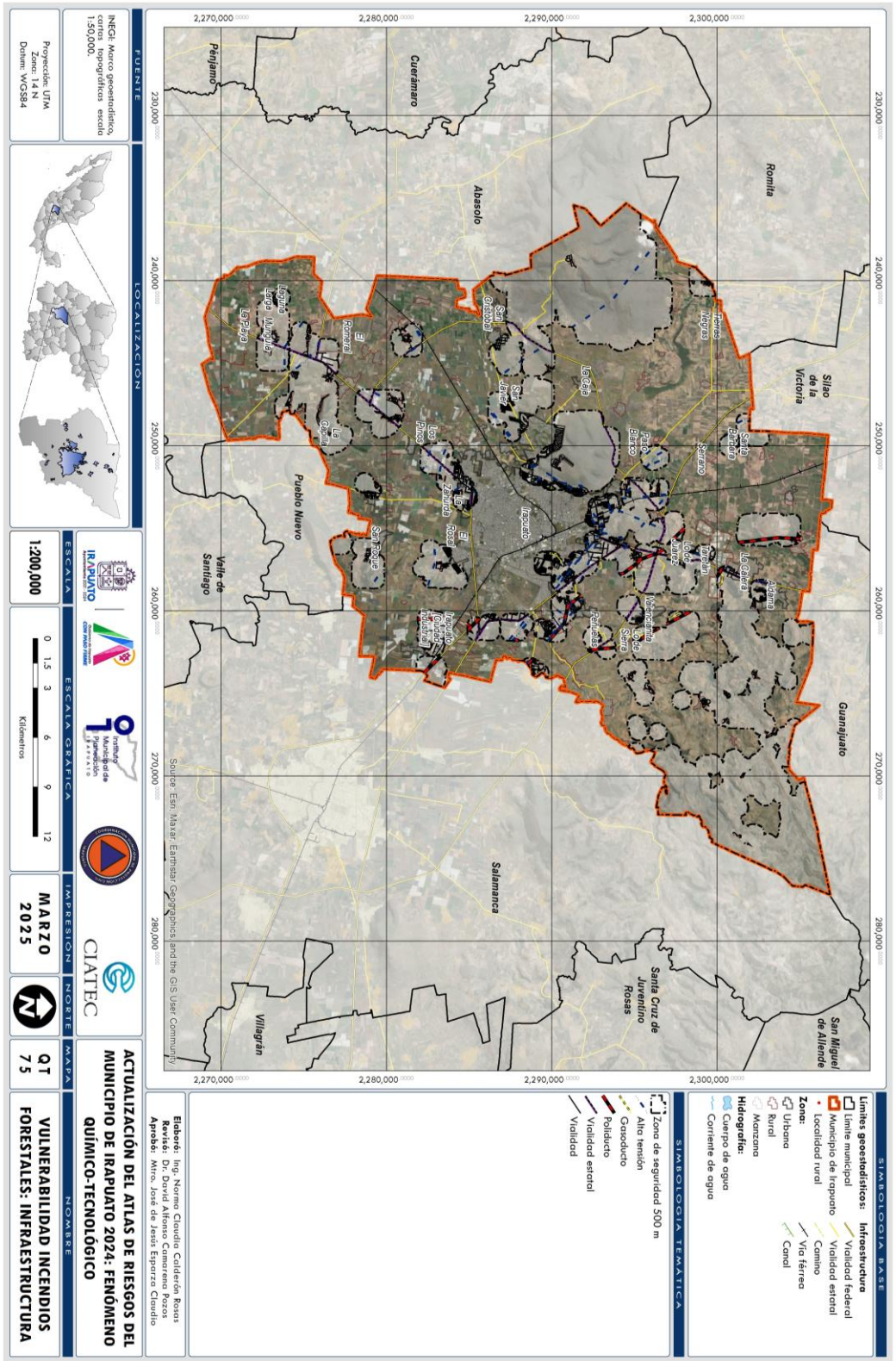
Escenario	Ducto	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
Derrame	Poliducto	Estación Vieyra	2	1
		Alto Canal	9	1
		Bajada de la Cuarta Brigada	21	7
		Kilómetro 105	18	6
		San Antonio Texas (Los Corrales)	241	72
		Vieyra	5	2
Fuga	Gasoducto	Arroyo Zarco	1	1

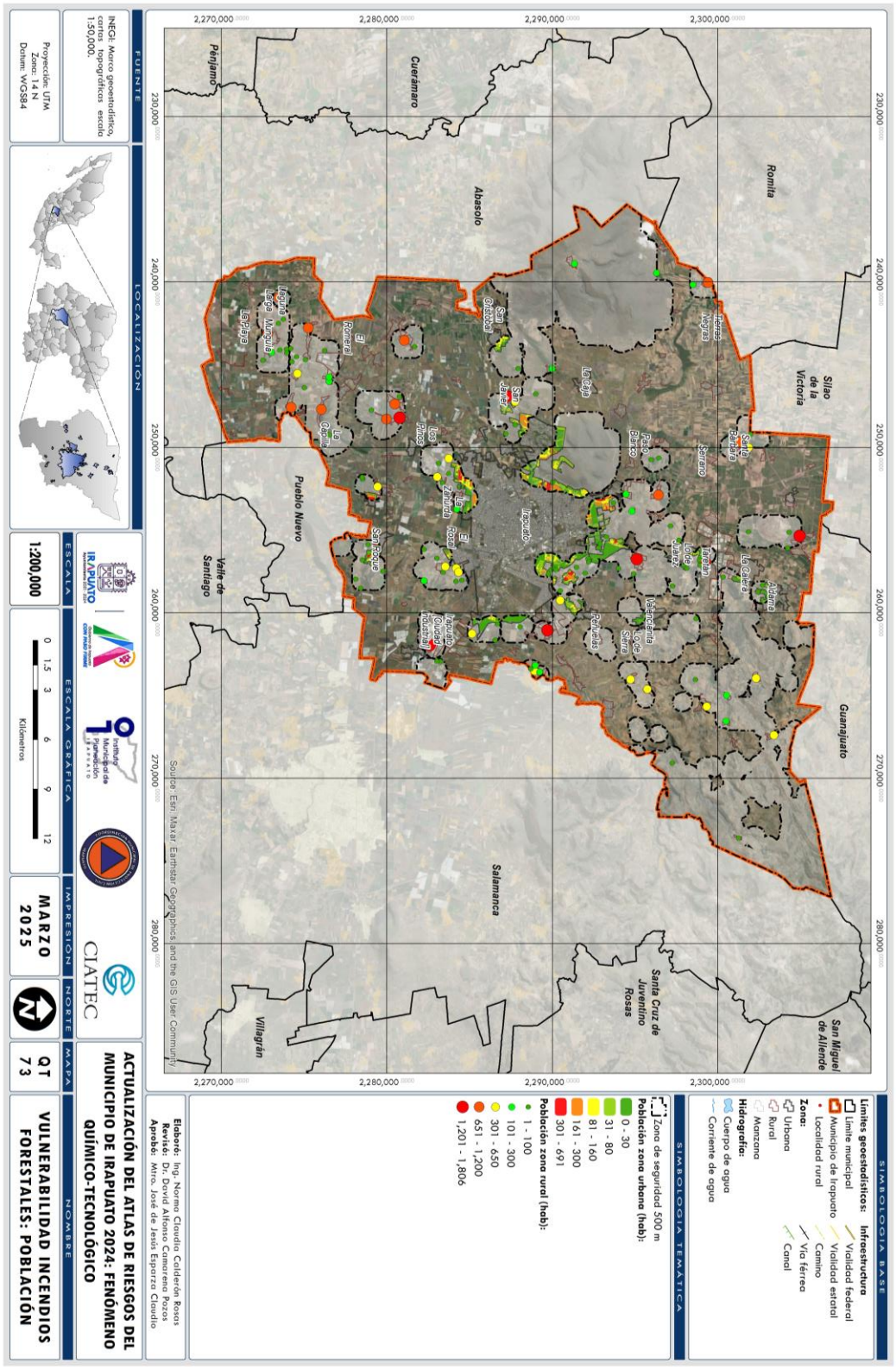
Fuente: elaboración propia

X.5 Vulnerabilidad por incendios forestales.

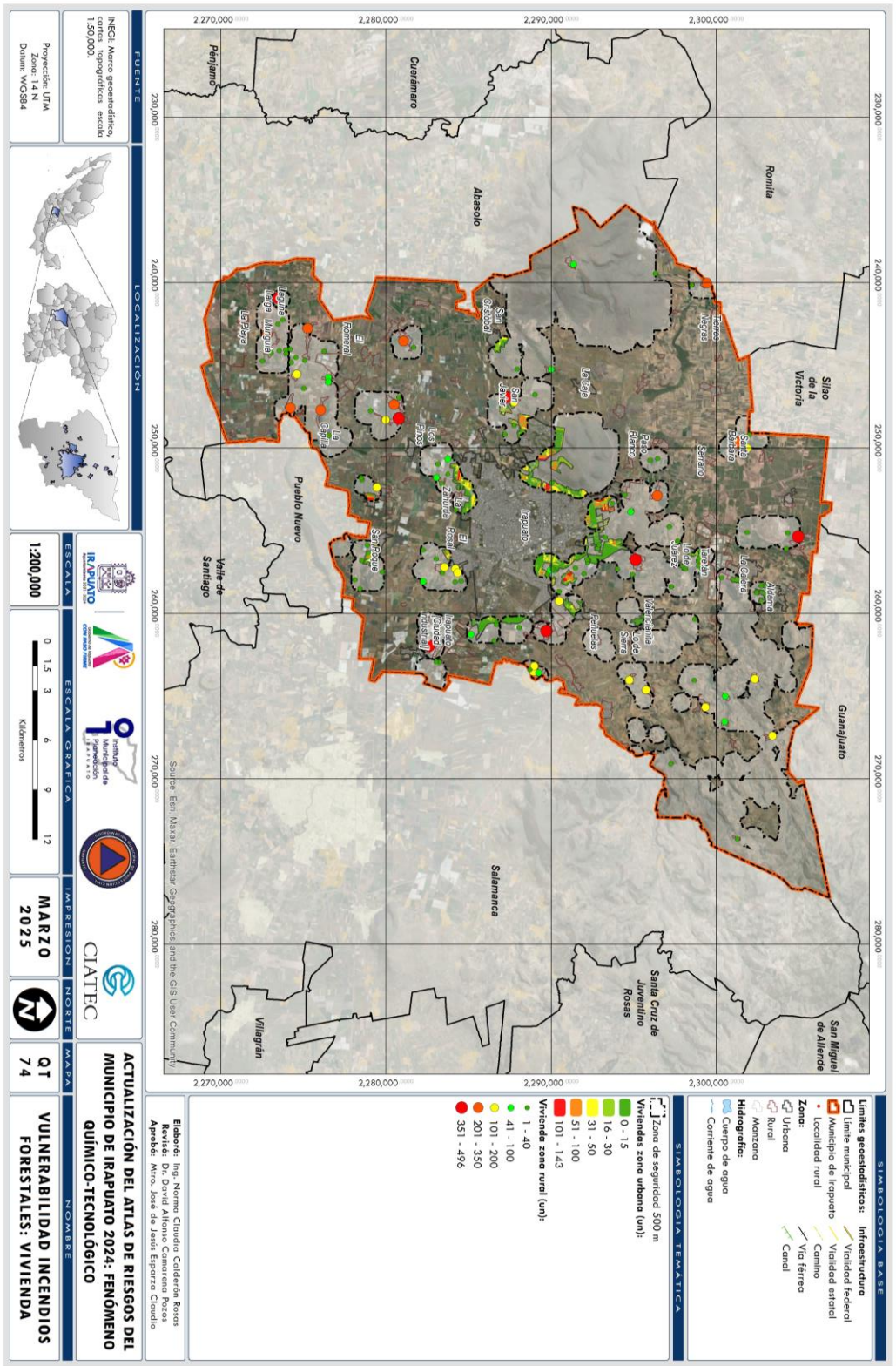
X.5.1 Incendios Forestales

Para el caso de un evento de este tipo, se considera una zona de seguridad de 500 m. Se puede observar en el Mapa 73, Mapa 74 y Mapa 75 a la población, vivienda e infraestructura expuestas, respectivamente.

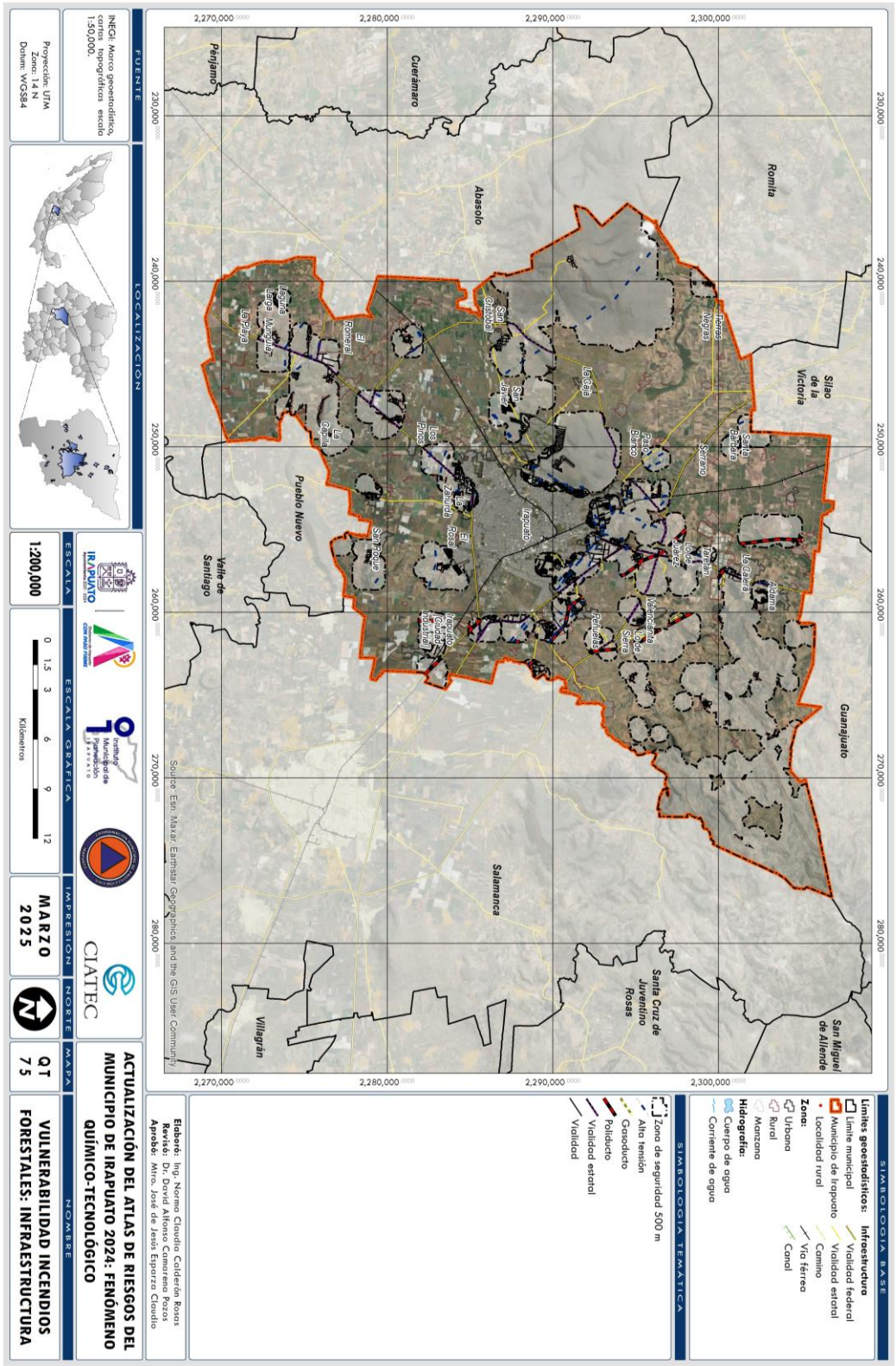

SIMBOLOGIA BASE
Límites geoestadísticos:
Límite municipal
Municipio de Irapuato
Localidad rural
Zona:
Urbana
Rural
Manzana
Hidrografía:
Cuerpo de agua
Corriente de agua
Infraestructura
Vialidad federal
Vialidad estatal
Camino
Vía férrea
Canal
SIMBOLOGIA TEMÁTICA
Zona de seguridad 500 m
Alto tensión
Gasoducto
Poliducto
Vialidad estatal
Vialidad
Elaboró: Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Revisó: Dr. David Alfonso Camorena Pozos
Aprobó: Mtro. José de Jesús Esparza Claudio
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community
Penjamo
Cuerámaro
Romita
Abasolo
Silao de la Victoria
Guanajuato
San Miguel de Allende
Pueblo Nuevo
Valle de Santiago
Salamanca
Santa Cruz de Juventino Rosas
Villagrán
Irapuato
Irapuato Ciudad Industrial
Irapuato Ciudad Industrial Sur
Irapuato Ciudad Industrial Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Norte
Irapuato Ciudad Industrial Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur Sur
Irapuato Ciudad Industrial Sur



Mapa 73: Población expuesta por incendio forestal



Mapa 74: Vivienda expuesta por incendio forestal.


SIMBOLOGIA BASE
Límites geoestadísticos:
Límite municipal
Municipio de Irapuato
Localidad rural
Zona:
Urbana
Rural
Manzana
Hidrografía:
Cuerpo de agua
Corriente de agua
Infraestructura
Vialidad federal
Vialidad estatal
Camino
Vía férrea
Canal
SIMBOLOGIA TEMÁTICA
Zona de seguridad 500 m
Alto tensión
Gasoducto
Poliducto
Vialidad estatal
Vialidad
Elaboró: Ing. Norma Claudia Calderón Rosas
Revisó: Dr. David Alfonso Camorena Pozos
Aprobó: Mtro. José de Jesús Esparza Claudio
Source: Esri, Maxar, Earthstar Geographics, and the GIS User Community
2,270,000
2,280,000
2,290,000
2,300,000
230,000
240,000
250,000
260,000
270,000
280,000
Penjamo
Cuerámaro
Romita
Abasolo
Silao de la Victoria
Guanajuato
San Miguel de Allende
Pueblo Nuevo
Valle de Santiago
Salamanca
Santa Cruz de Juventino Rosas
Villagrán
Irapuato
Jaral del Progreso
Tarimoro
Moroleón
Uriangato
Yuriria
Cortazar
Celaya
Apaseo el Alto
Apaseo el Grande
Comonfort
Huanímaro
Pueblo Viejo
Pueblo Nuevo
Ejido Pueblo Nuevo
Ejido Irapuato
Ejido Irapuato Ciudad Industrial
Ejido Irapuato Ciudad Industrial
Ejido Irapuato Ciudad Industrial

De acuerdo con el cruce de las bases de datos referentes a población y vivienda en la plataforma ArcGIS con cada una de las zonas de seguridad, se tienen los siguientes valores (ver Tabla 110).

Tabla 110: Población y vivienda expuestas por incendio forestal.

Evento	Zona de seguridad (m)	Población afectada	Vivienda afectada
Incendio forestal	500	74,257	24,442

Fuente: elaboración propia

Así también, dentro de las zonas de seguridad están consideradas localidades que pueden ser afectadas (ver Tabla 111). Cabe señalar que se consideró la población total de acuerdo a la información del INEGI, ya que no se cuenta con una delimitación a nivel manzana.

Tabla 111: Localidades expuestas por incendio forestal.

Escenario	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
Incendio forestal	Adjuntas	523	174
	Buenos Aires	486	141
	Cañada de la Muerte	425	119
	Casas Blancas	2	2
	El Cerrito de las Huertas	392	79
	Comedero Grande	389	127
	Ex-Hacienda del Copal	1420	465
	Charco Verde	9	3
	El Encino del Copal	234	85
	Estancia del Copal	138	49
	Laguna Larga	1069	404
	Ejido de Malvas (La Argolla)	1526	467
	Molino de Santa Ana	1374	353
	Munguía	826	276
	Ojo de Agua de Bermúdez	391	121
	Providencia de Pérez	1176	315
	Refugio de Munguía	109	38
	Rivera de Guadalupe	1056	293
	San Antonio de Chico	1806	456
	San Diego del Rosal (El Zorrillo)	244	81
	San Ignacio de Rivera (Ojo de Agua)	1138	330
	San Javier	1802	496

Escenario	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
	San José de los Naranjos	71	23
	Santa Bárbara	866	254
	Santa Rosa Temascatio	624	189
	La Soledad	1596	416
	Taretan	1398	309
	Tejamanil	998	234
	Tinaja de Bernales	813	249
	Valenciana de Yóstiro	247	82
	San Agustín el Alto	642	166
	El Cuello	16	9
	Nueva Colonia Copalillo	879	258
	Rancho Nuevo de Yóstiro	1046	280
	Colonia la Soledad	786	191
	Tamahula	214	75
	Granja la Estacada	17	3
	El Garbanzo	96	34
	Granja los Sauces	4	1
	Granja el Volador	5	1
	San Antonio	22	7
	San José de Bernalejo (El Ranchito)	604	168
	La Esperancita	35	10
	San José	2	1
	La Pila de los Hernández	111	27
	San Miguel del Brete	560	147
	La Concepción	3	3
	Vista Hermosa	11	4
	Los Martínez	320	87
	Ex-Hacienda de Buenavista	338	69
	Granja Hernández	23	7
	San Francisco de la Cruz	192	56
	Granja Gonzalo Gutiérrez	6	1
	La Presita de Arandas	65	18
	Fraccionamiento Anáhuac	8	3
	Sol [Agropecuaria]	2	1
	Granja el Matoche	3	2
	Granja San Vicente de Malvas	7	1
	Nueva Colonia Purísima	370	137
	Rancho el Río	98	26
	Colonia de los López	132	35
	Purísima de Temascatio de Abajo	192	80

Escenario	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
	Fracción Munguía (El Mayor)	6	2
	Colonia Arteaga	395	121
	Granja las Palmas	7	2
	Granja los Frausto	4	2
	Bajada de Cuarta Brigada	21	7
	Kilómetro 17	2	2
	El Cerrito de en Medio	9	4
	El Pirul [Granja]	10	3
	El Sauz Bendito	1	1
	No González	6	1
	Granja el Carmen	2	1
	El Mirador [Granja Avícola]	4	1
	Loma de los Conejos	311	135
	Privada Paraíso	110	28
	Granja San Miguel	39	9
	Granja Sánchez	20	4
	Granja Zavala (Granja Providencia)	74	17
	El Cazador [Granja]	18	3
	La Casa de Polo	19	4
	Arroyo Zarco	1	1
	Las Margaritas	3	2
	La Generala	5	1
	Pozo de Parras	185	54
	Pozo del Solimín	9	1
	Quinta Margarita	6	1
	Rancho Grande	35	20
	El Río	3	1
	San Judas Tadeo	20	5
	San Luis del Jínamo	289	79
	Manuel Pérez Martínez	14	3
	El Llanito	4	2
	El Barrial	76	26
	Granja la Luz	3	1
	El Entronque UCOPI	18	5
	Kilómetro Cinco	7	1
	Colonia los Laureles (Los Pirules)	232	101
	Privada Presita de San José	4	6
	Loma las Camelinas	7	1
	Granja Sanabria	4	1
	Kilómetro Ocho	10	2

Escenario	Localidad	Población afectada	Vivienda afectada
	La Granjita (Los Zepeda)	15	6
	Loma Bonita	10	3
	Los Pirinolos	7	1
	La Capilla	85	28
	Ejido de Arandas (La Jordana)	104	37
	El Jínamo	9	5
	La Concepción	11	2
	La Chicharra	2	2
	La Noria del Chino	6	1
	Cooperativa Emiliano Zapata	370	147
	Comunal Emiliano Zapata	520	192
	Granja Juan Villafaña Vázquez	7	1
	La Chilera	18	5
	El Arenal	89	41
	Granja San Charbel	6	1
	Juan Hernández	1	1
	Colonia Lomas del Pavo Real	44	13
	El Capricho [Granja]	4	7
	La Chicharrita	1	1
	Granja del Pájaro	16	5
	Díaz [Granja]	4	1
	Las Palomas [Granja]	8	2
	Lomas del Molino	17	5
	Las Longas	24	5
	Quinta Las Palmas	8	1
	Arboledas del Carmen	13	3
	Fracción Lomas de Munguía	11	10

Fuente: elaboración propia

XI. EVALUACIÓN DEL RIESGO

Para este apartado se calcularon los costos del daño esperado en la infraestructura básica para cada escenario considerado, principalmente de la vivienda dañada.

XI.1.1 Costos estimados para evento de explosión de gasera (250,000 L)

Para el caso de un evento de **explosión de gasera,** de acuerdo a los radios de afectación, predomina el tipo IV de vivienda, (muros rígidos y techos flexibles); en tanto que en algunas zonas se pueden identificar viviendas tipo V, que son las que tienen techos y muros rígidos.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por el escenario catastrófico en explosión de gaseras en zona urbana es de 8,756 viviendas, mientras que en la zona rural es de 412 viviendas, que van con costos desde $300,000.00 hasta $450,000.00 de acuerdo con el Anexo 9 del CENAPRED para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006), el monto de afectaciones promedio es de **$ 3,692,850,000.00** para la recuperación total de las afectaciones (ver Tabla 112

El número de viviendas estimado por un evento probable de explosión de gasera en zona urbana es de 2,437 viviendas, mientras que para la zona rural es de 362 viviendas, para este escenario el tipo de vivienda es de IV, con un costo promedio de $300,000.00, dando un monto total de **$839,700,000.00**, cabe señalar que el monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas (ver Tabla 112).

Tabla 112: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por explosión de gasera.

Escenario	Evento	Zona de Peligro	Zona	Viviendas afectadas	Tipo de vivienda	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Catastrófico	Explosión	Muy Bajo	Urbana	6,283	V	$ 450,000.00	$ 2,827,350,000.00
		Bajo		2,446	IV	$ 300,000.00	$ 733,800,000.00
		Medio		18		$ 300,000.00	$ 5,400,000.00
		Muy Alto		9		$ 300,000.00	$ 2,700,000.00
		General	Rural	412		$ 300,000.00	$ 123,600,000.00
						Total	**$ 3,692,850,000.00**

Escenario	Evento	Zona de Peligro	Zona	Viviendas afectadas	Tipo de vivienda	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Probable	Explosión	Muy Bajo	Urbana	1,878	IV	$ 300,000.00	$ 563,400,000.00
		Bajo		553		$ 300,000.00	$ 65,900,000.00
		Medio		6		$ 300,000.00	$ 1,800,000.00
		Muy Alto		0		$ 300,000.00	$ -
		General	Rural	362		$ 300,000.00	$ 108,600,000.00
						Total	**$839,700,000.00**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo con la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 113 muestra las líneas de alta tensión, poliductos y vías de comunicación.

Tabla 113: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por explosión de gasera.

Escenario	Evento	Líneas de alta tensión (m)	Poliductos (m)	Gasoducto (m)	Vialidades (m)
Catastrófico	Explosión	10,408	11,897	7,411	110,175
Probable	Explosión	4,944	5,868	4,767	44,011

Fuente: elaboración propia

XI.1.2 Costos estimados para evento de incendio de gasera (250,000 L)

Para el caso de **incendio de gasera** se calcularon los costos por afectación de las viviendas. En general, se tienen viviendas de tipo IV (muros rígidos y techos flexibles) y tipo V (techos y muros rígidos). Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por el escenario catastrófico en incendio de gaseras en zona urbana es de 11,550 viviendas, mientras que en la zona rural es de 439 viviendas, que van con costos desde $300,000.00 hasta $450,000.00 de acuerdo con el Anexo 9 del CENAPRED para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006), el monto de afectaciones promedio es de **$4,066,500,000.00** para la recuperación total de las afectaciones (ver Tabla 114).

El número de viviendas estimado por un evento probable de incendio de gasera en zona urbana es de 2,737 viviendas, mientras que para la zona rural es de 362 viviendas, para este escenario el tipo de vivienda es de IV, con un costo promedio de $300,000.00, dando un monto total de **$1,012,950,000.00**, cabe señalar que el monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas.

Tabla 114: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por incendio de gasera.

Escenario	Evento	Zona de Peligro	Zona	Viviendas afectada	Tipo de vivienda	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Catastrófico	Incendio	Muy Bajo	Urbana	8,418	IV	$ 300,000.00	$ 2,525,400,000.00
		Medio		2,781	V	$ 450,000.00	$ 1,251,450,000.00
		Muy Alto		351		$ 450,000.00	$ 157,950,000.00
		General	Rural	439	IV	$ 300,000.00	$ 131,700,000.00
Total							**$4,066,500,000.00**
Probable	Incendio	Muy Bajo	Urbana	2,182	IV	$ 300,000.00	$654,600,000.00
		Medio		492	V	$ 450,000.00	$221,400,000.00
		Muy Alto		63		$ 450,000.00	$28,350,000.00
		General	Rural	362	IV	$ 300,000.00	$108,600,000.00
						Total	**$1,012,950,000.00**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo a la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 115 muestra las líneas de alta tensión, poliductos y vías de comunicación.

Tabla 115: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por incendio de gasera.

Escenario	Evento	Líneas de alta tensión (m)	Poliductos (m)	Gasoducto (m)	Vialidades (m)
Catastrófico	Incendio	12,074	12,992	8,891	142,402
Probable	Incendio	5,216	7,236	4,963	47,923

Fuente: elaboración propia

XI.1.3 Costos estimados para evento de accidente en carretera (transporte de gas LP)

De acuerdo con las zonas de aislamiento determinadas para **un accidente en carretera**, en este caso considerando el transporte de gas LP, se llevó a cabo la identificación de los tipos de vivienda y se calcularon los porcentajes por tipo de vivienda observada. Con esto se calcularon los costos por afectación de las mismas. En general, predomina el tipo V que es el que tiene techos y muros rígidos, y en menor proporción las viviendas tipo IV con muros rígidos y techos flexibles.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por el escenario probable de 75 metros de aislamiento con una cantidad final de 7,093 viviendas, considerando la zona rural y urbana, en la Tabla 116 se muestran los porcentajes de las

mismas, costos y montos de cada una de acuerdo con el Anexo 9 del CENAPRED para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006), el monto de afectaciones promedio es de **$1,290,268,500.00,** cabe señalar que el monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas (ver Tabla 116).

Tabla 116: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por explosión de pipa de gas en carreteras.

Escenario	Evento	Zona de aislamiento (m)	Vivienda afectada	Tipo de vivienda	Porcentaje	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Probable	Explosión	100	3050	IV	43	$300,000.00	$914,997,000.00
			4043	V	57	$450,000.00	$1,819,354,500.00
						Total	**$ 1,290,268,500.00**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo con la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 113 muestra las líneas de alta tensión, los poliductos y las vías de comunicación.

Tabla 117: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por explosión de pipa de gas en carretera.

Escenario	Evento	Líneas de alta tensión (m)	Poliductos (m)	Gasoductos (m)	Vialidades (m)
Probable	Explosión	32,167	14,541	15,572	155,830

Fuente: elaboración propia

XI.1.4 Costos estimados para evento de accidente en vías férreas (transporte de gasolina)

De acuerdo con un evento de **accidente en vías férreas**, en este caso con derrame de gasolina, se llevó a cabo la identificación de los tipos de vivienda en las zonas de seguridad y se calcularon los porcentajes por tipo de vivienda observada. Con esto se calcularon los costos por afectación de las mismas. En general, predomina el tipo V que es el que tiene techos y muros rígidos, y en menor proporción las viviendas tipo IV con muros rígidos y techos flexibles.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por el escenario catastrófico de 800 metros de aislamiento con una cantidad final de 46,089 viviendas, el monto de afectaciones promedio es de **$20,186,982,000.00.**

El número de viviendas estimado por un evento probable de derrame de gasolina en vías férreas, con 50 metros de aislamiento es de 1,509 estructuras, siendo el tipo V el más abundante, dando un monto total de **$669,996,000.00**, cabe señalar que el monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas (ver Tabla 118).

Tabla 118: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas a derrame de gasolina en vías férreas.

Escenario	Evento	Zona de aislamiento (m)	Vivienda afectada	Tipo de vivienda	Porcentaje	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Catastrófico	Derrame con incendio	800	3,687	IV	8	$300,000.00	$1,106,136,000.00
			42,402	V	92	$450,000.00	$19,080,846,000.00
						Total	**$20,186,982,000.00**
Probable	Derrame	50	60	IV	4	$300,000.00	$18,108,000.00
			1,449	V	96	$450,000.00	$651,888,000.00
						Total	**$669,996,000.00**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo con la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 119 muestra las líneas de alta tensión, poliductos y vías de comunicación.

Tabla 119: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por derrame de gasolina en vías férreas.

Escenario	Evento	Líneas de alta tensión (m)	Poliductos (m)	Vialidades (m)
Catastrófico	Derrame con incendio	75,615	10,692	753,010
Probable	Derrame	2,619	417	52,214

Fuente: elaboración propia

XI.1.5 Costos estimados para evento de derrame de hidrocarburos en ductos

Para el evento de **derrame de hidrocarburos en ductos**, también se calcularon los porcentajes por tipo de vivienda observada, y con esto se calcularon los costos por afectación de las mismas. En general, predomina el tipo V que es el que tiene techos y muros rígidos, y en menor proporción las viviendas tipo IV con muros rígidos y techos flexibles.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por el escenario de derrame de poliducto es de 412 estructuras, considerando la zona rural y urbana; el monto de afectaciones promedio es de **$154,500,000.00.**

El número de viviendas estimado por un evento probable de fuga en gasoducto con una zona de aislamiento de 75 metros, contabilizando 22,499 viviendas con un monto total de **$ 10,057,053,000.00,** cabe señalar que el monto económico evaluado bajo los parámetros aquí descritos y no corresponde al costo real de los bienes muebles e inmuebles que pudieran existir en las zonas afectadas (ver Tabla 120).

Tabla 120: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas a derrame de gasolina en vías férreas.

Escenario	Evento	Zona de aislamiento (m)	Vivienda afectada	Tipo de vivienda	Porcentaje	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Derrame	Poliducto	75	206	IV	50	$300,000.00	$61,800,000.00
			206	V	50	$450,000.00	$92,700,000.00
						Total	**$154,500,000.00**
Fuga	Gasoducto	75	450	IV	2	$300,000.00	$134,994,000.00
			22,049	V	98	$450,000.00	$9,922,059,000.00
						Total	**$ 10,057,053,000.00**

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo a la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 121 muestra las líneas de alta tensión, poliductos y vías de comunicación.

Tabla 121: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por derrame de gasolina en vías férreas.

Ducto	Evento	Líneas de alta tensión (m)	Vialidades (m)
Poliducto	Derrame	9,586	21,102
Gasoducto	Fuga	2,620	183,177

Fuente: elaboración propia

XI.1.6 Costos estimados para evento de incendio forestal

Por último, para el cálculo de costos estimados derivados de un evento de incendio forestal, se llevó a cabo la identificación de los tipos de vivienda de acuerdo con las zonas de aislamiento dadas, se calcularon los porcentajes por tipo de vivienda observada, y con esto se calcularon los costos por afectación de las mismas. En general, predomina el tipo V que es el que tiene techos y muros rígidos, y en menor proporción las viviendas tipo IV con muros rígidos y techos flexibles.

Se estima que el número de viviendas susceptibles a afectaciones por incendio forestal es de 9,725 en zona rural y de 24,442 en zona urbana, con un total de 34,167 viviendas; en la Tabla 122 se muestran los porcentajes de las mismas, costos y montos de cada una de acuerdo con el Anexo 9 del CENAPRED para la vulnerabilidad física (CENAPRED, 2006), el monto de afectaciones promedio es de **$13,916,400,000.00.**

Tabla 122: Tipos y costos estimados de viviendas expuestas por incendios forestales.

Evento	Zona de aislamiento (m)	Vivienda afectada	Tipo de vivienda	Porcentaje	Costo por tipo de vivienda	Costos totales de viviendas
Incendio Forestal	500	9,725	IV	16	$300,000.00	$2,917,500,000.00
		24,442	V	84	$450,000.00	$10,998,900,000.00
					Total	**$13,916,400,000.00**

Fuente: elaboración propia

Por último, en cuanto a la infraestructura expuesta y de acuerdo a la base de datos recibida por IMPLAN, la Tabla 123 muestra las líneas de alta tensión, poliductos y vías de comunicación.

Tabla 123: Líneas de alta tensión, poliductos, vías de comunicación expuestas por incendio forestal.

Evento	Líneas de alta tensión (m)	Poliducto (m)	Gasoducto (m)	Vialidad estatal (m)	Vialidad municipal (m)
Incendio forestal	110,786	25,303	11,475	94,204	511,331

Fuente: elaboración propia

XII. CONCLUSIONES

- La mayoría de los reportes atendidos de eventos relacionados con el Fenómeno Químico-Tecnológico, se relacionan con fugas de gas. Estos eventos han ido incrementando a lo largo de los años, pasando de 490 eventos en el 2018 a 1,127 eventos en el 2024. Estos eventos pudieron haber generado incendios en casas habitación, edificios, bodegas y comercios, debido a los incrementos en los reportes durante 2017-2019. Sin embargo, esta información no se siguió reportando. Se insiste en mejorar el sistema de registros con el fin de que sea un instrumento de predicción. Es sumamente importante establecer medidas preventivas tanto para las empresas que comercializan gas LP (mantenimiento de cilindros de gas, válvulas, procedimientos operacionales, revisión del plan de atención a emergencia, plan contra incendio), así como la comunicación hacia los usuarios con el fin de inspeccionar posibles fugas en sus domicilios.

- De las 25,249 unidades económicas registradas en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas, 2024, el 19% (4,891) manejan sustancias químicas peligrosas. Dentro de este grupo destacan las ramas de comercialización de combustibles, gas LP, refrigeración y fabricación de hielo, tratamiento y purificación de agua, industria manufacturera, manejo de residuos peligrosos, control de plagas, empresas comercializadoras y polvorines, y otras ramas en donde se almacenan diferentes gases como hospitales, laboratorios, o se almacena gas LP como los hoteles y moteles, comercios dedicados a la elaboración de productos varios, venta de alimentos, tortillerías y panificadoras.

- En el transporte de sustancias peligrosas en carreteras, se ubicaron carreteras con frecuencias altas de vehículos que transportan sustancias peligrosas como la Carretera Federal 90 y la 45D (en donde se transportan entre 21 a 30 vehículos cada hora). Por su parte, la Carretera Federal 45 tiene una frecuencia media (11-20 vehículos cada hora) y el Blvd. Solidaridad tiene una frecuencia baja (1-10 vehículos cada hora). De manera similar, la diversidad de sustancias que se transportan en estas carreteras es alta en la Carretera Federal 90 y la 45D (entre 31-50 sustancias diferentes), media en la Carretera Federal 45 (entre 16-30 sustancias diferentes) y baja en el Blvd. Solidaridad (entre 1-15 sustancias diferentes). Predomina el transporte de gasolina y gas LP, principalmente en pipas C2 y T3-S2-R4.

- En cuanto al transporte por vías férreas, se identificó que en el tramo de la vía del tren ubicado en Paseo Irapuato se transportaron un mayor número de vagones con sustancias peligrosas (entre 41-60 vagones, principalmente de gasolina), en comparación con el tramo ubicado en Calzada de Guadalupe (entre 21-40 vagones. Sin embargo, se tiene una mayor diversidad de sustancias como ácido fosfórico en solución, gasolina, cianuro de sodio, gasóleo, entre otros).

- Para el componente del transporte de sustancias peligrosas por ductos, es sumamente importante vigilar la integridad y el mantenimiento del ducto de gas natural, ya que están expuestas cerca de 70,000 personas y aproximadamente 22,500 viviendas. Para el caso de los poliductos, la exposición es menor en comparación con el gas natural, siendo de 1,140 personas y 323 viviendas.

- Para el componente de incendios forestales, se ubicaron 7 zonas en el municipio donde ese tipo de evento puede ocurrir. En la parte central y muy cerca de la zona urbanas encuentra el Cerro de Arandas y Cerro Blanco. Al oeste se encuentra el Cerro del Huilote y el Cerro del Veinte. Al noreste tenemos la Sierra de Codornices y al sur La Capilla y La Cruz San Roque. De acuerdo a la zona de seguridad (500 m) cerca de 74, 257 personas y 24,493 viviendas están expuestas a este componente. Además de 130 localidades que se encuentran alejadas de la zona urbana.

XIII. BIBLIOGRAFÍA

Atlas Nacional de Riesgos. (13 de Diciembre de 2024). *Eventos relevantes asociados a peligros en México desde 1810*. Obtenido de Atlas Nacional de Riesgos: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/MapaFenomenos_1810.html?tab=

ATSDR. (11 de Abril de 2019). *Módulo IV – Estudio de sustancias tóxicas*. Obtenido de Curso de Toxicología para comunidades: https://www.atsdr.cdc.gov/es/training/toxicology_curriculum/modules/4/es_lecturenotes.html

Briones-Herrera CI, V.-N. D.-V.-M.-S.-R.-P.-G.-C.-C.-P.-G.-G. (2019). Modeling and mapping forest fire occurrence from aboveground carbon density in Mexico. *Forests 10*, 402.

Cartus O, K. J. (2014). A National, Detailed Map of Forest Aboveground Carbon Stocks in Mexico. . *Remote Sensing 6(6)*, 5559-5588.

CENAPRED. (2006). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y AVENIDAS SÚBITAS EN ZONAS RURALES, CON ARRASTRE DE SEDIMENTOS*. México.

CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos.* D.F.: CENAPRED.

CENAPRED. (2014). *Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de peligros y riesgos. Fenómenos Químicos.* México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.

CENAPRED. (21 de 12 de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

CENAPRED. (2021). *Riesgos Químicos.* México: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana.

CENAPRED. (2023). *Información Básica de Peligros Naturales a Nivel Municipal.* (D. d. Investigación, Ed.) Obtenido de Estado de Guanajuato, Municipio de Irapuato 11017: http://www.atlasnacionalderiesgo

s.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Guanajuato/11017.pdf

CENAPRED. (22 de Agosto de 2024). *Declaratorias*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

Chemos GmbH & Co. (2024). *Ficha de datos de seguridad para Amoniaco Anhidro*. Altdorf, Alemania: Chemos GmbH & Co. .

CIATEC. (2008). *Atlas de Riesgo Laboral de la Terminal de Almacenamiento y Reparto de Irapuato, Gto*. León, Guanajuato: CIATEC.

CONAGUA. (12 de Agosto de 2023). *Gerencia de Aguas Subterráneas*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAPO. (4 de Octubre de 2021). *CONAPO*. Obtenido de IMU_2020: https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONEVAL. (3 de Diciembre de 2019). *Documentos*. Obtenido de Dirección de Información y Comunicación Social: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/NOTA_INFORMATIVA_DIA_INTERNACIONAL_PERSONAS_CON_DISCAPACIDAD.pdf

CONUEE. (2016). *Gas licuado de petróleo*. Ciudad de México: Dirección de Movilidad y Transporte.

Diario Oficial de la Federación. (2024). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. México: H. Congreso de la Unión.

DOF. (2003). *Norma Oficial Mexicana NOM-087-SEMARNAT-SSA1-2002. Protección Amiental - Salud ambiental - Residuos Peligrosos Biológico-Infecciosos - Clasificaciónn y especificaciones de manejo*. México: Diario Oficial de la Federación.

DOF. (21 de Diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Eaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Diario Oficial de la Federación*, pág. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf.

EM-DAR, C. (23 de 08 de 2024). *UCLouvain*. Obtenido de https://www.emdat.be/

EPA. (1999). *Desinfección con ozono*. Washington: United States Environmental Protection Agency.

Flores-Garnica JG., B.-S. J.-A.-M.-R.-D. (2016). *Descripción de variables para definición de peligro de incendios forestales en México*. Tepatitlán de Morelos, Jalisco: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Garza-Ayala, S. (2015). *Análisis de Riesgos/Peligros en los Procesos*. México: Dinámica Heurística S.A. de C.V.

Guanajuato, H. C. (21 de 9 de 2018). *H. Congreso Estado Guanajuato*. Obtenido de LXV Legislatura: https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/1431/Ley_de_Protecci_n_Civil_para_el_Estado_de_Guanajuato_20181010.pdf

Guimaraens-Juanena, D. (2004). *Exposición dérmica laboral.* Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Hernández-García C., H.-O. J.-C. (2003). *Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos.* Puebla: 7º Congreso Internacional de Ductos.

IMPLAN. (2013). *ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE IRAPUATO 2013.* Irapuato: IMPLAN IRAPUATO.

INEGI. (20 de Septiembre de 2020). *Datos*. Obtenido de Temas: https://www.inegi.org.mx/datos/

INEGI. (2020). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda 2020: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469

INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*.

INEGI. (25 de 1 de 2021). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda - 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. (2023). *Sistemas de consulta*. Obtenido de Publicaciones: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007073

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Programas*. Obtenido de Panorama: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/

INIFAP. (2018). *Cartografía Estatal de Áreas Prioritarias contra Incendios Forestales en la República Mexicana.* Tepatitlán de Morelos, Jalisco: Instituto nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

INSST. (1991). *NTP 291: Modelos de vulnerabilidad de las personas por accidentes mayores: método Probit.* Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

IPLANEG. (2021). *Censo 2020*. Obtenido de Guanajuato: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/resultados-del-censo-2020/

Lees, F. (1980). *Lost prevention in the process industries. Vol. 1.* London y Boston: Butterworth´s.

León, H. A. (14 de 5 de 2020). *H. Ayuntamiento de León*. Obtenido de Normativa municipal: https://apps.leon.gob.mx/aplicaciones/normasleyes/public/documentos/202005151238560.REGLAMENTO%20DEL%20SISTEMA%20MUNICIPAL%20DE%20PROTECCION%20CIVIL.pdf?normaPage=3

Leyte-Manrique A, M.-C. J.-M. (2016). Variación estacional de la herpetofauna en el cerro del Veinte, Irapuato,Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 6.

Mehta, A. (1973). *Measurement of Flammability and Burn Potential of Fabrics.* Cambridge: Fuels Research Laboratory.

Monjarás-Vega NA, V.-N. D.-H.-M.-R.-G.-F.-S.-C. (2019). Modeling and mapping fire risk from human factors in Mexico. *Proceedings for the 6th International Fire Behavior and Fuels Conference*.

Naturgy. (2025). *Negocios*. Obtenido de Naturgy: https://www.naturgy.com.mx/blog/negocios/cuanto-gas-consume-un-horno-de-panaderia/#:~:text=Hornos%20de%20convecci%C3%B3n:%20Consumen%20entre,m%C2%B3%20de%20gas%20por%20hora.

OMS. (2009). *Ozono*. España: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo.

PNUD. (20 de 6 de 2011). *PNUD*. Obtenido de Gestión del riesgo urbano: https://www.undp.org/es/publications/gestion-del-riesgo-urbano

PROFEPA. (26 de Octubre de 2022). *Emergencias químicas en México*. Obtenido de Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente: https://www.gob.mx/profepa/articulos/emergencias-quimicas-en-mexico?idiom=es

Río-Varela P, N.-S. A.-Á.-M.-A.-M. (2020). Geología y estructura de las sierras de Guanajuato y Codornices, Mesa Central, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana 72*, e071019.

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2021). *Guía Práctica sobre Riesgos Químicos.* Ciudad de México: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana & CENAPRED.

Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. (2021). *Guía Práctica sobre Riesgos Químicos.* Ciudad de México: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana y CENAPRED.

Secretaría del Agua y Medio Ambiente. (Junio de 2025). *Áreas Naturales Protegidas*. Obtenido de Agua y Medio Ambiente: https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/areas-naturales-protegidas/1/Cerro-de-Aranda

SEDATU. (2018). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*.

Obtenido de Subsecretaría de Ordenamiento Territorial: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

SEGOB. (01 de 04 de 2022). *Unidad de Política Migratoria*. Obtenido de Documentos: http://www.politicamigratoria.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/diag_Guan.pdf

SEMAR, C. C. (2020). *Manual de Usuario del Sistema de Predicción de Peligro de Incendios Forestales (SPPIF) de México*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

SINAPROC. (6 de 6 de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de INDESOL: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-civil-60762

SMAOT. (2021). *SEBIO-GTO*. Obtenido de Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato: http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/

SSE. (2023). *Secretaria de Seguridad Pública*. (C. E. Guanajuato, Ed.) Obtenido de Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato: https://drive.google.com/file/d/1EdrxndRVEdc3JD7k-mWDpXYifISphH_6/view?pli=1

UNDRR. (18 de 12 de 2019). *UNDRR*. Obtenido de UN: https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20240923

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENO SANITARIO – ECOLÓGICO

2025

Responsable del fenómeno:
Dra. Oriana Landa Cansigno

Colaboradores:
Ing. Catalina Leticia De La Rosa Juárez
Dr. Domancar Orona Tamayo
Dra. Elizabeth Quintana Rodríguez
M.C. José de Jesús Esparza Claudio
Dr. José Octavio Saucedo Lucero
Ing. Miroslava Alejandra Silva Goujon

Índice

I. Introducción 1005
II. Objetivo 1007
III. Antecedentes 1009
IV. Metodología 1011

IV.1 Recopilación de información 1011

IV.2 Epidemias 1012
IV.2.1 Descripción de la infraestructura de salud 1012
IV.2.2 Determinación de indicadores epidemiológicos 1012
IV.2.3 Selección y descripción de principales enfermedades 1014

IV.3 Plagas 1015
IV.3.1 Identificación de plagas según su afectación 1015
IV.3.2 Determinación del peligro 1017
IV.3.3 Estimación de la vulnerabilidad 1022
IV.3.4 Determinación del riesgo 1037

IV.4 Contaminación de agua 1041
IV.4.1 Identificación de sitios contaminados 1041
IV.4.2 Determinación del peligro 1048
IV.4.3 Estimación del índice de vulnerabilidad social 1049

IV.5 Contaminación de suelo 1052
IV.5.1 Identificación de sitios contaminados 1052
IV.5.2 Determinación del peligro 1054

IV.6 Contaminación de alimentos 1055

IV.7 Contaminación de aire 1057
IV.7.1 Identificación de sitios contaminados 1058
IV.7.2 Descripción del sistema de monitoreo de calidad del aire 1059
IV.7.3 Determinación del peligro 1059
V. Búsqueda hemerográfica 1065
VI. Desarrollo del taller con dependencias 1069

VI.1 Metodología 1069

VI.2 Resultados 1070
VII. Resultados 1073

VII.1 Epidemias 1073
VII.1.1 Infraestructura de salud 1073
VII.1.2 Análisis para seleccionar las principales enfermedades a nivel municipal .. 1081
VII.1.3 Infecciones respiratorias agudas (J00-J06, J20, J21, excepto J02.0 Y J03.0) . 1085
VII.1.4 Neumonías y bronconeumonías (J12-J18, excepto J18.2, J13 y J14) 1088
VII.1.5 Influenza (J09-J11) 1090
VII.1.6 COVID-19 (U07-U07.2) 1093
VII.1.7 Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas (A04, A08-A09 excepto A08.0) 1096
VII.1.8 Intoxicación por picadura de alacrán (T63.2, X22) 1098
VII.1.9 Mordeduras por perro (W54) 1101
VII.1.10 Varicela (B01) 1104
VII.1.11 Otras enfermedades 1106

VII.2 Plagas 1110
VII.2.1 Identificación de insectos, plagas y enfermedades en el sector agrícola. .. 1110
VII.2.2 Peligro por plagas del sector agrícola 1118
VII.2.3 Sistemas expuestos del sector agrícola 1124
VII.2.4 Vulnerabilidad por plagas del sector agrícola 1127
VII.2.5 Riesgo por plagas del sector agrícola 1131
VII.2.6 identificación de plagas del sector forestal 1135
VII.2.7 Peligro por plagas del sector forestal 1143
VII.2.8 Sistemas expuestos del sector forestal 1155
VII.2.9 Vulnerabilidad del sector forestal 1165
VII.2.10 Ecosistemas con vulnerabilidad Muy Alta 1168
VII.2.11 Ecosistemas con vulnerabilidad Alta 1170
VII.2.12 Ecosistemas con vulnerabilidad Media 1170
VII.2.13 Ecosistemas con vulnerabilidad Baja a Muy Baja 1170
VII.2.14 Riesgo del sector forestal 1171
VII.2.15 Identificación de plagas urbanas relacionadas con el arbolado urbano 1176
VII.2.16 Peligro del sector urbano relacionado con plagas relacionadas con el arbolado urbano 1179
VII.2.17 Vulnerabilidad de los sistemas urbanos relacionado al sistema arbolado urbano 1189
VII.2.18 Riesgo del sistema urbano relacionado con plagas del arbolado urbano 1202
VII.2.19 Identificación de plagas del sector urbano 1207

VII.3 Contaminación del agua 1213
VII.3.1 Sitios contaminados identificados 1213
VII.3.2 Peligro 1244
VII.3.3 Vulnerabilidad 1246

VII.4 Contaminación de suelo 1259
VII.4.1 Inventario de pasivos ambientales 1259
VII.4.2 Inventario de sitios contaminados por sustancias químicas 1264
VII.4.3 Sitios contaminados por residuos 1276
VII.4.4 Sitios de disposición final 1283
VII.4.5 Recuperadoras 1287
VII.4.6 Manifestación de generadores de residuos 1289
VII.4.7 Peligro por contaminación de suelo 1291

VII.5 Contaminación de alimentos 1291
VII.5.1 Plaguicidas en la producción de cultivos 1291
VII.5.2 Residuos plásticos en sitios agrícolas 1292
VII.5.3 Enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo asociadas a la inocuidad en los alimentos 1293

VII.6 Contaminación de aire 1296
VII.6.1 Contaminantes Criterio y emisiones 1296
VII.6.2 Monitoreo de la calidad del aire 1301
VII.6.3 Identificación de sitios contaminados 1304
VII.6.4 Determinación del peligro 1319
VIII. Bibliografía 1327

Índice de figuras

Figura 1. Documentos antecedentes relativos al Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato. 1010

Figura 2. Jaulas (izq.) y dispositivos para alimentación (der.) de la cría de mosquito *A. aegypti* 1079

Figura 3. Bandejas para crecimiento (izq.) y trampas con un conejo alimentador (der.)..... 1080

Figura 4. Ovitrampas (izq.) para la recolección de huevecillos de mosquito *A. aegypti* (der.) 1080

Figura 5. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Zanate Mayor. 1208

Figura 6. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Gorrión Doméstico. 1208

Figura 7. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Paloma de alas blanca. 1209

Figura 8. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Paloma doméstica. 1210

Figura 9. a) Distribución geográfica, b) Especie de Estornino pinto. 1210

Figura 10. a) Distribución geográfica, b) Especie de Perico Monje Argentino. 1211

Figura 11. Puntos de monitoreo de calidad del agua superficial en Irapuato. 1232

Figura 12. Ubicación de pozos monitoreados en SINA 1246

Índice de gráficas

Gráfica 1. Evolución de la tasa de mortalidad en Irapuato del 2014 al 2023. 1083

Gráfica 2. Canal endémico de infecciones respiratorias agudas 2016-2022, con casos incidentes 2023. 1086

Gráfica 3. Canal endémico de neumonías y bronconeumonías 2016-2022, con casos incidentes 2023. 1089

Gráfica 4. Incidencia de influenza (J09-J11) de 2014-2023 en la ciudad de Irapuato. 1091

Gráfica 5. Incidencia de casos de COVID. 1094

Gráfica 6. Canal endémico de enfermedad diarreica aguda 2016-2022 con casos incidentes 2023. 1096

Gráfica 7. Canal endémico de intoxicación por picadura de alacrán en Irapuato, 2016-2022 con casos incidentes 2023. 1099
Gráfica 8. Canal endémico de mordedura de perro 2016-2022 con casos incidentes 2023. 1101
Gráfica 9. Incidencia de varicela por cada 10,000 habitantes. 1104
Gráfica 10. Incidencia de casos de dengue 2014-2023. 1107
Gráfica 11. Incidencia de casos de Hepatitis A y B de 2014-2023. 1109
Gráfica 12. Avistamiento anual de insectos plaga en diferentes zonas urbanas y agrícolas. 1111
Gráfica 13. Mapa de peligro del mes más crítico para Antracnosis del frijol. 1112
Gráfica 14. Mapa de peligro del mes más crítico para Mildiu del frijol. 1113
Gráfica 15. Mapa de peligro del mes más crítico para Roya del frijol. 1114
Gráfica 16. Mapa de peligro del mes más crítico para Roya asiática del frijol. 1115
Gráfica 17. Mapa de peligro en base al mes más crítico en que presenta las condiciones para Roya Lineal Amarilla del trigo. 1116
Gráfica 18 Mapa de peligro del mes más crítico para Roya del Tallo del Trigo. 1117
Gráfica 19 Mapa de peligro del mes más crítico para Fusariosis. 1117
Gráfica 20. Cuantificación de plantas parasitas y malezas en diferentes zonas urbanas y agrícolas. 1178
Gráfica 21. Avistamientos de plantas parasitas en el arbolado de Irapuato en los meses de febrero de 2025. 1179
Gráfica 22. Clasificación y porcentaje de los puntos de muestreo dependiendo su valor de concentración. 1233
Gráfica 23. Estatus de bancos inactivos. 1262
Gráfica 24. Reportes por quema de residuos. 1279
Gráfica 25. Categoría de reportes de residuos. 1280
Gráfica 26. Tendencia de reportes en una década. 1280
Gráfica 27. Tendencia de reportes en el año 2024. 1281
Gráfica 28. Producción de principales cultivos en Irapuato. 1291
Gráfica 29. Residuos plásticos agrícolas en el Estado de Guanajuato. 1292
Gráfica 30. Casos de enfermedades gastrointestinales del 2016 al 2023 1294
Gráfica 31. Canal epidemiológico por enfermedades gastrointestinales 1295
Gráfica 32. Número de empresas registradas como fuente fija por actividad económica. 1304

Gráfica 33. Emisiones anuales de fuentes fijas para contaminantes criterio por sector económico. 1305
Gráfica 34. Principales emisiones específicas de COVs para fuentes Fijas 1306
Gráfica 35. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de área. 1308
Gráfica 36. Número de reporte de incidentes asociados a incendios en Irapuato. 1309
Gráfica 37. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes móviles carreteras 1313
Gráfica 38. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes móviles no carreteras 1313
Gráfica 39. Vehículos registrados en el municipio. 1314
Gráfica 40. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de móviles carreteras 1315
Gráfica 41. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de móviles no carreteras. 1316
Gráfica 42. Número de empresas por cantidad de CO2 generada al año 2021. 1317

Índice de mapas

Mapa 1. Ubicación geográfica de CAISES, UMAPS y hospitales públicos. 1076
Mapa 2. Zonas de responsabilidad de los CAISES y UMAPS. 1078
Mapa 3. Incidencia de Infecciones Respiratorias Agudas en CAISES. 1087
Mapa 4. Incidencia de Influenza en los CAISES de Irapuato. 1092
Mapa 5. Incidencia de COVID-19 en los CAISES de Irapuato 1095
Mapa 6. Incidencia de infecciones gastrointestinales en los CAISES de Irapuato 1097
Mapa 7. Incidencia de atención por picadura de alacrán en los CAISES de Irapuato 1100
Mapa 8. Incidencias de casos de mordedura de perro reportados en CAISES. 1103
Mapa 9. Incidencias de casos de varicela en los CAISES de Irapuato. 1105
Mapa 10. Peligro para plagas y enfermedades de los principales cultivos 1123
Mapa 11. Zonificación de los principales cultivos en el municipio de Irapuato 1125

Mapa 12. Nivel de exposición en base a las posibles plagas y enfermedades para los principales. 1128
Mapa 13. Vulnerabilidad para los principales cultivos. 1130
Mapa 14. Riesgo relativo para los principales cultivos de municipio de Irapuato. 1134
Mapa 15. Uso de suelo y vegetación 2018. 1145
Mapa 16. Peligro relativo de los ecosistemas forestales. 1154
Mapa 17. Grado de exposición de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR. 1164
Mapa 18. Vulnerabilidad de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR. 1169
Mapa 19. Riesgo de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR. 1175
Mapa 20. Daño de las plantas parásitas en las zonas muestreadas. 1182
Mapa 21. Peligro de infestación de muérdago del arbolado urbano en las áreas verdes. 1188
Mapa 22. Exposición a dióxido de azufre (SO_2) del arbolado urbano. 1192
Mapa 23. Exposición a ozono (O_3) del arbolado urbano. 1193
Mapa 24. Exposición a dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (NO_2) del arbolado urbano. 1194
Mapa 25, Índice de exposición a infestación de muérdago por contaminación atmosférica. 1198
Mapa 26. Vulnerabilidad del arbolado urbano. 1201
Mapa 27. Riesgo del arbolado urbano en el municipio. 1206
Mapa 28. Descargas de agua identificadas. 1216
Mapa 29. Ubicación de las empresas registradas en el RECT 2022, que transfieren contaminantes al agua. 1217
Mapa 30. Empresas manufactureras en Parque Central Guanajuato y Castro del Río. 1220
Mapa 31. Ubicación de los puntos de inspección. 1225
Mapa 32. Puntos de muestreo de agua. 1228
Mapa 33. Ubicación de los puntos de muestreo en canales agrícolas. 1229
Mapa 34. Isoconcentraciones de DBO. 1235
Mapa 35. Isoconcentraciones de oxígeno disuelto. 1236
Mapa 36. Isoconcentraciones de DQO. 1237
Mapa 37. Isoconcentraciones de SST. 1238

Mapa 38. Isoconcentraciones de coliformes fecales. 1239
Mapa 39. Ubicación de los puntos de muestreo y clasificación por su potencial de eutrofización por nutriente. 1241
Mapa 40, Peligro por contaminación de agua. 1245
Mapa 41. Pozos de agua registrados por JAPAMI. 1247
Mapa 42. Población económicamente inactiva 1249
Mapa 43. Viviendas sin servicios básicos 1250
Mapa 44. Población con discapacidad. 1251
Mapa 45. Ubicación de empresas con registro de minería no metálica 1261
Mapa 46. Ubicación de bancos inactivos 1263
Mapa 47. Ubicación de derrames de hidrocarburos por emergencias 1266
Mapa 48. Ubicación de derrames por hidrocarburos 1268
Mapa 49. Ubicación de derrames por amoníaco. 1271
Mapa 50. Ubicación de derrames de aceites. 1275
Mapa 51. Ubicación de basureros clandestinos. 1278
Mapa 52. Sitios de disposición de residuos vigentes 1286
Mapa 53. Ubicación de recuperadoras 1288
Mapa 54. Empresas que generan emisiones en suelo. 1290
Mapa 55. Ubicación de estaciones de monitoreo del SEICA. 1303
Mapa 56. Ubicación e influencia de las ladrilleras en Irapuato 1311
Mapa 57. Ubicación de empresas que declararon emisiones de CO_2 y COVs. 1318
Mapa 58. Cumplimiento de las concentraciones CO. 1321
Mapa 59. Cumplimiento de las concentraciones NO_2 1322
Mapa 60. Cumplimiento de las concentraciones SO_2 1323
Mapa 61. Cumplimiento de las concentraciones $PM_{2.5}$ 1324
Mapa 62. Cumplimiento de las concentraciones PM_{10}. 1325

Índice de tablas

Tabla 1. Plagas de interés según su afectación. 1015

Tabla 2. Nivel de peligro general por tipo de cultivo asociado a las posibles plagas reportadas. 1017

Tabla 3. Nivel de peligro basado en la probabilidad de ocurrencia o presencia. 1018

Tabla 4. Peligro relativo general. 1019

Tabla 5. Intensidad de infecciones y daño al arbolado. 1020

Tabla 6. Criterios de clasificación del nivel de peligro según al 1021

Tabla 7. Escala de sensibilidad de los ecosistemas. 1027

Tabla 8. Valores de sensibilidad estimados para cada especia hospedera identificada en el trabajo de campo. 1032

Tabla 9. Valores de exposición a las concentraciones de contaminantes de interés (SO_2, O_3 y NO_2) por tipo de zona mostrada en el mapa de exposición. 1033

Tabla 10. Acciones reportadas para atender el problema del muérdago en el municipio de Irapuato 1034

Tabla 11. Clasificación de la capacidad institucional ante el muérdago. 1035

Tabla 12. Criterios para la capacidad institucional por tipo de área verde 1036

Tabla 13. Clasificación de los niveles de vulnerabilidad del arbolado urbano. 1037

Tabla 14. Riesgo relativo basado en la probabilidad de ocurrencia, vulnerabilidad y exposición de los principales cultivos. 1038

Tabla 15. Clasificación de nivel de riesgo general. 1039

Tabla 16. Integración de las variables para el cálculo de riesgo fitosanitario por infestación de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en el arbolado urbano. 1040

Tabla 17. Niveles de riesgo por infestación de muérdago. 1041

Tabla 18. Parámetros indicadores de calidad de agua 1044

Tabla 19. Escala de clasificación de la calidad de agua superficial. 1044

Tabla 20. Semáforo de calidad del agua 1045

Tabla 21. Parámetros y norma de referencia para la caracterización de muestras de agua 1045

Tabla 22. Escala de clasificación del Índice de eutrofización 1046

Tabla 23. Clasificación de los riesgos del empleo de agua de riego dependiendo el valor de la conductividad eléctrica. 1047

Tabla 24. Criterios para la clasificación del peligro dependiendo el nivel de concentración de cada indicador de la calidad del agua. 1048

Tabla 25. Interacción de los niveles del peligro dependiendo el nivel de concentración de cada indicador de la calidad del agua. 1048
Tabla 26. Categorización de índice de peligro. 1049
Tabla 27. Agentes asociados a enfermedades intestinales. 1056
Tabla 28. Enfermedades consideradas 1057
Tabla 29. Forma de medición de las concentraciones de los contaminantes criterio en estaciones de monitoreo. 1061
Tabla 30. Forma de medición de las concentraciones de los contaminantes criterio en estaciones de monitoreo. 1061
Tabla 31. Obtención del Índice aire y salud. 1062
Tabla 32. Límites máximos permisibles establecidos para la calidad del aire en México. 1062
Tabla 33. Cumplimiento gradual para valores límite de PM10 y PM2.5 en el aire ambiente . 1063
Tabla 34. Número de noticias del mes de noviembre del 2024. 1065
Tabla 35. Hospitales públicos ubicados en el municipio. 1073
Tabla 36. Número de CAISES en el municipio. 1074
Tabla 37. Número de UMAPS en el municipio 1074
Tabla 38. Población estimada atendida por CAISES en 2022 1077
Tabla 39. Principales causas de morbilidad en Irapuato durante el 2023. 1081
Tabla 40. Principales causas de morbilidad asociadas a egresos hospitalarios en Irapuato, 2023. 1082
Tabla 41. Principales causas de mortalidad asociadas a egresos hospitalarios en Irapuato, 2023. 1084
Tabla 42. Enfermedades de interés según el mecanismo de transmisión. 1085
Tabla 43. Casos de neumonías y bronconeumonías en los CAISES de Irapuato 1089
Tabla 44. Casos de defunciones por neumonía vírica 1089
Tabla 45. Defunciones reportadas para neumonía bacteriana. 1090
Tabla 46. Defunciones reportadas para influenza en Irapuato 1093
Tabla 47. Defunciones por otras gastroenteritis y colitis de origen (A09). 1098
Tabla 48. Tasa de incidencia por cada 10,000 habitantes 1099
Tabla 49. Tasa de incidencia de mordedura de perro por cada 10,000 habitantes 1102
Tabla 50. Casos por serotipo de dengue en el municipio. 1106
Tabla 51. Número de casos de dengue en 2023. 1108

Tabla 52. Casos de conjuntivitis reportados en los CAISES. 1109

Tabla 53. Insectos plagas y rangos de plantas hospederas. 1110

Tabla 54. Nivel de peligro en base a los problemas fitosanitarios en el Estado de Guanajuato. 1119

Tabla 55. Nivel de peligro general por tipo de cultivo asociado a las posibles plagas reportadas que los afectan en el municipio de Irapuato. 1120

Tabla 56. Principales cultivos reportados para el ciclo agrícola 2024. 1124

Tabla 57. Cultivos considerados como sistema agrícola expuesto a las alertas fitosanitarias de CESAVEG. 1126

Tabla 58. Nivel de prioridad considerado los efectos de las plagas en el sistema agrícola. 1127

Tabla 59. Nivel de vulnerabilidad asociado a la variación climática y a la presencia de plagas y enfermedades de los principales cultivos. 1129

Tabla 60. Nivel de Riesgo relativo de los principales cultivos en el municipio e Irapuato. 1131

Tabla 61. Porcentaje de afectación de plagas en los ecosistemas forestales del Estado de Guanajuato 2014-2023. 1137

Tabla 62. Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales de 2014 a 2023. 1137

Tabla 63. Porcentaje de superficie afectada por agentes en Guanajuato (2014–2023). 1138

Tabla 64. Estadísticas de afectación por agente de daño (2014–2023). 1139

Tabla 65. Estadísticas de las afectaciones por agentes de daño 2023. 1142

Tabla 66. Descripción de los principales agentes causales en el sector forestal del Estado de Guanajuato. 1143

Tabla 67. Usos de suelo del municipio de Irapuato, 2018. 1144

Tabla 68 Principales ecosistemas forestales del municipio de Irapuato, 2018. 1146

Tabla 69. Relación de plagas y sus potenciales efectos en los ecosistemas forestales de Irapuato. 1147

Tabla 70. Estadísticos por tipo de plaga considerando los eventos 2023 en el estado de Guanajuato. 1148

Tabla 71. Ajuste estadístico menos al 10% de coeficiente de variación por tipo de plaga (superficie en ha) considerando los eventos 2023 en el Estado de Guanajuato. 1148

Tabla 72. Tabla de porcentaje de daño que pueden causar las plagas a los ecosistemas forestales. 1148

Tabla 73. Peligro relativo por agente causal o plaga. 1149

Tabla 74 Clasificación del peligro relativo por tipo de agente causal en los ecosistemas forestales. 1150

Tabla 75. Nivel de peligro relativo de los ecosistemas forestales en Irapuato. 1152

Tabla 76. Índice ICE para los sistemas expuestos. 1155

Tabla 77. Niveles de exposición compuesta por tipo de agente causal que afectan los ecosistemas forestales..... 1155

Tabla 78. Nivel de Exposición Compuesto de los ecosistemas forestales en Irapuato. 1157

Tabla 79. Capacidad adaptativa de los ecosistemas del municipio a las plagas y sequía. . 1165

Tabla 80. Sensibilidad de los ecosistemas presentes en Irapuato a la sequía. 1166

Tabla 81. Sensibilidad (S) por ecosistema forestal en el municipio de Irapuato. 1166

Tabla 82. Estimación de la vulnerabilidad para ecosistema forestal de Irapuato 1167

Tabla 83. Vulnerabilidad normalizada para los ecosistemas forestales de Irapuato..... 1168

Tabla 84. Estimación del riesgo para los ecosistemas considerados como forestales en el municipio de Irapuato. 1171

Tabla 85. Plantas parásitas y malezas de Irapuato. 1177

Tabla 86. Promedio de infecciones y nivel de daño del arbolado en el municipio de Irapuato. 1180

Tabla 87. Indicador de número de hospederos por cada 1,000 m^2 de área verde en el municipio..... 1183

Tabla 88. Resultados de variable PRE para el muérdago en áreas verdes del municipio..... 1184

Tabla 89. Peligro por especie hospedera de muérdago en parques urbanos de Irapuato. . 1184

Tabla 90. Parques y/o áreas verdes consideradas dentro de la zona urbana y periurbana del municipio..... 1185

Tabla 91. Estimación de árboles infestados por muérdago por tipo de área verde en el municipio..... 1186

Tabla 92. Clasificación del peligro 1186

Tabla 93. Concentraciones de contaminantes criterio en el municipio de Irapuato. 1189

Tabla 94. Valores en toneladas anuales por contaminante de interés agrupado por zonas. 1195

Tabla 95. Índice de Exposición Ambiental a Contaminantes (IEAC) para el municipio. 1196

Tabla 96. Grado de exposición del arbolado urbano a los contaminantes atmosféricos que afectan e influyen en la proliferación del muérdago. 1196

Tabla 97. Índice de vulnerabilidad de sistemas expuestos a la presencia de muérdago..... 1199

Tabla 98. Grado de riesgo para las diferentes áreas verdes en el municipio..... 1202

Tabla 99. Listado de descargas de agua identificadas en el análisis de la información de las dependencias. 1213
Tabla 100. Transferencia de sustancias al agua en Kg/año 1214
Tabla 101. Actividades económicas de las empresas ubicadas en el parte central Guanajuato. 1218
Tabla 102. Flujo de las descargas de agua de las PTAR del 2019 al 2023. 1221
Tabla 103. Concentración de DBO en descargas de agua. 1222
Tabla 104. Flujo másico de las descargas de agua 1223
Tabla 105. Resultados de la inspección a los 35 puntos originalmente planteados. 1224
Tabla 106. Identificación de los puntos muestreados de cuerpo de agua. 1226
Tabla 107. Identificación de los puntos de descarga. 1226
Tabla 108. Identificación de los puntos de canales agrícolas. 1227
Tabla 109. Claves de puntos de monitoreo de calidad el agua superficial en Irapuato, Gto. 1230
Tabla 110. Datos encontrados en bases de datos anuales. 1230
Tabla 111. Escala de clasificación de la Calidad del agua 1231
Tabla 112. Escala de clasificación y semáforo de la calidad el agua superficial. 1232
Tabla 113. Clasificación del punto de muestreo de acuerdo a su nivel de eutrofización. 1240
Tabla 114. Escala de clasificación de la Calidad del agua para las descargas monitoreadas por CONAGUA 1242
Tabla 115. Clasificación de semáforo para las descargas monitoreadas por CONAGUA 1243
Tabla 116. Comparación de la calidad de agua de descargas contra la NOM-001-SEMARNAT-001-2021 1243
Tabla 117. Resultados y comparativa de la calidad del agua en los drenes agrícolas para coliformes fecales. 1244
Tabla 118. Resultados y comparativa de la calidad del agua en los drenes agrícolas. 1244
Tabla 119. Claves de puntos de monitoreo de calidad el agua superficial en Irapuato, Gto. 1246
Tabla 120. Resultados de vulnerabilidad familiar. 1254
Tabla 121. Resultados de vulnerabilidad por educación. 1257
Tabla 122. Empresas con registro de minería no metálico. 1260
Tabla 123. Sitios contaminados por hidrocarburos remediados. 1264
Tabla 124. Sitios contaminados por emergencia 1265

Tabla 125. Sitios con reportes de derrames de hidrocarburos 1267
Tabla 126. Sitios con reportes de derrames de amoníaco. 1270
Tabla 127. Sitios con reportes de derrames de solventes..... 1272
Tabla 128. Sitios con reportes de derrames de aceites..... 1273
Tabla 129. Basureros clandestinos. 1277
Tabla 130. Colonias con mayor cantidad de reportes. 1281
Tabla 131. Reportes por colonias en el año 2024. 1282
Tabla 132. Reportes por quema en sitio de disposición controlado. 1282
Tabla 133. Ubicación de sitio de disposición final. 1284
Tabla 134. Controles en sitio de disposición final..... 1284
Tabla 135. Ubicación del sitio de manejo de residuos de manejo especial..... 1285
Tabla 136. Empresas que generan emisiones al suelo..... 1289
Tabla 137. Tasa de incidencia de las Enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo por cada 100,000 hab..... 1294
Tabla 138. Ubicación y principales parámetros de medición de las estaciones de monitoreo de calidad del aire del SEICA. 1302
Tabla 139. Valores específicos de emisión de contaminantes criterio de fuentes fijas por sector económico. 1305
Tabla 140. Categorías y subcategorías de las fuentes de área en Irapuato..... 1307
Tabla 141. Afectación estimada por explosiones y deflagraciones en el municipio. 1309
Tabla 142. Frecuencia de fugas en el municipio. 1309
Tabla 143. Fuentes móviles carreteras y no carreteras..... 1312
Tabla 144. Longitud de la red carretera de Irapuato según tipo de camino..... 1314
Tabla 145. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes naturales. 1316
Tabla 146. Número de días que se sobrepasó el límite por estación..... 1319

I. INTRODUCCIÓN

La Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (**GCMEANR**), en el Fenómeno Sanitario-Ecológico (**FSE**), considera como fenómeno perturbador a las epidemias, plagas y contaminación. Cada uno de ellos se definen como se presenta a continuación.

- **Contaminación** Cambio indeseable en las características físicas, químicas o biológicas del ambiente natural (agua, aire, suelo y alimentos), producido sobre todo por la actividad humana.
- **Plagas** Cualquier organismo que resulte de algún modo perjudicial para el hombre o sus actividades agropecuarias, cuando la presencia de la plaga produce pérdidas a las cosechas o la mortandad de animales para consumo humano.
- **Epidemias** Elevación considerable de la frecuencia de los casos de una enfermedad infecto-contagiosa que alcanza a una zona considerable o a un país completo.

II. OBJETIVO

Actualizar el Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato, Gto., en su FSE, de acuerdo a la GCMEANR (DOF, 2016), y sus respectivos anexos, para constituirlo como una base de información confiable y oportuna que permita fortalecer los programas municipales en materia de riesgos, sobre los cuales las autoridades tomen decisiones referentes a la implementación de medidas de prevención, mitigación y atención de la contaminación, plagas y epidemias.

III. ANTECEDENTES

La identificación de los peligros relacionados al FSE del municipio de Irapuato, , ya ha sido realizada previamente (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); el primer d ocumento público identificado es el Atlas de Riesgos Municipal de Irapuato, elaborado por CIATEC en el año 2013 (IMPLAN, 2013). En este documento se realizó el análisis de acuerdo a la metodología GCMEANR, que incluye a los factores agua, aire y cambio climático, residuos, plagas y epidemias.

La contaminación de aire por la presencia de ozono y gases de efecto invernadero fue relevante, atribuida al crecimiento urbano y número de vehículos. Otros contaminantes atmosféricos no excedieron los límites de las normas.

Uno de los factores que afectan al municipio, aunque con efectos pocas veces advertidos por la población urbana, es el cambio climático, cuyas principales manifestaciones se dan en la carencia de agua y el aumento progresivo de la temperatura. Irapuato mantiene altos niveles de emisión de gases de efecto invernadero, principalmente por su parque vehicular, que coadyuvan a la presencia de este fenómeno en el planeta, por lo que es necesario tomar medidas para su mitigación.

En lo referente a suelos, la mayor parte del territorio municipal presenta algún grado de erosión: debido principalmente a la interrelación que se presenta entre los tipos y características de los suelos, pendientes fuertes y disminución constante de la cobertura vegetal que se presenta en esas zonas. El municipio presenta una erosión ligera por vientos. La disposición de residuos domiciliarios y de manejo especial no es un problema grave en Irapuato, aun cuando se presentan tiraderos clandestinos en diversas zonas, pero generalmente tienen un carácter temporal. Es importante mencionar que las tendencias de crecimiento poblacional y el cambio de hábitos de consumo podrán ocasionar que en el futuro las instalaciones sanitarias actuales resulten insuficientes.

En el año 2023 se realizó la publicación por parte de la Secretaría de Seguridad Pública, denominada "Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato" en coordinación con Protección Civil Estatal de Guanajuato, (SSE, 2023).

Figura 1. Documentos antecedentes relativos al Atlas de Riesgos del municipio de Irapuato.
Fuente: (IMPLAN, 2013), (SSE, 2023) y (CENAPRED, 2023).

IV. METODOLOGÍA

La metodología aplicada para la presente actualización del Atlas de Riesgos de Irapuato 2024, se fundamenta en la GCMEANR, emitida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2016). Adicionalmente, en el presente capítulo se realizaron diferentes adecuaciones para completar los estudios complementarios y de gabinete para el análisis de cada componente.

IV.1 Recopilación de información

Se realizó una búsqueda de información de todos los componentes del FSE en diferentes fuentes oficiales, tanto en publicaciones accesibles al público como en solicitud por medio de oficios.

La información recopilada incluyó reportes, bases de datos, resultados de sistemas de monitoreo, normas oficiales mexicanas, datos proporcionados en respuestas de oficios e información espacial. Las principales instituciones consultadas incluyeron a las tres órdenes de gobierno y fueron:

- Comisión Nacional del Agua, (CONAGUA)
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (CONABIO)
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía, (INEGI)
- Protección Civil del Estado de Guanajuato
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo rural, pesca y alimentación (SAGARPA)
- Secretaría del Agua y Medio Ambiente (SAMA)
- Secretaría de Salud
- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA)
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato, (CESAVEG)
- Dirección General de Sustentabilidad del Gobierno Municipal de Irapuato

- Instituto Municipal de Planeación de Irapuato, (IMPLAN)
- Junta de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento del Municipio de Irapuato, (JAPAMI)
- Jurisdicción Sanitaria VI Irapuato de la Secretaría de Salud de Guanajuato
- Protección Civil Municipal y Bomberos Irapuato

La información proporcionada sirvió para ubicar algunas amenazas y fuentes de peligro, así como identificar algunos sitios críticos para la fase de estudios complementarios.

IV.2 Epidemias

Las epidemias y pandemias presentan una amenaza a nivel municipal para la salud pública, por ello la importancia de estimar el peligro asociado a su acontecer. La GCMEANR, para el caso de epidemias, sólo indica que la información se suministrará por la Secretaría de Salud. Por lo anterior, se plantearon actividades específicas considerando tres cuestiones técnicas:

a) Selección de padecimientos objeto de vigilancia epidemiológica que puedan tener los mecanismos de transmisión por contagio e inoculación.
b) Los efectos sobre los índices de morbilidad y mortalidad para el cálculo del peligro.
c) La información disponible con sus datos históricos para el análisis de la probabilidad de presentarse en diferentes zonas del municipio.

IV.2.1 Descripción de la infraestructura de salud

Se describe brevemente la infraestructura hospitalaria y de atención primaria a la salud de las instituciones federales (IMSS e ISSSTE) y de la dependencia estatal (Secretaría de Salud de Guanajuato). Se presentan las ubicaciones de los hospitales, Centro de Atención Integral de Servicios Esenciales de Salud (CAISES) y Unidades Médicas de Atención Primaria a la Salud (UMAPS). Toda esta información fue obtenida de la Secretaría de Salud o suministrada por la Jurisdicción Sanitaria.

IV.2.2 Determinación de indicadores epidemiológicos

La información del número de casos en el periodo de estudio se obtuvo de las siguientes fuentes principales.

a) La primera fuente es la Jurisdicción Sanitaria VI de Irapuato, que a partir de las respuestas a oficios, se obtuvieron datos a nivel municipal y a nivel CAISES.
b) La segunda es la Secretaría de Salud a través de del módulo "Cubos dinámicos". Esta es una herramienta de libre uso de la información de salud, que puede consultarse en línea, para aspectos de daños a la salud como la morbilidad hospitalaria y mortalidad (Secretaria de Salud y Direccion General de Informacion en Salud, 2022).
c) La tercera es que para el estudio de la incidencia de las principales causas de morbilidad se utilizaron datos obtenidos del Boletín Epidemiológico alimentado por el Sistema Único Automatizado para la Vigilancia Epidemiológico (Secretaria de Salud, s.f.), el cual es alimentado por todas las unidades médicas.
d) Para poder realizar los cálculos de las tasas se utilizó la base de población a mitad de período del Consejo Nacional de Población.

IV.2.2.1 Incidencia o casos nuevos de la enfermedad

a) Municipal: Se calculó como el número de casos a nivel municipal entre la población total anual municipal. La población anual calculada se obtuvo del sistema de cubos dinámicos y se estimó para las enfermedades de Influenza, varicela, COVID, dengue.
b) Por CAISES: Se calculó la proporción de enfermos dividiendo el número de casos entre la población de responsabilidad (población sin derechohabiencia) por cada diez mil habitantes. Los cálculos se hicieron con la población al año 2022, ya que la información está completa. La población al año 2021 y 2023 se calculó usando la tasa de crecimiento anual de 1.17% estimada por IPLANEG.

IV.2.2.2 Canal endémico

Para realizar el canal endémico de las enfermedades en estudio, se obtuvieron los datos del Boletín Epidemiológico por semana epidemiológica de los últimos siete años (2016 a 2022). Se realizaron los cálculos para obtener el cuartil 1, cuartil 2 y cuartil 3, que representan la zona de éxito, la zona de seguridad y la zona de alarma, respectivamente. Estos cuartiles se calcularon por cada semana epidemiológica y se graficaron los casos del año 2023 y observar su comportamiento,

IV.2.2.3 Egresos hospitalarios

La variable egresos hospitalarios es la que integra datos al final de un episodio de hospitalización en las unidades médicas del sistema de salud. Estos datos comprenden a

la morbilidad y sus motivos del egreso, incluyendo la defunción, dentro de las unidades hospitalarias (Dirección General de Informacion en Salud, 2025).

Los datos de egresos hospitalarios fueron obtenidos del sistema de datos abiertos de la Dirección General de Información en Salud de la Secretaría de Salud. Se recabaron los resultados municipales para el año 2023, se graficaron y elaboraron tablas para las enfermedades a discutir. En el caso que no hubiera casos se reportó como ausencia en los resultados.

IV.2.2.4 Mortalidad

Los datos de la mortalidad fueron obtenidos de los datos abiertos de Defunciones de la Dirección General de Información en Salud, los cuales fueron validados previamente por parte del INEGI. En este análisis se utilizó la variable del municipio de ocurrencia para realizar la contabilización de las defunciones para el período 2014 a 2023.

Los datos se agruparon por la causa básica de defunción. La tasa de mortalidad se estimó al dividir el número de casos anuales entre la población del municipio por cada 100,000 habitantes.

Se presenta la información en forma de tablas y gráficas, ya sea del año más reciente o del período de estudio (2014 a 2023). En la descripción de enfermedad se presentan las defunciones.

IV.2.3 Selección y descripción de principales enfermedades

Para realizar una selección se estimaron algunos indicadores como la incidencia de morbilidad, la mortalidad y los egresos hospitalarios a nivel municipal. Se ordenaron de mayor a menor y se obtuvieron las 20 primeras causas de morbilidad sujetas a vigilancia epidemiológica entre la población de Irapuato.

En esta primera preselección se incluyeron a todas las enfermedades, incluyendo a aquellas de transmisión infecciosa como a las que no. Las enfermedades de esta sección se encuentran en la Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012 para la vigilancia epidemiológica (DOF, 2013), en el Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector (ETV) (Secretaria de Salud, 2021) y en el Reporte Vigilancia Epidemiológica.

Posteriormente, se describieron a detalle las principales enfermedades. Se seleccionaron aquellas afecciones que tuvieran un mecanismo de transmisión al contagio por virus o bacterias o a la inoculación por vectores. Se eliminaron aquellas enfermedades cuyo origen fuera distinto (ej. patologías de la mama, diabetes, hipertensión, etc.). Por ejemplo, se resaltaron los datos de enfermedades respiratorias, gastrointestinales y transmitidas por vectores.

IV.3 Plagas

La GCMEANR indica que el responsable de suministrar información del tema es SAGARPA. Dicho documento carece de una metodología explicita para estimar el peligro o la vulnerabilidad a causa de las plagas. Por lo anterior, CIATEC A.C. propuso la metodología aquí descrita para realizar el análisis.

IV.3.1 Identificación de plagas según su afectación

Una plaga es una población de organismos que causa daño o perjuicio a otras especies, particularmente a cultivos agrícolas, animales, o incluso a los humanos. Las plagas pueden ser insectos, roedores, microorganismos, malezas o cualquier organismo que interfiera con la actividad humana o afecte la salud o la economía, (Bonnefoy *et al*, 2008; Tubby & Webber, 2010). La GCMEANR enfatiza en la definición de plaga que su presencia es perjudicial para el hombre o las actividades agropecuarias, con efectos en la producción de alimentos o la mortandad de animales para consumo humano. Existen varios tipos de plagas según el contexto, pero para el presente documento se limitan a las consideradas en la siguiente tabla.

Tabla 1. Plagas de interés según su afectación.

Tipo de plaga	Afectación	Grupo
Agrícola	Dañan cultivos o plantas, afectan a la producción agrícola	Insectos, ácaros, roedores, hongos y malas hierbas
Forestales	Dañan a los bosques	Insectos que devoran árboles o malezas invasoras
Urbanas	Afectan al arbolado urbano	Plantas parásitas
	Afectan la calidad de vida de las personas, a sus viviendas o edificios	Aves y otros insectos

Fuente: Elaboración propia.

Identificar las zonas de alta incidencia de las plagas es importante, ya que éstas causan pérdidas a escalas agronómicas, así como en bosques y arbolados urbanos disminuyen las capacidades metabólicas, repercutiendo en los beneficios ambientales que el arbolado ofrece al bienestar social (Quintana-Rodríguez et al, 2018). Se realizó una revisión técnica de documentación para poder identificar las plagas presentes.

Para el sector agrícola, se elaboraron análisis de producción de cultivos agrícolas en áreas suburbanas de Irapuato, utilizando las bases de datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, (SIAP, 2023), información y reportes del Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG), así como de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). En especial se solicitó información de la vigilancia epidemiológica activa y pasiva de plagas de los principales sistemas productores, en los cuales menciona la plaga y enfermedad.

En el tema forestal se incluyó la información oficial reportada en el Sistema de Alerta Temprana y Evaluación de Riesgo (SATER) y de Sistema Integral de Vigilancia y Control Fitosanitarito Forestal (SIVICOFF) de la Comisión Forestal Nacional (CONAFOR, 2025).

Para el caso de las plagas urbanas se analizaron las estadísticas de los reportes de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, (CONABIO, 2024). En este portal se muestran los posibles avistamientos de cada especie, especificados por municipio, fecha y ubicación (coordenadas en longitud y latitud, por zona, colonia o calle). La información obtenida se concentró en una base de datos y se depuró para analizar la frecuencia de las plagas de interés (ej. ave, invertebrados, mamíferos y plantas parásitas). En esta base se organizaron a los casos de estudio como el número total del municipio por año. La información se graficó por escala de tiempo.

En el caso de las plagas del arbolado urbano no se contaba con suficiente información, por lo que se realizaron levantamientos en sitio. Se visitaron diferentes áreas verdes (parques, camellones, jardines urbanos, etc.) de Irapuato como el Blvd. Arandas, calle Reforma, Lázaro Cárdenas y Calzada de los Chinacos. Este trabajo se realizó durante la semana del 27 al 31 de Enero de 2025. Los avistamientos de cada árbol considerado como hospederos se registraron en una bitácora que identificaba la especie, tipo de parásito y coordenadas de ubicación. Posteriormente, los datos sirvieron para el cálculo del peligro.

IV.3.2 Determinación del peligro

IV.3.2.1 Cálculo del peligro en plagas agrícolas

La Coordinación Nacional de Protección Civil (CNPC), al igual que el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), definen el peligro como la probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo y en un sitio determinado (CNPC, 2024).

Para el caso del tema agrícola se considera que el peligro está asociado la probabilidad de presencia o establecimiento de una plaga o enfermedad bajo vigilancia fitosanitaria, en condiciones agroclimáticas favorables para su desarrollo, en un cultivo específico en el municipio. La probabilidad de ocurrencia (P) es la posibilidad (0.01 a 0.99) de que un cultivo en Irapuato sea afectado por una o más de las plagas o enfermedades incluidas en la vigilancia fitosanitaria de CESAVEG, durante un ciclo agrícola, y se calcula:

$$P = \frac{F * AC}{100}$$

Donde:

F = Frecuencia histórica de aparición (% de años con presencia significativa en la región).
AC= Área afectada estimada (% de superficie sembrada afectada) por ciclos climatológicos favorables.

Se realizó una búsqueda de información en boletines fitosanitarios, reportes técnicos y publicaciones institucionales de CESAVEG (2019, 2020), INIFAP (2021), SAGARPA, SENASICA y FAO, así como literatura complementaria como Zona Franca (2022), Panorama Agrario (2017), Revista Agave Azul (2021), para obtener datos históricos de la proporción afectada, la superficie afectada y el clima (temperatura, humedad) favorables al desarrollo de plagas/enfermedades. Los valores de F y AC fueron propuestos y están en la Tabla 2.

Tabla 2. Nivel de peligro general por tipo de cultivo asociado a las posibles plagas reportadas.

Cultivo	F (%)	AC (%)	P (Resultado)
Fresa	95	95	0.90
Frijol	90	90	0.81
Maíz grano	95	90	0.86
Brócoli	90	95	0.86
Trigo grano	85	95	0.81
Tomate verde	85	85	0.72
Cebada grano	80	95	0.76
Cebolla	80	90	0.72

Cultivo	F (%)	AC (%)	P (Resultado)
Sorgo grano	80	90	0.72
Lechuga	75	85	0.64
Zanahoria	65	85	0.55
Garbanzo grano	60	90	0.54
Alfalfa	60	80	0.48
Espárrago	50	90	0.45
Agave	40	75	0.30

Fuente: Elaboración propia.

La escala de peligro se definió en cinco rangos: Muy bajo, Bajo, Medio, Alto y Muy alto, en función del valor de P (de 0.01 a 0.99), como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 3. Nivel de peligro basado en la probabilidad de ocurrencia o presencia.

Probabilidad (P)	Nivel de Peligro
0.81 – 0.99	Muy Alto
0.61 – 0.80	Alto
0.41 – 0.60	Medio
0.21 – 0.40	Bajo
0.01 – 0.20	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.2.2 Cálculo del peligro por plagas forestales

Para definir el peligro por la presencia de plagas y enfermedades en el sector forestal del municipio, se consideró la información mencionada en la sección IV.3.1.

Posteriormente, se identificaron a los ecosistemas del tipo forestal expuestos a las plagas, que tanto la CONAFOR como la SAMA han identificado. Por tanto, se analizaron los tipos de uso de suelo reportados en la carta de uso de suelo y vegetación del municipio. Se presentó en un mapa todos los tipos de uso de suelo, pero en un refinamiento se eligieron sólo los ecosistemas considerados como forestales.

Se estableció una posible correlación de plagas que pudieran afectar a los ecosistemas forestales seleccionados. La información sirvió para generar una tabla, se realizó un ajuste para que el coeficiente de variación resultara menor al 10%, para los cual se utilizaron los valores de superficie afectada de cada agente de daño, modificando las desviaciones estándar y distribuyendo mejor los valores de superficie para hacerlos más homogéneos.

Los criterios utilizados fueron los siguientes:

- Reducir la dispersión de los valores de superficie afectada, es decir, reducir la diferencia entre el valor máximo y el mínimo.
- Asegurar de que la desviación estándar se ajuste para que el coeficiente de variación (CV) quede en un 10%. La fórmula que se utilizo fue la siguiente.

$$CV = \frac{DE}{Prom.} * 100$$

Donde:

DE: Desviación estándar

$Prom$: Promedio

Se estimó el peligro relativo (PR) considerando dos variables a partir de los datos ajustados y tomando en cuenta la severidad de daño potencial por agente causal; por lo anterior, se propuso utilizar la siguiente formula:

$$PR = Prob.aj * Se.daño$$

Donde:

$Se.daño$: Severidad del daño o porcentaje de daño potencial que pueden causar las plagas

$Prob.aj$: Probabilidad ajustada (%); se calcula como sigue:

$$Prob.aj = \frac{\mathrm{A}}{Asc} * 100 * f$$

A= Superficie afectada, m^2

Asc=Área o superficie monitoreada o susceptible, m^2.

f=factor de ajuste, 10%

Una vez definido el nivel de peligro por plaga o agente perturbador, se realizó una agrupación, dado que varias plagas pueden estar presentes al mismo tiempo en algún ecosistema forestal y se generó la tabla de peligro relativo general.

Tabla 4. Peligro relativo general.

Peligro acumulado (%)	Probabilidad general	Descripción
> 14%	0.150	Muy Alto
10–14%	0.100	Alto
6–9.9%	0.070	Medio
3–5.9%	0.050	Bajo
< 3%	0.020	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

Con base a los anterior, se asociaron los niveles de peligro por agente causal a los ecosistemas forestales del municipio que están reportados en la carta de usos de suelos y vegetación del 2018 de la SAMA.

IV.3.2.3 Cálculo del peligro por plagas urbanas del arbolado

Basado en los levantamientos de campo se muestrearon algunos árboles infestados en los que se cuantificaron las infecciones y se determinó el grado de nivel de daño. De acuerdo al criterio de la Tabla 5, donde un árbol sano corresponde a la ausencia de daño y de infecciones.

Tabla 5. Intensidad de infecciones y daño al arbolado.

Grado de infección	Daño al árbol	Rango de infecciones
0	Sano	Sin infección aparente
1	Bajo	1 a 30
2	Medio	31 a 60
3	Alto	61 a 90

Fuente: Fomento Ecológico y Social A.C. (2017)

Como parte del análisis de peligro, se muestrearon siete parques para identificar el número de árboles considerados como hospederos (*Prosopis, Azadarichta* y *Ficus*) por área verde (parque, camellón, jardín urbano, etc.) donde se identificó que el muérdago está afectando el arbolado, esto con el fin de obtener un indicador de numero de hospedero infestados por superficie arbolada, utilizando el criterio por cada 1,000 m^2 de área verde, para lo cual se utilizó la siguiente formula.

$$aI = \frac{aI}{A} * 1000\ (m^2)$$

Donde:

aI : Árboles infestados estimados

A: Área o superficie total, m^2

aI: Número de árboles infestados

Posteriormente, se calculó la probabilidad de que un parque contenga o tenga dentro de su inventario alguno de los tres hospederos, para esto se utilizó la siguiente fórmula.

$$PRE = \frac{pi}{n} * 100$$

Donde

PRE=probabilidad relativa por especie, %

pi: Parques infestados, número

n: Número veces que se repite el hospedero en el número total de casos encontrados en los parques muestreados.

Posteriormente, con los datos previamente obtenidos, se calculó el nivel de peligro (P) considerando la probabilidad de presencia del hospedero en función del daño observado en campo, utilizando la siguiente fórmula y criterios:

$$P = PRE \times D\tilde{n}(\%)$$

Donde:

Dñ: Nivel del daño, se utilizó la frecuencia de infestación observada en campo para cada especie como una aproximación del nivel de daño, ya que refleja la intensidad del problema por especie, osea el porcentaje de árboles infestados del total de la muestra.

Al hacer el ajuste de la superficie muestreada vs superficie real, y considerar la variable de árboles infestados se estiman una serie de niveles para establecer el nivel de peligro.

Tabla 6. Criterios de clasificación del nivel de peligro según al

Clase	Nivel de peligro	Rango de árboles infestados estimados
1	Muy Alto	Más de 3,000 árboles
2	Alto	De 1,001 a 3,000 árboles
3	Medio	De 101 a 1,000 árboles
4	Bajo	De 11 a 100 árboles

Clase	Nivel de peligro	Rango de árboles infestados estimados
5	Muy Bajo	0 a 10 árboles

- Fuente: Elaboración propia

IV.3.3 Estimación de la vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el grado de susceptibilidad o fragilidad de un elemento, población o sistema expuesto a una amenaza, que puede verse afectado negativamente, dependiendo de sus características físicas, sociales, económicas y ambientales, así como de su capacidad para anticiparse, responder y recuperarse, (DOF, 2016). Se estima con base en la afectación de los sistemas expuestos.

Los sistemas expuestos se refieren a aquella infraestructura, población o ecosistema que se encuentra vulnerable o susceptible de ser afectado por un peligro o una amenaza. En este apartado se identificaron los sistemas urbanos, agrícolas y forestales que están expuestos a las plagas. Para ello, se utilizaron las cartas de usos de suelo y vegetación 1:50,000 para los ecosistema forestal y agrícola, y la carta de zonificación de usos de suelo para la zona urbana.

Para estimar la vulnerabilidad se destacan los siguientes factores:

- En el caso del sector agrícola, depende del tipo de cultivo, las condiciones ambientales, las prácticas agrícolas y los factores socioeconómicos, solo se tomarán como indicadores de vulnerabilidad dos variables que son el índice SPI (Índice estandarizado de precipitación) y el SSI (índice estandarizado de humedad del suelo) reportado en el monitor Tzolkin (IMTA, 2024) que son los que más influyen en la presencia de plagas en los cultivos.
- En el tema forestal, la vulnerabilidad está asociada a la diversidad de especies arbóreas, tipo de plagas, topográficos, clima y perturbaciones humanas. Estos factores pueden ser ambientales, biológicos, sociales o incluso económicos, y pueden influir en la resiliencia del bosque frente a diversas amenazas. Por lo anterior, la vulnerabilidad se definirá en base al tipo de asociación vegetal, zonas de atención prioritaria reportadas por la CONAFOR y la intensidad de la sequía de acuerdo al índice SPI reportado en el monitor Tzolkin (IMTA, 2024)
- En cuanto al arbolado urbano, se consideró la diversidad de especies, las condiciones de salud de los árboles, las características ambientales como calidad del aire, la detección o presencia de plagas, y la posible información relativa a programas de saneamiento vegetal o fitosanitario en la zona urbana del municipio.

IV.3.3.1 Sistemas agrícolas expuestos

Los cultivos constituyen los sistemas expuestos de alta sensibilidad frente a la incidencia de plagas y enfermedades, cuya frecuencia e intensidad han aumentado como resultado de factores bióticos y abióticos, incluyendo el cambio climático, la variabilidad en los regímenes hídricos y térmicos, y la presión selectiva derivada del manejo agronómico intensivo.

Estos sistemas, definidos por su localización espacial, composición varietal (diferentes variedades de una misma especie vegetal en una población o producto), fenología y prácticas de manejo, presentan distintos niveles de exposición ante la presencia de organismos nocivos.

Por lo anterior, la caracterización técnica de estos sistemas expuestos resulta esencial para la identificación de escenarios de riesgo, permitiendo así la implementación de medidas fitosanitarias, estrategias de manejo integrado y mecanismos de alerta temprana que contribuyan a reducir el impacto sobre la productividad agrícola y estabilidad en el tema de seguridad alimentaria.

Considerando que los cultivos constituyen los principales sistemas expuestos, se utilizó la información del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) para identificar los cultivos presentes en el municipio de Irapuato. En particular, se tomó como referencia el avance de siembras y cosechas correspondiente a diciembre de 2024, el cual incluye tanto cultivos cíclicos como perennes bajo modalidades de riego y temporal. Se elaboró una tabla y mapa de cultivos reportados para el ciclo 2024.

IV.3.3.2 Cálculo de la vulnerabilidad del sistema agrícola

En el caso del sector agrícola, derivado a que este indicador depende del tipo de cultivo, las condiciones ambientales, las prácticas agrícolas y los factores socioeconómicos, solo se tomarán como indicadores de vulnerabilidad dos variables que son el índice estandarizado de humedad del suelo (Índice SSI) y el Índice SPI reportados en el monitor Tzolkin (IMTA, 2024) que son los que más influyen en la presencia de plagas en los cultivos.

Para el contexto agrícola, podemos considerar que la vulnerabilidad está asociada a varios factores como la susceptibilidad biológica del cultivo (genética, ciclo, morfología), las condiciones de manejo agrícola, tecnificación, uso de agroquímicos y asistencia técnica, así como la exposición climática o geográfica a condiciones (humedad, temperatura, etc.), que favorecen brotes o crecimiento de plagas que se extiendan sin control sobre otros cultivos o amplíen sus zonas de presencia.

Las condiciones climáticas en el municipio tienen un impacto significativo en la producción agrícola, afectando tanto la calidad como la cantidad de los cultivos, dado que los agricultores enfrentan una crisis derivada de múltiples factores, entre ellos la falta de apoyos gubernamentales, los efectos del cambio climático y el manejo del cultivo (Arton, 2025); sin embargo, se considera que los más importantes están relacionados con el clima o cambio climático y cómo las plagas y enfermedades se han incrementado por estas situación. A continuación, se mencionan algunos ejemplos reportados para el municipio.

- Heladas invernales: durante los meses fríos, las heladas han dañado cultivos sensibles como la fresa, el garbanzo, la cebada y el trigo. Por ejemplo, en enero de 2019, se reportó que las heladas afectaron alrededor del 20% de las hectáreas donde se sembraron estos cultivos, resultando en pérdidas económicas significativas para los productores (Martínez-Coss, 2019).
- Estrés térmico: las altas temperaturas, especialmente durante los meses de mayo-agosto pueden provocar estrés hídrico en las plantas, reduciendo su capacidad de crecimiento y producción. En 2024, se observó una ola de calor atípica con temperaturas de más de 42 grados centígrados que afecto la producción de fresa (Villafaña, 2024).
- Sequia: a causa del calor provocado por la sequía en la que se encuentra el estado de Guanajuato, se han perdido el 20% de la producción de fresa cultivada de manera tradicional, lo cual ha provocado el aumento de la plaga de *pestalotia,* misma que se desplaza a otros cultivos como el trigo donde hace su hospedero (Garduño, 2023).

Derivado a la facilidad de acceso a la información meteorológica, se optó por definir la vulnerabilidad en términos de cambio climático y agroecología, la cual se consideró como "el grado en que un sistema agrícola es susceptible o es incapaz de hacer frente a los efectos adversos del clima, incluyendo la variabilidad y los extremos"; con base en lo anterior, se elaboró una tabla donde se asocian los efectos de la variación climática sobre los principales cultivos en el municipio y se propone un nivel de vulnerabilidad asociada.

IV.3.3.3 Sistemas forestales expuestos

El Centro Nacional de Prevención de Desastres define un sistema expuesto como la cantidad de personas, bienes, valores, infraestructura y sistemas susceptibles a ser dañados o perdidos (CENAPRED, 2024). En este caso, el sistema expuesto será el arbolado forestal, porque pueden afectarse por las plagas, enfermedades, incendios y otros fenómenos perturbadores. Los sistemas expuestos varían con el tiempo, en este caso estarían íntimamente ligados al crecimiento y desarrollo de los recursos naturales.

En cuanto mayor sea el valor de lo expuesto, mayor será el riesgo que se enfrenta. Si el valor de lo expuesto es nulo, el riesgo también será nulo, independientemente del valor del peligro. Por lo anterior, la exposición puede disminuir con el alertamiento anticipado de la ocurrencia de un fenómeno, ya sea a través de un programa de prevención o inclusive llevando acciones directas sobre la fuente de peligro, (CENAPRED , 2021).

Para determinar el factor de exposición, se propuso utilizar un Índice Compuesto de Exposición (ICE), el cual consideró la relación del número de plagas por ecosistema y la superficie potencialmente expuesta (en hectáreas), ambos con el mismo peso de importancia (0.5). El ICE puede calcularse según la siguiente formula, el resultado es un valor entre 0 y 1, donde 1 es la mayor exposición.

$$ICE = \left(\left(\frac{Pl}{Pl_{max}}\right) * 0.5\right) + \left(\left(\frac{Ap}{Ap_{max}}\right) * 0.5\right)$$

Donde:
ICE: Índice Compuesto de Exposición
Pl = Número de plagas en el ecosistema
Pl_{max} = Máximo número de plagas que puede afectar al ecosistema (hasta 5)
Ap = Área o superficie potencialmente expuesta del ecosistema (hectáreas)
Ap_{max} = Máxima superficie potencialmente expuesta (en este caso, 185.16 ha)

Posteriormente, se identificaron los Niveles de Exposición por Plaga (NEP), que potencialmente puede afectar los ecosistemas. Esta clasificación se vincula con el tipo de daño que pueden ocasionar dichas plagas, permitiendo una comprensión integral del peligro al que están expuestos estos sistemas. Los niveles son Muy Alto, Alto, Medio, Bajo y Muy Bajo.

Con base a la información generada en el Índice Compuesto de Exposición (ICE) y el Niveles de Exposición por Plaga (NEP), se generó el Nivel de Exposición Compuesto (NEC) para describir la exposición basada en la superficie expuesta contra el agente perturbador y sus efectos potenciales sobre los ecosistemas forestales del municipio.

IV.3.3.4 Cálculo de la vulnerabilidad de sistemas forestales

La evaluación de la vulnerabilidad ecológica en los ecosistemas forestales del municipio se realizó mediante un enfoque cualitativo considerando las metodologías reconocidas a nivel internacional y nacional, particularmente las desarrolladas por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio (IPCC, 2007) y el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC, 2020). Por lo anterior, se planteó la siguiente fórmula que trata de expresar la vulnerabilidad en base a la información disponible, ante la usencia de monitoreo especifico de los ecosistemas del municipio.

$$V = E + S + (w * Q) - CA$$

Donde:

E: Exposición según rango nivel de exposición compuesta (NEC).

S: Sensibilidad estimada con base en características ecológicas conocidas de cada ecosistema.

W: sensibilidad del ecosistema a la sequía.

Q: Intensidad de sequía en el estado de Guanajuato.

CA: Capacidad adaptativa asignada en función del índice compuesto de exposición y daño.

Cabe señalar que esta fórmula representa un enfoque integral, donde la vulnerabilidad se define como el resultado del grado de exposición a amenazas ambientales que en este caso son las plagas detectadas en el estado de Guanajuato, la sensibilidad inherente del ecosistema de acuerdo al grado de perturbación o conservación que se describe en la capa de usos de suelo y vegetación de SAMA y su capacidad para adaptarse o recuperarse ante la posibilidad que el ecosistema tenga la presencia de alguna de las plagas identificadas por la CONAFOR para Guanajuato.

IV.3.3.4.1 Capacidad adaptativa (CA) de los ecosistemas

Para determinación de esta variable se consideraron los niveles de sequía reportados por el Instituto de Tecnología del Agua (IMTA) para el para el año 2024, donde se reportó que la sequía, de acuerdo con el SPI, fue de Moderada (0.7) a Severa (0.8), (IMTA I. , 2024). Asimismo, se consideró la resistencia a las plagas.

IV.3.3.4.2 Estimación de la sensibilidad del ecosistema a la sequía (w)

Este indicador se generó ponderando la resistencia ecológica de cada uno de los ecosistemas forestales en el municipio que se multiplica por la intensidad promedio de sequía en el estado de Guanajuato (Q=0.75 fijado por sequía de intensidad moderada-severa según el IMTA, 2024).

IV.3.3.4.3 Sensibilidad (S) de los ecosistemas

Este indicador se generó con base en características ecológicas reportadas en la carta de uso de suelo, donde asocia un grado de perturbación y/o asociación con otras especies que indican retroceso del ecosistema primario. Por lo anterior, la sensibilidad se evaluó de acuerdo a dos componentes principales que son el grado de perturbación y tipo de ecosistema. Con base a lo anterior, se propuso la siguiente escala de sensibilidad.

Tabla 7. Escala de sensibilidad de los ecosistemas.

Nivel	Rango S	Descripción
Muy alto	0.80–1.00	Ecosistemas primarios densos, altamente estructurados y sensibles.
Alto	0.60–0.79	Ecosistemas primarios o perturbados con sensibilidad media-alta.
Medio	0.40–0.59	Ecosistemas perturbados, secundarios o de transición.
Bajo	0.20–0.39	Ecosistemas estables, adaptados a estrés, con baja estructura vertical.
Muy bajo	0.00–0.19	Ecosistemas muy resistentes, sin alteración significativa.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.3.4.4 Grado de perturbación:

- Ecosistemas primarios (intactos o casi intactos) considerados como de sensibilidad alta.
- Ecosistemas secundarios o perturbados considerados como de sensibilidad media a muy alta dependiendo del tipo.
- Ecosistemas muy transformados, resistentes o bien adaptados, considerados como de sensibilidad media o baja.

IV.3.3.4.5 Tipo de ecosistema:

- Bosques densos (pino-encino, encino, selva) son más sensibles que matorrales, por su dependencia hídrica y estructura vertical.
- Vegetación riparia es extremadamente sensible por su dependencia del agua superficial.

- Matorrales crasicaule o xerófilos tienden a ser menos sensibles si están conservados.

Como parte de estandarizar los valores de vulnerabilidad en la misma escala que los valores de peligro y exposición, se normalizaron los resultados de la vulnerabilidad, con base a la siguiente formula.

$$V_{norm} = \frac{V_i - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}$$

Donde

V_i = Valor de vulnerabilidad del ecosistema i

V_{min} = Valor mínimo de vulnerabilidad en el conjunto

V_{max} = Valor máximo de vulnerabilidad en el conjunto

V_{norm} = Vulnerabilidad normalizada

Al aplicar la formula se generaron los nuevos valores, que permiten visualizar de forma estandarizada cuáles ecosistemas son más vulnerables respecto al resto, cabe mencionar, que los valores cercanos a 1.00 indican ecosistemas con vulnerabilidad alta en todos los componentes (exposición, sensibilidad, baja capacidad adaptativa), mientras que los ecosistemas presentan vulnerabilidad baja.

IV.3.3.5 Sistemas urbanos expuestos a plagas del arbolado

Se consideraron como sistemas expuestos las seis clasificaciones de áreas verdes reconocidas dentro del Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato (PMDUOET) y que fueron proporcionadas por el IMPLAN de Irapuato, las cuales como se mencionó en el capítulo de peligro, están clasificadas en área verde, equipamiento urbano, jardín público, parque urbano, turístico o recreativo y vialidad (se consideró como camellones). Éstos conforman 298 polígonos que en su totalidad cubren una superficie de 642.829 hectáreas consideradas como potenciales lugares con arbolado. A continuación, se hace una breve descripción de los sistemas expuestos de acuerdo al PMDUOET.

- Equipamiento urbano: áreas destinadas a servicios públicos y equipamientos urbanos, como hospitales, escuelas, mercados y edificios administrativos. Estas zonas son esenciales para el funcionamiento de la ciudad y suelen contar áreas verdes

con arbolado derivado a que el reglamento municipal de desarrollo urbano lo exige.

- Vialidad: corresponde a las infraestructuras viales, incluyendo calles, avenidas y carreteras que facilitan la circulación de vehículos y peatones. Su diseño considera camellones los cuales albergan arboles de distantes especies que se encuentran la paleta vegetal del municipio
- Área Verde: espacios destinados al esparcimiento y recreación de la población, como jardines y plazas. Contribuyen al bienestar de los habitantes y al equilibrio ecológico urbano.
- Turístico o recreativo: zonas diseñadas para actividades turísticas y recreativas, como parques temáticos, centros recreativos y áreas de esparcimiento especializadas. Estas áreas buscan promover el turismo y ofrecer espacios de ocio a los ciudadanos, las cuales incluyen áreas de arbolado.
- Parque urbano: grandes espacios verdes dentro del entorno urbano destinados a actividades recreativas, culturales y deportivas. Su diseño busca integrar la naturaleza al paisaje urbano y ofrecer un respiro a la población.
- Jardín público: espacios ajardinados de menor escala que sirven como puntos de encuentro y recreación para la comunidad. Suelen estar ubicados en zonas residenciales y ofrecen un entorno agradable para los habitantes, en su mayoría incluyen áreas de arbolado.

Estas áreas, contemplan al arbolado que se menciona en la paleta vegetal del municipio de Irapuato, que está compuesta por 147 especies, las cuales se clasifican en cuatro diferentes categorías, (DGS & DGPPA, 2022):

- Nativas.
- Emblemáticas.
- Introducidas y adaptadas a la zona urbana que requieren manejo especial.
- Especies frutales para la ciudad.

Para el cálculo o definición del grado de exposición, fue necesario identificar los factores del arbolado urbano que incrementan su exposición al muérdago, a partir de documentos científicos, y subsecuentemente, se definió un grado o nivel de exposición.

En la revisión documental se identificó que la mala calidad del aire incrementa o favorece a que el arbolado urbano sea más susceptible a ser infestado por el muérdago y a su vez, esta plaga puede afectar la salud y resistencia de los árboles hospedadores.

La presencia de dióxido de nitrógeno (NO_2) puede debilitar las defensas naturales de los árboles, haciéndolos más susceptibles a infestaciones de muérdago. Un estudio realizado en la ciudad de Lodz, Polonia, observó que los árboles expuestos a altos niveles de NO_2 presentaban una mayor actividad de enzimas antioxidantes en las hojas de muérdago, indicando una respuesta al estrés ambiental (Zachwatowicz, Sudnik-Wójcikowska, & Petroviae, 2008).

Por otro lado, se ha documentado que la contaminación atmosférica también afecta la fisiología de los árboles, ya que puede alterar su perfil hormonal y por ende su capacidad para defenderse contra el muérdago. Por ejemplo, en pinos infestados por muérdago, se han observado cambios en los niveles de fitohormonas como citoquininas, ácido jasmónico y ácido abscísico, lo que sugiere una alteración en las respuestas de defensa del árbol (Hu, y otros, 2017).

A nivel regional, el estudio "Contaminantes atmosféricos encontrados en tres parques urbanos de León, Guanajuato y sus posibles efectos en la salud", documentó altas concentraciones de dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), compuestos orgánicos volátiles y partículas $PM_{2.5}$ y PM_{10} que pueden afectar negativamente la salud del arbolado urbano (Orona-Tamayo, Camacho-Coronel, Hernández-Zepeda, & Salas-Mendoza, 2024).

El ozono (O_3), por ejemplo, es un contaminante secundario altamente oxidante que puede dañar las células vegetales, afectando la fotosíntesis y debilitando a los árboles. Los óxidos de nitrógeno (NO_2) y los óxidos de azufre (SO_2) también pueden tener efectos adversos en las plantas, como irritación en las hojas y reducción de la capacidad de crecimiento (Orona-Tamayo, Camacho-Coronel, Hernández-Zepeda, & Salas-Mendoza, 2024).

Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la calidad del aire como un factor en la propagación del muérdago, ya que un ambiente más contaminado puede facilitar su expansión al debilitar a los árboles hospedadores y alterar sus mecanismos de defensa, como se menciona a continuación.

- Ozono (O_3): daños foliares, reducción en la fotosíntesis, estrés fisiológico.
- NO_x (óxidos de nitrógeno): acidificación del suelo, alteraciones en el metabolismo vegetal.
- SO_x (óxidos de azufre): interfiere en la producción de clorofila, genera necrosis en hojas y pérdida de vigor.

Por lo tanto, estos factores debilitan la fisiología del árbol, reducen su capacidad de respuesta ante parásitos como el muérdago y hacen más probable una infestación severa.

La evaluación del grado de exposición propuesta consideró a la cantidad de árboles urbanos por tipo de área verde que potencialmente pueden ser afectados por el muérdago, en comparación con los niveles de contaminación o calidad del aire para los contaminantes O_3, NO_x y SO_x, que, desde el punto de vista científico, es un factor importante que influye en la salud del arbolado y que facilita que el muérdago prospere en el hospedero.

Se revisó el Informe de Estado y Tendencia 2021 del Estado de Guanajuato y los datos de contaminantes para las estaciones para poder construir un escenario de niveles de contaminantes, infestaciones y zonas expuestas. Se elaboran los mapas de exposición, que presentan en la sección de resultados.

IV.3.3.6 Cálculo de vulnerabilidad para el arbolado urbano

La vulnerabilidad del arbolado urbano de Irapuato ante el muérdago se evaluó como el grado de susceptibilidad o fragilidad de dicho sistema vegetal frente a esta amenaza biológica, considerando la sensibilidad del arbolado (especie y grado de afectación), ambientales (calidad del aire definida por los contaminantes SO_2, O_3 y NO_2), así como la capacidad institucional del municipio para prevenir, responder y controlar su propagación (ej. contar con programas de saneamiento vegetal o fitosanitario). Por lo anterior se propuso la siguiente fórmula:

$$V = \frac{S + E + CI}{3}$$

Donde:

V: Vulnerabilidad

S: Sensibilidad de las especies presentes en un área a ser afectadas por el muérdago.

E: Exposición expresada como la calidad del aire o ambiental ante los contaminantes (SO_2, O_3 y NO_2) de interés estimada con el IEAC

CI: Capacidad institucional para atender el problema del muérdago.

IV.3.3.6.1 Sensibilidad

A continuación, se muestran los valores utilizados para el cálculo de la sensibilidad, los cuales se definieron con base en la información generada en campo, así como de los valores estimados en los capítulos anteriores.

Tabla 8. Valores de sensibilidad estimados para cada especia hospedera identificada en el trabajo de campo.

Hospedero	Valor sensibilidad	Nivel de infestación	Presencia hospedero	Descripción
Prosopis laevigata (Mezquite)	0.680	0.970	0.39	El mezquite es una de las especies más susceptibles al muérdago. Estudios han reportado infestaciones de hasta el 97% en poblaciones de *Prosopis laevigata* en zonas áridas y urbanas. Esta alta incidencia se debe a su amplia distribución en áreas secas y su susceptibilidad al estrés ambiental, que favorece la colonización por el muérdago (Vázquez- Chacón, 2023).
Ficus benjamina	0.235	0.010	0.46	El Ficus benjamina es una especie común en áreas urbanas y parques. Aunque puede ser hospedador del muérdago, su incidencia es generalmente baja. Esto se debe a factores como su fisiología y la competencia con otras especies hospedadoras más susceptibles. Sin embargo, en condiciones de alta presión ambiental, puede servir como hospedador secundario, (Amantesdelasplantas, 2024).
Azadirachta indica (Neem)	0.083	0.015	0.15	El neem es conocido por su resistencia a diversas plagas y enfermedades. Aunque existen pocos estudios específicos sobre su interacción con el muérdago, su composición química y propiedades repelentes sugieren que esta especie presenta una baja susceptibilidad a la infestación por muérdago (Barstow & Deepu, 2018).

Fuente: Elaboración propia.

La sensibilidad del arbolado urbano (S) se calcula:

$$S = \frac{NI + PpE}{2}$$

Donde:

PpE: Probabilidad de presencia de especies hospedadoras

NI: Nivel de infestación por presencia de hospedero, porcentaje.

IV.3.3.6.2 Exposición

Los valores utilizados para el cálculo de la exposición son:

Tabla 9. Valores de exposición a las concentraciones de contaminantes de interés (SO_2, O_3 y NO_2) por tipo de zona mostrada en el mapa de exposición.

Zona	Valor de exposición	Interpretación científica
1	1.000	Esta zona presenta el máximo nivel de exposición ambiental. Los tres contaminantes están en su punto más alto, lo que indica una presión combinada intensa sobre el arbolado, con un entorno altamente acidificante (SO_2), oxidante (O_3) y fotosintéticamente limitante (NO_2). La susceptibilidad del arbolado a infestaciones parasitarias, como el muérdago, es crítica.
2	0.874	Zona ligeramente menor que la zona 1; esta área mantiene una presión ambiental alta. La exposición acumulativa a oxidantes y precursores del ozono sugiere potencial de deterioro fisiológico en árboles, especialmente en corredores urbanos con alta movilidad vehicular e infraestructura.
3	0.683	Zonas con una disminución relativa de contaminantes, aunque la exposición sigue presente. En estas zonas es esperable encontrar síntomas moderados de estrés oxidativo en especies sensibles, con potencial debilitamiento en individuos maduros.
4	0.492	Zonas donde la presión ambiental es intermedia. El nivel de SO_2 es bajo comparado con otras zonas, reduciendo la potencial exposición de acidificación del entorno. El arbolado aquí podría aún sostener su funcionalidad ecológica, aunque especies sensibles podrían presentar manifestaciones leves de estrés.
5	0.301	Esta zona presenta la menor carga contaminante. La exposición combinada es baja, lo cual sugiere buenas condiciones para la salud del arbolado urbano. Sin embargo, será necesario observar o monitorear estas áreas ente una potencial acumulación de ozono, ya que incluso a concentraciones menores puede generar efectos crónicos a largo plazo en el arbolado.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.3.6.3 Capacidad institucional

Para definir la variable referente a la capacidad institucional del municipio para prevenir, responder y controlar su propagación, se consideró la información reportada en diferentes fuentes de información, la cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10. Acciones reportadas para atender el problema del muérdago en el municipio de Irapuato

Año	Zona afectada	Especies afectadas	Acción realizada	Número de árboles tratados	Fuente
2021	Parques, bulevares y glorietas	Mezquites, jacarandas, pirules, entre otras	Tercera fase del inventario de arbolado urbano; detección de muérdago; capacitación al personal para tratamiento	No reporta	(Venegas, 2021)
2023	Bulevar Arandas (Cuarto Cinturón Vial a Jacarandas)	Mezquites	Saneamiento fitosanitario mediante poda y eliminación manual del muérdago por arboristas certificados	No reporta	(Dirección de Sustentabilidad, 2023)
2023	Parque Irekua y alrededores	Fresnos, paraísos, grevileas, manzanos	Podas de saneamiento; eliminación de brotes de muérdago en colaboración con áreas municipales	21 árboles identificados	(Arton, 2023)
2023	Sierra de Pénjamo y Cuerámaro	Encino	Podas sanitarias periódicas como medida de control detectada en supervisión municipal forestal	No reporta	(Alvarado, 2023)
2024	Bulevar Arandas y Avenida San Juan	Mezquites	Intervención de especialistas y apoyo de CFE para retiro artesanal del muérdago	No reporta	(Gutiérrez, 2024)

A partir de los registros disponibles (2021–2024), se observa que el muérdago ha sido identificado como una amenaza persistente en distintas zonas de Irapuato, principalmente:

- Bulevares importantes (Arandas, Gómez Morín).
- Áreas verdes de alto valor social y ecológico (Parque Irekua).
- Zonas forestales (Sierra de Pénjamo).

Donde las principales acciones implementadas han sido curativas mediante podas de saneamiento a través de la eliminación manual de brotes de muérdago, los cuales se han realizado con apoyo institucional (Servicios Públicos Municipales, CFE, Sustentabilidad) y con capacitación operativa. Cabe destacar que no se encontró evidencia de acciones

preventivas sistemáticas ni de un plan de monitoreo periódico basado en indicadores. Con base a lo anterior, se generó un indicador para definir la capacidad municipal para atender el problema del muérdago, ver Tabla 11.

Tabla 11. Clasificación de la capacidad institucional ante el muérdago.

Clase	Nivel de capacidad	Valor CI	Descripción técnica
Clase I	Muy Baja	< 0.24	El municipio no atiende formalmente el problema; no existen acciones, diagnósticos, ni personal capacitado.
Clase II	Baja	0.25	Acciones esporádicas, sin planificación a mediano o largo plazo. No hay inventario ni seguimiento; respuesta reactiva a reportes ciudadanos.
Clase III	Media	0.50	Existen brigadas o personal capacitado; hay acciones correctivas frecuentes y coordinación básica entre dependencias. Sin embargo, el monitoreo es irregular y no hay marco normativo claro.
Clase IV	Alta	0.75	Programa institucionalizado de manejo del muérdago, con cronograma anual, indicadores, capacitación continua, y reporte público. Coordinación con autoridades estatales/federales.
Clase V	Muy Alta	1.00	Gestión integral con base científica, presupuesto etiquetado, monitoreo geoespacial, control biológico/mecánico documentado, participación ciudadana y mecanismos de evaluación externa.

Fuente: Elaboración propia.

Si bien existen esfuerzos en zonas emblemáticas, se observó en los trabajos de campo una alta carga de infestación en vialidades que no está siendo atendida con la misma eficacia, lo que representa un riesgo creciente para la salud del arbolado urbano y los servicios ecosistémicos que brinda.

Por tanto, los criterios para evaluar de la capacidad institucional del municipio para prevenir, responder y controlar la infestación de muérdago en diferentes tipos de áreas urbanas como parte de la vulnerabilidad del arbolado, son heterogéneos. Esto porque el municipio muestra una respuesta institucional disímil y fragmentada para controlar el muérdago según el tipo de área verde.

Tabla 12. Criterios para la capacidad institucional por tipo de área verde.

Tipo de área	Descripción breve	Árboles infestados estimados	Nivel de capacidad institucional	Valor CI	Justificación
Turístico o recreativo	Parques temáticos, áreas de ocio especializadas	76	Alta	0.75	Prioridad institucional por su función turística y recreativa; suelen tener mayor presupuesto y control.
Parque urbano	Grandes parques integrados al tejido urbano (ej. Parque Irekua)	8	Alta	0.75	Áreas emblemáticas con intervención directa, programas activos y colaboración institucional.
Equipamiento urbano	Servicios públicos: escuelas, hospitales, etc.	3,567	Media	0.50	Alta densidad arbórea y regulación municipal favorecen la atención, pero requiere mejor planificación.
Área verde	Jardines, plazas públicas	354	Media	0.50	Atención regular, pero sin protocolos técnicos definidos para control fitosanitario.
Vialidad	Camellones, avenidas, bulevares	2,421	Baja	0.25	Aunque visibles, la atención es reactiva y dispersa; extensión complica el control sistemático.
Jardín público	Áreas verdes barriales o vecinales de pequeña escala	2	Baja	0.25	Limitada capacidad de atención; dependientes en muchos casos de la gestión vecinal o solicitudes ciudadanas.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.3.6.4 Niveles de vulnerabilidad

Con base en la fórmula de vulnerabilidad, y empleando los valores anteriores, se definió la siguiente clasificación de vulnerabilidad para el arbolado urbano (Tabla 13).

Tabla 13. Clasificación de los niveles de vulnerabilidad del arbolado urbano.

Nivel	Rango de vulnerabilidad ajustada	Categoría	Descripción técnica
5	>0.31 – 0.36	Muy alta	Alta vulnerabilidad combinada. Alta prioridad de atención y manejo técnico.
4	>0.26 – 0.31	Alta	Presión ambiental y sensibilidad relevantes. Se requiere intervención planificada.
3	>0.20 – 0.26	Media	Infestación incipiente o en expansión. Control fitosanitario recomendado.
2	>0.14 – 0.20	Baja	Condiciones favorables con infestación puntual. Se sugiere monitoreo preventivo.
1	0.08 – 0.14	Muy baja	Escasa sensibilidad y exposición. Impacto ambiental bajo. Vigilancia ocasional.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.4 Determinación del riesgo

El riesgo se define como la probabilidad de pérdida, que depende de dos factores fundamentales, que son el peligro y la vulnerabilidad. Sin embargo, el riesgo es una variable muy compleja y continuamente cambiante en el tiempo que es función de la variabilidad de las amenazas que nos circundan y de la condición también dinámica de la vulnerabilidad y grado de exposición (CENAPRED, 2021). En este estudio el riesgo se estimará como se describe a continuación.

IV.3.4.1 Riesgo del sistema agrícola

En el sector agrícola se tomó como base para la estimación del riesgo la información obtenida del Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Guanajuato (CESAVEG, 2024), el cual reporta los principales problemas fitosanitarios por cultivo. Se consideraron los siguientes factores climáticos:

a) Las plagas más críticas en condiciones de sequía son: Tizones, Fusariosis y Mosca del vinagre de alas manchadas.
b) Las hortalizas y los cultivos de fruto blando (como fresa y frambuesa) tienen alta vulnerabilidad por estrés hídrico y pérdida de defensas naturales.
c) Las enfermedades como roya y mildiu, más asociadas a humedad, tienen menor riesgo dadas las condiciones climáticas actuales.

El Centro Nacional de Prevención de Desastres define el riesgo de desastre como la probabilidad de que se materialicen daños o pérdidas en un sistema determinado debido a la ocurrencia de un fenómeno perturbador, ya sea de origen natural, socio-natural o antropogénico. Este concepto se expresa como una función de la interacción entre la exposición al fenómeno y la vulnerabilidad del sistema afectado (CENAPRED, 2024).

Por lo anterior, para estimar el nivel de riesgo desde el punto de vista fitosanitario, considerando las condiciones climáticas como componente relevante para la propagación de las plagas y/o enfermedades. Se calculó la interacción entre peligro (probabilidad de ocurrencia de plagas y enfermedades) y vulnerabilidad (susceptibilidad del cultivo ante dichas amenazas) y el factor de exposición estimado para cada cultivo (Tabla 6).

$$R = P * V * E$$

Donde:

R = Riesgo total relativo

P: Peligro

V: Vulnerabilidad

E: Exposición o grado de presencia, superficie cultivada o importancia productiva en la región

Con base a lo anterior, se determinaron cada uno de los niveles de riesgo relativo, presentados en la siguiente tabla, para cada uno de los cultivos presentes en el municipio de Irapuato registrados en el año 2024.

Tabla 14. Riesgo relativo basado en la probabilidad de ocurrencia, vulnerabilidad y exposición de los principales cultivos.

Valor	Nivel
≥ 0.700	Muy alto
0.500 – 0.699	Alto
0.300 – 0. 499	Medio
0.100 – 0.299	Bajo
0.01 – 0.099	Muy bajo

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.4.2 Riego del sistema forestal

Para el caso del sector forestal, se consideró como base los mapas de alerta temprana y fitosanitarias para las principales plagas y especies exóticas que son de interés nacional y estatal para la CONAFOR y que reporta a través del SIVICOFF.

La evaluación del riesgo para los ecosistemas forestales fue un proceso clave para entender la magnitud y probabilidad de afectaciones derivadas de amenazas naturales o biológicas. En este contexto, el riesgo debe entenderse como la interacción compleja entre una amenaza (como plagas o sequía), la exposición del ecosistema a ella y su nivel de vulnerabilidad.

Para los ecosistemas forestales del municipio, se retomó la información generada a través de la integración metodológica tanto del CENAPRED como del INEEC, que en conjunto incorporó tres componentes fundamentales:

- Peligro (P): Representado por el tipo y severidad de las plagas identificadas en cada ecosistema, considerando su letalidad, distribución y efecto ecológico.
- Exposición (E): Calculada a partir del número de plagas presentes y la superficie del ecosistema afectada, lo cual refleja el grado de contacto o presión directa que sufre cada unidad ecológica.
- Vulnerabilidad (V): Integrada por la sensibilidad ecológica del ecosistema, su capacidad adaptativa ante disturbios como la sequía y su nivel de perturbación estructural.

Se calculó el grado de riesgo y se generó una clasificación tomando los valores generales de los resultados obtenidos con la fórmula propuesta de CENAPRED, ver Tabla 15.

Tabla 15. Clasificación de nivel de riesgo general.

Rango de valor de riesgo	Clasificación del riesgo	Descripción
≥ 0.08	Muy alto	Ecosistemas con peligro severo y múltiples factores combinados de afectación.
0.05 – 0.079	Alto	Presencia de plagas letales o alta exposición con vulnerabilidad importante.
0.02 – 0.049	Medio	Ecosistemas con afectaciones moderadas; vulnerabilidad o exposición contenida.
0.005 – 0.019	Bajo	Ecosistemas parcialmente afectados o con buena capacidad adaptativa.
< 0.005	Muy bajo	Riesgo mínimo. Ecosistemas resilientes o con baja presencia de amenazas.

Fuente: Elaboración propia.

IV.3.4.3 Riesgo por plagas del sistema urbano (arbolado)

El riesgo del sistema urbano está representado por el arbolado urbano, se determinará en base a la función que propone el CENAPRED, es decir el producto del nivel de peligro por el grado de vulnerabilidad. Se delimitó el riesgo fitosanitario por infestación de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en el arbolado urbano de Irapuato como la probabilidad de que ocurran daños ecológicos, estructurales en el arbolado de la áreas verdes del municipio por la interacción entre el peligro (posibilidad de que un árbol o área verde sea infectada), la exposición (presencia de especies arbóreas susceptibles sometidas a condiciones ambientales adversas a contaminantes atmosféricos: SO_2, O_3 y NO_2, y a la presencia activa del parásito), y la vulnerabilidad (nivel de sensibilidad del arbolado urbano y la capacidad institucional de los gobiernos locales para prevenir, manejar y mitigar el impacto de la infestación).

Para el análisis se tomó como base una tabla integrada que reúne datos por tipo de área urbana (equipamiento urbano, turístico o recreativo, parque urbano, vialidad, área verde y jardín público). Con esta información, se calcularon los valores compuestos de riesgo para cada categoría de uso del suelo urbano, ver Tabla 16.

Tabla 16. Integración de las variables para el cálculo de riesgo fitosanitario por infestación de muérdago (*Psittacanthus calyculatus*) en el arbolado urbano.

Tipo de área	Índice de exposición	Índice de vulnerabilidad	Índice de peligro	Árboles infestados estimados	Numero de áreas verdes	Superficie (ha)
Equipamiento urbano	1.0000	0.3520	0.5550	3,567	117	356.720
Turístico o recreativo	0.8740	0.2540	0.0118	2,421	4	7.600
Parque urbano	0.6830	0.2500	0.0013	354	1	0.810
Vialidad	0.5710	0.2090	0.3770	76	146	242.100
Área verde	0.4920	0.1850	0.0551	8	29	35.410
Jardín público	0.3010	0.0830	0.0003	2	1	0.200

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se generó una clasificación de los niveles de riesgo para facilitar la toma de decisiones diferenciada, según el grado de prioridad que requieren las áreas evaluadas; cabe mencionar, que esta clasificación puede ajustarse si se incorporan nuevos datos o se realiza una evaluación más extensa por zona geográfica (Tabla 17).

Tabla 17. Niveles de riesgo por infestación de muérdago.

Nivel de riesgo	Rango de valor (riesgo total)	Descripción
Muy Alto	> 0.150	Zonas críticas que requieren de un programa preventivo y de atención, fuerte exposición y alta vulnerabilidad. Requiere de vigilancia periódica.
Alto	0.030 – 0.150	Áreas con riesgo significativo; requieren monitoreo activo y acciones preventivas.
Medio	0.010 – 0.029	Riesgo medio; justifica mantenimiento y control puntual.
Bajo	0.005 – 0.009	Riesgo bajo, con posibles impactos locales. Vigilancia periódica recomendada.
Muy Bajo	< 0.005	Condiciones estables y bajo impacto; observación continua suficiente.

Fuente: Elaboración propia.

IV.4 Contaminación de agua

IV.4.1 Identificación de sitios contaminados

La identificación de sitios contaminados se hizo con base en los lineamientos descritos en el Anexo 23 de la GCMEANR. La información se clasificó de acuerdo con las siguientes secciones:

IV.4.1.1 Inventario y ubicación de descargas

Se realizó una identificación de sitios y cuerpos identificados como descargas, a partir de una solicitud de información a través de oficios, a los tres niveles de gobierno: municipal, estatal y federal.

Asimismo, se buscó la información de las descargas de Irapuato que pertenecen a la Red Nacional de Medición de la calidad del agua (RENAMECA) de CONAGUA que se reportan a través Sistema Nacional de Información del Agua (SINA 3.0) (CONAGUA, 2024).

La información proporcionada por las dependencias y la encontrada en el SINA sobre las descargas incluyó el tipo de descarga (municipal, industrial o escurrimiento contaminado) la ubicación, en algunos casos el flujo y la concentración de contaminantes.

Adicionalmente, se realizaron recorridos por parte del personal del CIATEC con el fin de complementar la información proporcionada por las dependencias mencionadas.

IV.4.1.2 Análisis de sustancias en las descargas industriales.

La información recabada en la sección IV.4.1.1 sobre descargas industriales permitió ubicarlas y relacionarlas con el giro económico de las empresas instaladas en la zona aledaña.

Esta información se analizó para determinar el posible proceso productivo y evaluar el tipo de las sustancias químicas que pudieran estar en los efluentes. Los giros económicos de dichas empresas, cercanas a los puntos de descarga, se obtuvieron a partir de una búsqueda en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, (2023).

Adicionalmente, se incluyó el inventario de sustancias contaminantes generados por parte de las unidades económicas (UE) del municipio y que se encontraran en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes del Estado de Guanajuato del año 2022.

IV.4.1.3 Fuentes de contaminación más importantes

Se evaluaron las fuentes de contaminación de las descargas municipales e industriales y se identificaron a las más importantes con el criterio de presentar el mayor impacto contaminante. Este indicador se refiere al flujo másico del contaminante determinado, el cual se estimó al multiplicar los valores de concentración del contaminante y el volumen de generación del efluente en cada descarga. Estos cálculos se realizaron para la demanda química de oxígeno (DBO). Con los resultados obtenidos, se elaboró un listado del impacto contaminante, que fue ordenado de manera descendente, según su flujo másico de DBO (kg/d).

IV.4.1.4 Evaluación del grado de contaminación

Para la determinación del grado de contaminación de los cuerpos superficiales se llevaron a cabo dos evaluaciones: a) consultando los indicadores de calidad del agua en México (CONAGUA, 2022) y b) ejecutando un plan de muestreo y caracterización del agua en ríos, arroyos, descargas y drenes agrícolas . Ambos tienen la finalidad de mostrar la calidad de agua con base en los principales parámetros fisicoquímicos y biológicos.

Los indicadores de calidad del agua son una herramienta cuantitativa para determinar el grado de contaminación del agua en diversos sitios de los cuerpos de agua nacionales (CONAGUA, 2022). Se obtuvieron los puntos correspondientes a Irapuato de la base de datos de los sitios de muestreo de RENAMECA, contando con puntos de agua superficial

clasificados como lóticos o lénticos y descargas (CONAGUA, 2024). El registro tiene puntos de monitoreo de los cuáles están el subtipo de "Río" y cuatro en "Descargas".

Los resultados de varios parámetros de los sitios de muestreo antes mencionados se consultaron en las bases de datos del SINA 3.0, del período 2014 al 2024, tanto anuales como por década (CONAGUA, 2024).

IV.4.1.5 Plan de muestreo

Para el plan de muestreo, se inspeccionaron varios tramos de los ríos y arroyos más importantes. Se plantearon una serie de recorridos previos, ubicando posibles sitios de acuerdo a la cartografía disponible. En total se planearon 35 sitios como posibles puntos de muestreo de agua superficial y descargas (Anexo 4) y otros puntos para monitoreo de drenes agrícolas.

A partir de estos recorridos, se verificó la factibilidad de cada punto a ser muestreado empleando los criterios de representatividad de una sección de un cuerpo de agua superficial, accesibilidad y que tuviera caudal significativo. Los puntos de muestreo para el análisis, incluyen drenes agrícolas y descargas industriales susceptibles de ser muestreados.

Los procedimientos para la recolección, estabilización y transporte se llevaron a cabo de acuerdo con la metodología establecida en la Norma Mexicana (NMX-AA-014-SCFI-1980). El plan de muestreo y registros de reconocimiento se encuentran en el **Anexo 4**.

En cada punto de muestreo, se registraron datos de campo como la fecha, coordenadas del muestreo, características del entorno del punto de muestreo, la presencia de olor y las mediciones de campo (pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y temperatura).

IV.4.1.5.1 Indicadores de calidad del agua CONAGUA

Los indicadores de la calidad del agua consideran ocho parámetros, tanto fisicoquímicos y microbiológicos (Ver

Tabla 18). Con base en estos parámetros se califica el cumplimiento (excelente, buena calidad, aceptable) o el incumplimiento (contaminada o fuertemente contaminada) de la calidad del agua para su uso (Tabla 19). En este estudio sólo se consideraron cinco, excluyendo *Escherichia coli*, enterococos fecales y toxicidad aguda.

Tabla 18. Parámetros indicadores de calidad de agua

Parámetro	Acrónimo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO_5
Demanda Química de Oxígeno	DQO
Sólidos Suspendidos Totales	SST
Coliformes Fecales	CF
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	OD%
Bacteria Escherichia coli	E_COLI
Enterococos fecales	ENTEROC_FEC
Toxicidad aguda	TOX

Fuente: (CONAGUA, 2022)

Los resultados, tanto de la información obtenida en el SINA como de la caracterización, se compararon con la tabla de la escala de clasificación de la calidad del agua superficial

Tabla 19. Escala de clasificación de la calidad de agua superficial.

Clasificación	DBO mg/L	DQO (mg/L)	SST (mg/L)	CF (NMP/100 mL)	OD (%)
Excelente	0< DBO_5≤3	0< DQO≤10	0< SST≤25	0< CF≤100	70< OD≤110
Buena calidad	3< DBO_5≤6	10< DQO≤20	25< SST≤75	100< CF≤200	50< OD≤70
Aceptable	6< DBO_5≤30	20< DQO≤40	75< SST≤150	200< CF≤1000	30< OD≤50
Contaminada	30< DBO_5≤120	40< DQO≤200	150< SST≤400	1000< CF≤10000	10< OD≤30
Fuertemente contaminada	120<DBO_5	200< DQO	400< SST	10000< CF	0< OD≤10

Fuente: (CONAGUA, 2022)

En grado de contaminación se presentó en función del "Semáforo de la calidad del agua" (CONAGUA, 2022). Este semáforo, a tres colores (rojo, amarillo y verde), indica si los resultados tienen incumplimiento en uno o más parámetros, como se muestra en la siguiente tabla. La guía indica que aquellos sitios donde no hay cumplimiento en los indicadores de DBO y/o DQO el cuerpo se clasifica como contaminado (semáforo rojo). Por otro lado, para los indicadores de: CF, SST y OD, la concentración se encuentra por encima de los límites, el cuerpo se puede clasificar como incumplimiento (semáforo amarillo).

Tabla 20. Semáforo de calidad del agua

Indicador	No cumple	Cumple
DBO	Rojo, incumple 1 o más de estos indicadores	Verde, cumple todos los indicadores
DQO		
TOX		
ENTEROC		
E_COLI	Amarillo, incumple 1 o más de estos indicadores	
CF		
SST		
OD%		

Fuente: (CONAGUA, 2022)

IV.4.1.5.2 Evaluación fisicoquímica y bacteriológica de agua superficial

Los análisis físicos, químicos y bacteriológicos se realizaron de acuerdo a los métodos referenciados en las normas de la siguiente tabla.

Tabla 21. Parámetros y norma de referencia para la caracterización de muestras de agua

Parámetro	Normas de referencia
DBO_5	NMX-AA-028-SCFI-2001
DQO	NMX-AA-030/2-SCFI-2011
SST	NMX-AA-034-SCFI-2015
CF	NMX-AA-042-SCFI-2015
OD%	NMX-AA-012-SCFI-2001*
pH	NMX-AA-008-SCFI-2011*
Conductividad eléctrica (CE)	NMX-AA-093-SCFI-2000*
Fósforo total (PT)	NMX-AA-029-SCFI-2001

*Método electrométrico, sonda multiparamétrica marca Hanna(R), modelo HI98194

Además, se determinó Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xilenos (BTEX), de acuerdo con el método EPA 5030C-2003, en una muestra que había tenido contaminación por gasolina. La determinación del grado de la contaminación del agua se llevó a cabo comparando las concentraciones cinco indicadores mencionados en la sección anterior, contrastándolo con la escala de clasificación de la calidad del agua superficial, cuerpos de agua lóticos (ríos, arroyos y corrientes), ver Tabla 19.

Los resultados de la caracterización se analizaron de manera geoespacial con el objetivo de representar la variación de la concentración a través de los cuerpos de agua. Para ello, se elaboraron mapas de isoconcentraciones interpolando los resultados mediante un método de distancia inversa ponderada (IDW por sus siglas en inglés) en el software ArcGIS.

IV.4.1.5.3 Grado de eutrofización de agua superficial

El grado de eutrofización se evaluó mediante el Índice de eutrofización por nutriente IE, diseñado por Karydis et al. (1983). Este indicador considera el aporte por eutrofización por un nutriente representativo, en el caso de este estudio el fósforo total, expresado como un numero adimensional aplicado en cuerpos de agua que tengan interacción entre sí. Para el cálculo se consideró la siguiente fórmula:

$$IE = \frac{C}{(C - logX)} + logN$$

Donde:

C: logaritmo de la concentración total del nutriente en el cuerpo de agua

X: Concentración del nutriente en el punto de muestreo

N: Número de puntos de muestreo.

Para el cálculo se hicieron las siguientes consideraciones:

- Todos los puntos de muestreo de los ríos Guanajuato, Zarco y Santa Rita se analizan en conjunto.
- Los puntos de muestreo en el río Silao se revisaron agregados.
- Los puntos de muestreo en el río Temascatío se analizaron juntos.

Los valores calculados del IE permitieron clasificar los sitios muestreados con los siguientes criterios:

Tabla 22. Escala de clasificación del Índice de eutrofización

Clasificación	IE	Descripción	Color
Eutrófico	IE > 5	Nivel de nutrientes particularmente alto	
Mesotrófico	3 ≤ IE ≤ 5	Nivel medio de nutrientes	
Oligotrófico	IE < 3	Nivel bajo de nutrientes	

Fuente: Karydis et al., (1983)

Esta clasificación se puede considerar como un grado de contaminación por eutrofización del punto de muestreo y para su visualización se le asignó una escala de colores de rojo, amarillo y verde, respectivamente. Este análisis se consideró para los puntos muestreados en agua superficial.

IV.4.1.6 Evaluación de descargas industriales

Las concentraciones de los parámetros en el agua residual de las descargas se compararon con la Norma Oficial Mexicana (NOM 001-SEMARNAT-2021). Los resultados del cumplimiento se representaron de manera gráfica. Se incluyeron los datos del SINA 3.0 para el subtipo descargas.

IV.4.1.7 Evaluación de drenes agrícolas

La evaluación del grado de salud de los drenes agrícolas consideró el potencial de salinización que clasifica el cuerpo de agua como apto, apto con precauciones o no apto dependiendo su valor de conductividad eléctrica empleando la clasificación mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 23. Clasificación de los riesgos del empleo de agua de riego dependiendo el valor de la conductividad eléctrica.

Clases	Peligro de salinización	C.E. (mS/cm a 25 °C)	Restricciones de uso
C1	Bajo	< 0.25	Apta
C2	Moderado	0.25 a 0.75	Apta
C3	Medio	0.75 a 2.25	Apta con precauciones
C4	Alto	2.25 a 4	Apta con precauciones
C5	Muy Alto	4 a 6	No apta
C6	Excesivo	> 6	No apta

Fuente: (Argüello Tovar, 1996)

En cuestión microbiológica, se consideraron los lineamientos de la Administración para la Comida y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA), que marca un máximo de 410 CFU/100 mL de *E.coli* en una muestra instantánea en el agua, para que pueda ser empleada de manera segura para irrigación agrícola (Lothrop, et al., 2018).

IV.4.2 Determinación del peligro

Se propuso un índice de peligro; para su cálculo se consideraron los indicadores de DBO, DQO, SST, y CF, la ponderación se consideró acorde a la clasificación de sitios superficiales con el semáforo de calidad del agua de CONAGUA. A cada valor de la concentración determinado se le clasificó en una escala según la Tabla 24.

Tabla 24. Criterios para la clasificación del peligro dependiendo el nivel de concentración de cada indicador de la calidad del agua.

Indicador	Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
DBO	2	4	6	8	10
DQO	2	4	6	8	10
SST	1	2	3	4	5
CF	1	2	3	4	5

Fuente: Elaboración propia.

El valor del peligro (P) es el resultante de la suma del valor establecido en la escala de cada parámetro, de acuerdo con la fórmula:

$$P = DBO_5 + DQO + SST + CF$$

Los valores resultarían del 6 al 30, lo cual permite clasificar el peligro en las cinco categorías mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 25. Interacción de los niveles del peligro dependiendo el nivel de concentración de cada indicador de la calidad del agua.

DQO y DQO	Indicador	SST y CF				
		Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
	Muy Bajo	6	7	8	9	10
	Bajo	11	12	13	14	15
	Medio	16	17	18	19	20
	Alto	21	22	23	24	25
	Muy Alto	26	27	28	29	30

Fuente: Elaboración propia

La interpretación de cada nivel se encuentra en la Tabla 26.

Tabla 26. Categorización de índice de peligro.

Nivel	Suma de criterios	Interpretación
Muy bajo	0-6	Zona dónde la concentración de la fuente de los cuatro indicadores es excelente.
Bajo	7-12	Zona dónde la concentración de los cuatro indicadores interactúa en niveles de bajo, bajo-medio y medio.
Medio	13-18	Zona en dónde uno de los parámetros de DBO y/o DQO están contaminados, e interactúan con SST y CF, en todos sus niveles
Alto	19-24	Zona en dónde uno de los parámetros de DBO y/o DQO están fuertemente contaminados, e interactúan con SST y CF, en todos sus niveles
Muy Alto	25-30	Zona en dónde uno de los parámetros de DBO y/o DQO están fuertemente contaminados, e interactúan con SST y CF, en niveles medios-alto y altos de contaminación

Fuente: Elaboración propia.

IV.4.3 Estimación del índice de vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social constituye una condición de riesgo resultante de la acumulación de desventajas sociales que limitan las oportunidades de desarrollo individual y comunitario, (DIF, 2017). En el contexto de las amenazas por contaminación identificadas en Irapuato, la mayoría de los efectos adversos se correlacionan estrechamente con condiciones de hacinamiento, infraestructura sanitaria deficiente y condiciones etareas.

Por lo anterior, se ha adoptado el marco conceptual de vulnerabilidad propuesto por el DIF. Este enfoque resulta idóneo ya que identifica con precisión las causas estructurales que originan la vulnerabilidad, reconociendo que estas son producto de dinámicas sociales complejas y de su naturaleza multifactorial, lo que permite una comprensión más integral del fenómeno.

El índice de vulnerabilidad se calcula considerando a las variables sociales, económicas, educativas y de salud que tienen incidencia sobre la vulnerabilidad familiar, individual e infantil.

IV.4.3.1 Identificación de sistemas expuestos

Se buscó información para identificar a los siguientes sistemas expuestos:

a) Las áreas de cultivo con tipo de cultivo y superficie, para identificar aquéllas que pudieras estar impactadas con aguas residuales.

b) Las áreas recreativas (parques y áreas en donación).
c) Pozos de agua potable.
d) Zonas de pastoreo de ganado y
e) Cuerpos de agua superficial para consumo humano (ej. presas para abastecimiento público).

La población expuesta se determinó en el Censo de Población y Vivienda, (INEGI, 2021) más reciente y se clasificó con base en su distribución de edad y su discapacidad. Únicamente se consideró a la población más vulnerable que consiste en los menores de cinco años y los mayores de sesenta años, ya que estos son más propensos a ser afectados por enfermedades gastrointestinales y asociadas con la exposición a agua contaminada.

IV.4.3.2 Estimación de la vulnerabilidad social

El riesgo por exposición a agua contaminada puede ser por el contacto directo o indirecto. También por la falta de servicios básicos para la higiene y las características de la población. La vulnerabilidad total se representó como el índice de vulnerabilidad social, en el cual se consideró como la sumatoria de la vulnerabilidad familiar, la vulnerabilidad por discapacidad y edad y la vulnerabilidad en educación, empleando la siguiente fórmula:

$$IVS = 0.5VF + 0.2VD + 0.3VE$$

Donde:

IVS = Índice de Vulnerabilidad Social
VF = Vulnerabilidad Familiar
VD = Vulnerabilidad por Discapacidad y por edad
VE = Vulnerabilidad Infantil en Educación

IV.4.3.2.1 Vulnerabilidad familiar

La vulnerabilidad familiar contempla la población sin seguridad social (la población que no cuenta con ningún servicio de salud), la pobreza (las personas que tienen un ingreso menor a dos salarios mínimos) y la marginación (la población que carece de servicios básicos tales como agua, luz y drenaje).

Algunos de los factores que favorecen el desarrollo de enfermedades diarreicas agudas (EDA), son debidos a las deficiencias en la infraestructura sanitaria, de saneamiento básico,

acceso al agua potable, vivienda con piso de tierra, así como la limitación para la higiene personal y del hogar (Secretaría de salud, 2021). Por ejemplo, el agua contaminada y el saneamiento deficiente contribuyen a la transmisión de enfermedades tales como: el cólera, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea, la poliomielitis otras y enfermedades diarreicas (Organización Mundial de la Salud, 2023). La vulnerabilidad familiar se calculó de la siguiente forma:

$$VF = \frac{(PSINDER + PE_INAC + (VPEH_NDEAED * PROM_OCUP)}{3}$$

Donde:

VF = Vulnerabilidad Familiar
$PSINDER$ = Población sin afiliación a servicios de salud
PE_INAC = Población de 12 años y más no económicamente activa
VPH_NDEAED = Viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, agua entubada, ni drenaje
$PROM_OCUP$= Promedio de ocupantes en viviendas

IV.4.3.2.2 Vulnerabilidad por discapacidad y edad

La población más vulnerable a las enfermedades son los menores de cinco años en conjunto con el grupo de personas mayores de 60 años, quienes son principalmente afectados por la incidencia en la deshidratación favorecida por el envejecimiento, dada la menor capacidad del riñón, disminución de la sed y que ante la escasa reserva de volumen circulante predispone que ante pequeñas pérdidas exista hipoperfusión de órganos vitales (Secretaría de salud, 2021). Este componente tiene asignado un peso de 0.2 y se calcula según la siguiente expresión.

$$VD=PCON_DISC+P_60YMAS+P_0A2+P_3A5$$

Donde:
VD = Vulnerabilidad por discapacidad y por ser Adulto Mayor
$PCON_DISC$ = Población con discapacidad
P_60YMAS = Población de 60 años y más de edad
P_0A2= Población de 0 a 2 años de edad
P_3A5 = Población de 3 a 5 años de edad

IV.4.3.2.3 Vulnerabilidad infantil en educación

Uno de los determinantes sociales es el nivel escolar. Los grandes contrastes demográficos, económicos sociales y educativos influyen en la salud de la población, entre más educación adquieren son más conscientes de cuidados saneamiento básico (Secretaría de salud, 2021). El componente tiene un peso de 0.30 y se calcula de la siguiente forma:

$$VE=P6A11_NOA+P12A14NOA+P15YM+P15PRI_IN$$

Donde:
VE = Vulnerabilidad infantil en educación
$P6A11_NOA$ = Población de 6 a 11 años que no asiste a la escuela
$P12A14NOA$ = Población de 12 a 14 años que no asiste a la escuela
$P15YM$ = Población de 15 años y más sin escolaridad (que no aprobaron ningún grado escolar)
$P15PRI_IN$ = Personas mayores de 15 años que no terminaron la primaria

IV.5 Contaminación de suelo

IV.5.1 Identificación de sitios contaminados

La GCMEANR y el Anexo 23 para el rubro suelo indica que es necesario ubicar a las fuentes de contaminación, a los sitios contaminados por sustancias químicas, basura o jales mineros y a los pasivos ambientales.

La Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos, indica que se considera un sitio contaminado al lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas, (DOF, 2023).

Se considera un pasivo ambiental a aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos, que no fueran remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes y que implican una obligación de remediación (SEMARNAT, 2018). A continuación, se describen las actividades para ubicar estos sitios y fuentes.

IV.5.1.1 Inventarios de pasivos ambientales y sitios contaminados

Primeramente, se identificaron a las actividades económicas que pudieran tener influencia, como actividades extractivas mineras, petroleras, nucleares y de servicios, así como las fugas y derrames de sustancias químicas peligrosas y los asentamientos humanos (DOF, 2016).

La ubicación de los pasivos y sitios contaminados se realizó al revisar los inventarios emitidos por instituciones ambientales. En el ámbito federal, se recabaron datos de la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA) y de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). En el ámbito regional, se solicitó información a las autoridades ambientales estatales y municipales, tal como a la Dirección General de Sustentabilidad del municipio de Irapuato.

Posteriormente, para la ubicación de Jales mineros, se realizó una búsqueda bibliográfica en los anuarios estadísticos de la Minería Mexicana, así como en los reportes de Panorama Minero del estado de Guanajuato elaborados por el Servicio Geológico Mexicano. Se buscaron empresas activas que producen jales mineros metálicos y no metálicos, y su producción correspondiente.

La ubicación de sitios por derrames de sustancias peligrosas se basó en recabar datos sobre reportes ciudadanos de derrames de hidrocarburos, ácidos, amoniaco, metales, pesticidas y misceláneos. Estos reportes los compila protección civil de Irapuato.

Finalmente, la información de basureros a cielo abierto clandestinos o regulares, se obtuvo a través de visitas técnicas a los sitios de disposición final y a los sitios reportados por los ciudadanos por acumulación de residuos sólidos urbanos, peligroso o de manejo especial. La información recabada se presenta en el siguiente orden:

a) Pasivos ambientales.
b) Jales mineros.
c) Residuos en la vía pública. Manejo especial, sólidos urbanos, peligrosos.
d) Derrames de sustancias peligrosas:
e) Sitos de disposición final.

IV.5.1.2 Manifestación de generación de residuos

Se solicitó la información sobre la generación de residuos peligrosos y de manejo especial, en los manifiestos de la Secretaría del Agua y Medio Ambiente del Estado de Guanajuato. Se analizó el manifiesto del generador para saber qué tipo y cantidad de residuos se producen en el municipio de Irapuato y la forma de disposición de éstos, si existiere.

IV.5.1.3 Evaluación de la contaminación del sitio.

Se pre-seleccionaron sitios sospechosos de contaminación a partir de la información proporcionada por la Dirección General de Sustentabilidad, así como de la búsqueda hemerográfica.

Se realizó la evaluación preliminar de los sitios preseleccionados, en los cuales se visitó y se recopiló información disponible del sitio para conocer las actividades históricas y actuales realizadas en el lugar, localizar las posibles fuentes de emisión como tuberías, tanques de almacenamiento, drenaje y obtener las características geológicas, hidrológicas y meteorológicas del lugar. Se visitaron sitios estratégicos en campo y se llenó el formato de registro de peligro en el sitio visitado.

IV.5.2 Determinación del peligro

IV.5.2.1 Comparación de contaminantes con límites permisibles

Para determinar el peligro se deben comparar las concentraciones de los contaminantes detectados, así como los límites máximos permisibles determinados en las normas respecto a contaminación del suelo, para conocer si se rebasan estos límites y en caso de ser rebasados se determina que el sitio está contaminado.

IV.5.2.2 Generación de mapas

Se elaboraron los siguientes elementos cartográficos:

- Mapas con la ubicación de las fuentes de contaminación del suelo,
- Mapa de contaminación de suelo para jales mineros, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada;
- Mapa de contaminación de suelo para basureros a cielo abierto clandestino, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada,

- Mapa de contaminación de suelo para basureros a cielo abierto regulares, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada;
- Mapa de pasivos ambientales, el cual especifique la cantidad de sustancia peligrosa y el área afectada; y
- Mapa de contaminación de suelo por derrame de sustancia peligrosa, el cual especifique la cantidad de contaminante y el área afectada.

Los mapas se elaboraron con la información de reportes de basura a cielo abierto, sitios controlados para la disposición de residuos, pasivos ambientales, reportes de sustancias peligrosas y otros obtenidos a través de las solicitudes de información.

IV.6 Contaminación de alimentos

La contaminación de alimentos es problema ambiental significativo que afecta, tanto a los ecosistemas como a la salud humana.

Esta contaminación se debe principalmente al uso excesivo de ciertos productos químicos, aguas residuales y plásticos en la agricultura. Algunos factores que contribuyen incluyen:

1. Uso excesivo de pesticidas y fertilizantes químicos:
   - Pesticidas: Los pesticidas, herbicidas e insecticidas pueden acumularse en el suelo, dañar a microorganismos beneficiosos que ayudan a mantener el equilibrio ecológico del suelo o afectar la salud.
   - Fertilizantes: Su uso excesivo puede alterar la estructura del suelo, provocando una disminución de su fertilidad a largo plazo.
2. Residuos plásticos agrícolas: Muestran persistencia y no son biodegradables, pueden permanecer durante décadas y liberar microplásticos (partículas menores a 5 mm). Esto afecta a largo plazo la calidad del suelo, su estructura y su capacidad para sustentar vida.
3. Reuso de aguas residuales en la agricultura: En algunas regiones, las aguas residuales generadas por la actividad agrícola (como las provenientes de la limpieza de equipos o del riego) pueden contener residuos de productos químicos que se filtran al suelo.

Se realizó una búsqueda de información de los principales cultivos y también se revisó la toxicidad de los plaguicidas empleados. Se buscaron datos de residuos plásticos agrícolas generados en las parcelas y otros datos de reuso del agua.

En cuanto a las afectaciones a la salud, las enfermedades causadas por consumo de alimentos contaminados representan un problema público significativo. Estas patologías, causadas por la ingestión de alimentos que contienen agentes biológicos (bacterias, virus, parásitos) o químicos (toxinas, plaguicidas, metales pesados) y afectan principalmente al sistema digestivo. En el caso de las sustancias químicas pueden incluso ocasionar cáncer a largo plazo. A continuación, se describen los agentes más recurrentes:

Tabla 27. Agentes asociados a enfermedades intestinales.

Causa de la enfermedad	Tipo de agente	Síntomas/afectación	Alimentos asociados
Bacterias	*Salmonella, Campylobacter y Escherichia coli* enterohemorrágica	Fiebre, dolor de cabeza, náuseas, vómitos, cólicos abdominales y diarrea	Huevos, carne de ave, frutas, hortalizas frescas, lecha cruda
Bacterias	*Vibrio cholerae*	Cólicos abdominales, vómitos y diarrea líquida abundante	Hortalizas cruda, mariscos crudos
Virus	*Norovirus* *Hepatitis A*	Náuseas, vómitos intensos, diarrea líquida y cólicos abdominales. Inflamación de hígado	Mariscos crudos
Parásitos	Trematodos	Fiebre, fatiga, dolor abdominal, diarrea, náuseas, vómitos y pérdida de apetito en la fase aguda	Pescado
Toxinas naturales	Aflatoxinas y las ocratoxinas del moho	Afectar al sistema inmunitario y al desarrollo normal, e incluso puede causar cáncer.	Maíz
Contaminantes orgánicos persistentes	Dioxinas y los bifenilos policlorados	Problemas reproductivos y del desarrollo, dañar el sistema inmunitario, interferir en el funcionamiento hormonal y causar cáncer.	Cadenas alimentarias animales
Metales pesados	Plomo, el cadmio y el mercurio	Daños neurológicos y renales	Alimentos agrícolas

Fuente: Elaboración propia con información de (Organización Mundial de la Salud, 2024)

En cuanto a datos de salud, se obtuvieron los datos epidemiológicos de afecciones de tipo gastrointestinal y se analizaron en conjunto.

Tabla 28. Enfermedades consideradas

Nombre	CIE10
Cólera	A00
Fiebre Tifoidea	A01.0
Fiebre Paratifoidea	A01.1-A01.4
Otras salmonelosis	A02
Shigelosis	A03
Intoxicación Alimentaria bacteriana	A05
Amebiasis intestinal	A06.0-A06.3, A06.9
Absceso hepático amebiano	A06.4
Otras infecciones intestinales debidas a protozoarios	A07.0, A07.2, A07.9
Giardiasis	A07.1
Otras helmintiasis	B65-B75
Ascariasis	B77
Enterobiasis	B80
Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas	A04, A08-A09 excepto A08.0

Adicionalmente se realizó un seguimiento en el año 2023 sobre los casos reportados contra los estándares de zonas de éxito, seguridad y alarma que se refieren a las categorías de un canal endémico, una herramienta epidemiológica utilizada para monitorear la incidencia de enfermedades y detectar posibles brotes.

- Zona de Éxito (verde): Indica que la incidencia de casos está por debajo de lo esperado o en un nivel mínimo. En esta zona, las medidas de control y prevención han sido efectivas.
- Zona de Seguridad (amarilla): Representa la franja de casos esperada para una enfermedad en un período determinado. La situación se considera controlada.
- Zona de Alarma (roja): Señala que la incidencia de casos ha superado el umbral esperado, lo que requiere una vigilancia activa y la implementación de estrategias para controlar la aparición de brotes.

IV.7 Contaminación de aire

La GCMEANR indica que se deben ubicar las fuentes de contaminación y posteriormente determinar el grado de contaminación de estos al comparar con la normativa vigente, (DOF, 2016). Por ello, para el subcomponente contaminación del aire se realizó la siguiente serie de pasos adaptados del Anexo 23.

IV.7.1 Identificación de sitios contaminados

La calidad del aire es uno de los factores determinantes de la salud pública y el bienestar ambiental. La contaminación atmosférica no sólo afecta la salud de las personas, sino que también tiene efectos adversos en los ecosistemas y contribuye al cambio climático.

En el municipio de Irapuato, el control de la calidad del aire es particularmente relevante debido a diversos factores como el crecimiento urbano, la actividad industrial, y el aumento de la movilidad, factores que incrementan los niveles de emisiones contaminantes. Por tanto, este capítulo discutirá la situación referente a los contaminantes criterio y a las emisiones.

IV.7.1.1 Determinación de contaminantes y emisiones

Los contaminantes criterio son sustancias presentes en el aire ambiente cuya concentración se ha asociado directamente con efectos adversos para la salud y el ambiente. En México, la regulación de estos contaminantes se realiza a través de normas oficiales mexicanas (NOM), que establecen los límites permisibles para la protección de la salud pública. En el contexto de Irapuato, los contaminantes criterio más relevantes son el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), el ozono (O_3), el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2).

IV.7.1.2 Inventarios de fuentes contaminantes y de emisiones

Este apartado se analizan las principales fuentes de las cuales emanan los contaminantes criterio. Las fuentes de contaminantes y emisiones se pueden clasificar en cuatro tipos:

a) Fijas se refiere a los establecimientos industriales, relacionados con sectores de jurisdicción federal o estatal (ej. fabricación de alimentos, productos de plástico o metálicos, industria química, otras industrias manufactureras, etc.)
b) Fuentes de área son dispersas y numerosas, relacionadas con las actividades domésticas, comercial y de servicios. Las categorías de fuentes de área incluyen a la combustión en fuentes estacionarias con diferentes energéticos (leña, diésel, carbón, gasolina y ocurre en hogares, comercios, unidades agropecuarias y forestales), actividades agropecuarias, manejo y uso de combustibles, usos industriales de solventes, manejo de residuos y fuentes misceláneas (construcción, bancos de materiales, usos domésticos del amoniaco).
c) Fuentes móviles se relacionan con los medios de transporte y se clasifican con relación a su circulación en carreteras. Las fuentes carreteras incluyen a los vehículos automotores de diferentes tamaños, desde motocicletas hasta

tractocamiones. Las fuentes no carreteras incluyen a los vehículos dedicados a actividades de la construcción y agrícola, terminales de transporte público, ferrocarril y centros de distribución de transporte privado.

d) Fuentes naturales, relacionadas con la vegetación (biogénicas) y con el arrastre de polvos (erosión). Aunque ambos procesos ocurren naturalmente, ante la intervención humana de cambio de uso de suelo pueden verse alterados y contribuir más allá del balance natural.

Se realizó un inventario de la información de las emisiones por tipo de fuente. Para ello, se revisaron diferentes fuentes de información. Una de ellas es el Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio, en el cual se reportan las cantidades de emisiones de contaminantes por tipo de giro económico. Otra es el registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), en el que se informa a la población sobre las sustancias liberadas al aire. De este reporte, se identificó la información referente a ubicación y datos de las empresas generadoras de las emisiones de carbono

Aunado a lo anterior, se analizaron los reportes de emergencias del municipio de Irapuato para los incendios o quemas, que se presupone dichas emergencias contribuyen a la presencia de contaminantes criterio y emisiones, aunque no se describen las cantidades. Por último, se revisaron proyectos de emisiones de ladrilleras y se elaboraron mapas de concentraciones.

IV.7.2 Descripción del sistema de monitoreo de calidad del aire

Se realizó una búsqueda de información relativa a resultado de los programas de calidad del aire y los indicadores correspondientes por tipo de contaminante, fuente y concentración de los últimos 5 años a la fecha, especialmente en los reportes de la Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial (SMAOT) del Estado de Guanajuato.

IV.7.3 Determinación del peligro

Para determinar el peligro se deben comparar las concentraciones de los contaminantes detectados, así como los límites máximos permisibles determinados en las normas respecto a contaminación del aire, para conocer si se rebasan estos límites y en caso de ser rebasados se determina que el sitio está contaminado.

IV.7.3.1 Índice de calidad del aire y salud

Se analizaron los reportes que tienen el número de días de incumplimiento y concentraciones en la atmosfera de acuerdo a la base de datos públicas del Subsistema Estatal de Información de Calidad del Aire de la SMAOT.

Las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire establecen los límites máximos permisibles de exposición; el periodo de monitoreo y los valores límite siguiendo lo indicado en la NOM-172-SEMARNAT-2019, que indica los lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud según las estaciones de monitoreo. De acuerdo con esta norma, los gobiernos de las entidades federativas o municipales responsables del monitoreo de la calidad del aire, deberán difundir el Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud en las zonas en las cuales operen dichos sistemas, de forma continua y horaria, debiendo hacerlo obligatoriamente a través de una plataforma electrónica y preferentemente en tantos medios como sea posible. Este se denomina "Índice AIRE Y SALUD", el cual tiene propósitos informativos sobre el estado de la calidad del aire, los riesgos a la salud y las medidas de protección que deberán difundirse a la población.

Este índice indica que, para los contaminantes criterio O_3, NO_2, SO_2, CO, PM_{10} y $PM_{2.5}$, se deberá reportar las concentraciones todos los días del año, en un horario que deberá cubrir al menos de las 8:00 a las 20:00 horas del huso horario que corresponda, siendo el caso que aquellos Sistemas de Monitoreo de la Calidad del Aire que cuenten con la infraestructura suficiente, deberán reportar el Índice AIRE Y SALUD las 24 horas del día. Siendo esto valido para el sistema del SEICA en Irapuato. Este índice se calcula para cada una de las estaciones de monitoreo, difundiéndose de forma horaria indicando el mayor deterioro de la calidad del aire y un mayor riesgo a la salud.

Los lineamientos para el manejo de datos bajo esta norma indica que las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ deberán reportarse a condiciones locales de presión y temperatura en tanto no exista en México una regulación que defina los métodos de medición en aire ambiente. En el caso de ozono (O_3), monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2), el reporte de las concentraciones se hará conforme a las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, o las que les sustituyan, que establecen los métodos de referencia o equivalentes y procedimiento para la calibración de los equipos de medición para cada contaminante, las cuales se indican en la

Tabla 29 de la NOM-172-SEMARNAT-2019.

Tabla 29. Forma de medición de las concentraciones de los contaminantes criterio en estaciones de monitoreo.

Contaminante	Método de medición y procedimientos de calibración NOM
O_3	NOM-036-SEMARNAT-1993
NO_2	NOM-037-SEMARNAT-1993
SO_2	NOM-038-SEMARNAT-1993
CO	NOM-034-SEMARNAT-1993

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019.

Para el cálculo del Índice AIRE Y SALUD se parte de las concentraciones base indicadas en la Tabla 30 de la NOM-172-SEMARNAT-2019.

Tabla 30. Forma de medición de las concentraciones de los contaminantes criterio en estaciones de monitoreo.

Contaminante	Concentración Base
PM_{10}	Concentración promedio móvil ponderado de 12 horas
$PM_{2.5}$	
O_3	Concentración promedio móvil de 8 horas
CO	
NO_2	Concentración promedio horaria
O_3	
SO_2	Concentración promedio móvil de 24 horas

Fuente: NOM-172-SEMARNAT-2019[1].

Las bandas de calidad del aire y riesgo que componen el Índice AIRE Y SALUD se construyen considerando los intervalos de concentración señalados en la Tabla 31.

[1] La NOM-025-SSA1-2014, Salud ambiental. Valores límite permisibles para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire ambiente y criterios para su evaluación, establece que la concentración promedio de 24 horas debe calcularse para un periodo continuo de 24 horas, a partir de las 00:00 horas. Un cálculo de esta naturaleza impide informar con oportunidad a la población sobre los riesgos de exposición a altos niveles de contaminación por este contaminante, razón por la cual se usará el promedio móvil ponderado de 12 horas. Este método de cálculo es conocido en Estados Unidos como NowCast y es empleado por la Agencia de Protección Ambiental de ese país en el cálculo y comunicación de su Índice de calidad del aire en tiempo real para estos contaminantes, dando a la población la posibilidad de tomar medidas oportunas para reducir su exposición y proteger su salud.

Tabla 31. Obtención del Índice aire y salud.

Calidad del Aire	Contaminante						
	PM10	PM2.5	O_3		NO_2	SO_2	CO
	12 h µg/m³		1 h ppm	8 h ppm	1 h ppm	24 h ppm	8 h ppm
Buena	50	25	0.051	0.051	0.107	0.008	8.75
Aceptable	>50 y 75	>25 y 45	>0.051 y 0.095	>0.051 y 0.07	>0.107 y 0.21	>0.008 y 0.11	>8.75 y 11.0
Mala	>75 y 155	>45 y 79	>0.095 y 0.135	>0.07 y 0.092	>0.21 y 0.23	>0.11 y 0.165	>11.0 y 13.3
Muy Mala	>155 y 235	>79 y 147	>0.135 y 0.175	>0.092 y 0.114	>0.23 y 0.25	>0.165 y 0.22	>13.3 y 15.5
Extremadamente mala	>235	>147	>0.175	>0.114	>0.25	>0.22	>15.5

Fuente: elaborado con base a lo reportado en NOM-172-SEMARNAT-2019.

IV.7.3.2 Comparación de contaminantes con los límites permisibles

Las Normas Oficiales Mexicanas de calidad del aire establecen los límites máximos permisibles, (Tabla 32).

Tabla 32. Límites máximos permisibles establecidos para la calidad del aire en México.

Contaminante	Promedio	Exposición	Valor límite	Norma Oficial Mexicana
PM10	24 horas	Aguda	70 µg/m³	NOM-025-SSA1-2021 (DOF, 2021a)
	Anual	Crónica	36 µg/m³	
PM2.5	24 horas	Aguda	41 µg/m³	
	Anual	Crónica	10 µg/m³	
O3	1 hora	Aguda	0.090 ppm	NOM-020-2020-SSA1-2021 (DOF, 2021b)
	horas	Crónica	0.065 ppm	
SO2	1 hora	Aguda	0.075 ppm	NOM-022-SSA1-2019 (DOF, 2019)
	24 horas	Crónica	0.040 ppm	
NO2	1 hora	Aguda	0.106 ppm	NOM-023-SSA1-2021 (DOF, 2021c)
	Anual	Crónica	0.021 ppm	
CO	1 hora	Aguda	26.0 ppm	NOM-021-SSA1-2021 (DOF, 2021d)
	8 horas	Crónica	9.0 ppm	

Algo que destacar es que, para valores límite de algunos contaminantes en el aire tienen un cumplimiento gradual a partir de los años en los que entrará en vigor la NOM, tal como se muestra en la Tabla 33.

Tabla 33. Cumplimiento gradual para valores límite de PM10 y PM2.5 en el aire ambiente

Contaminante	Promedio	Año 1a	Año 3a	Año 5a
PM10	24 h	70 µg/m^3	60 µg/m^3	50 µg/m^3
	Anual	36 µg/m^3	28 µg/m^3	20 µg/m^3
PM2.5	24 h	41 µg/m^3	33 µg/m^3	25 µg/m^3
	Anual	10 µg/m^3	10 µg/m^3	10 µg/m^3
O3	De 1 hora	176 µg/m^3	176 µg/m^3	176 µg/m^3
		0.090 ppm	0.090 ppm	0.090 ppm
	8 horas	127 µg/m^3	118 µg/m^3	100 µg/m^3
		0.065 ppm	0.060 ppm	0.051 ppm

Fuente: DOF, 2021a; DOF, 2021b

V. BÚSQUEDA HEMEROGRÁFICA

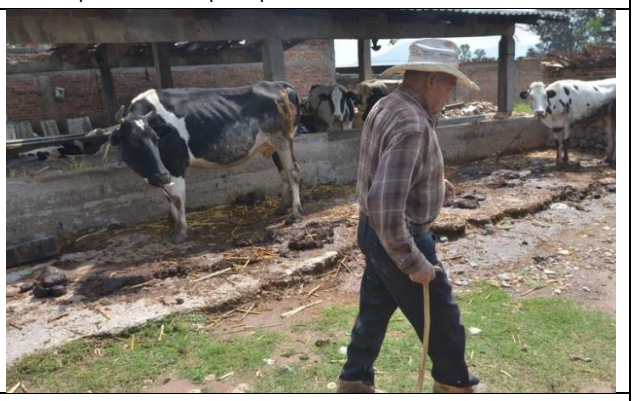
En esta sección se presentan algunos resultados relevantes de acontecimientos del fenómeno en estudio y cada uno de sus subcomponentes que se publicaron en noticias. La búsqueda hemerográfica consistió en formar diferentes combinaciones de palabras clave en buscadores digitales y conjuntar la información acotada al periodo de estudio del 1 de enero de 2014 al 30 de junio de 2024. Los diferentes eventos seleccionados se presentan en el **Anexo 4** y en la siguiente tabla se muestra el número de notas periodísticas por subcomponente del fenómeno.

Tabla 34. Número de noticias del mes de noviembre del 2024.

Fenómeno	Componente	Nov.
Sanitario - ecológico	Epidemias	9
	Plagas	11
	Contaminación del agua	12
	Contaminación del suelo	10
	Contaminación de alimentos	2
	Contaminación del aire	14
Total		58

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan las fichas con el resumen de las principales notas periodísticas de cada subcomponente. En contaminación del agua los reportes destacaron la contaminación de varios ríos debido a descargas sanitarias o de industrias. En el caso de la contaminación de suelo sobresale la mala disposición de los residuos sólidos. En la contaminación de aire resalta la mala calidad del aire y las quemas como una fuente constante. En epidemias resaltan las noticias de la pandemia de la COVID-19 en sus distintas etapas y en plagas se reportan dos que ocasionaron pérdidas de cultivos (fresa y sorgo).

Epidemias			
Ficha	E.3	**Periódico**	El Sol de Irapuato
Autor	Oscar Reyes	**Fecha**	05/09/2020
Título	Habitantes de la zona rural padecen por pandemia		
Los contagios de Covid-19 han pegado con mayor fuerza al campo guanajuatense. Jesús Marmolejo Ramos, presidente de la Sociedad de Porcicultores, Ganaderos y Agricultores de Guanajuato, dijo que, aunque se han presentado contagios en la zona rural del estado, los productores no pueden darse el lujo de reposar, aunque se hayan infectado.			
Fuente: https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/habitantes-de-zona-rural-padecen-por-pandemia-5717855.html			

Plagas			
Ficha	P.5	**Periódico**	El Sol de Irapuato
Autor	Karla Aguilera	**Fecha**	14/08/2020
Título	Brotan plagas en agro por sequía		
La falta de lluvias y el incremento de la temperatura en Irapuato ha provocado que haya brote de pulgón amarillo en los cultivos de sorgo del municipio, por lo que la CNC exhortó a los campesinos a prevenir la plaga antes de que haya graves pérdidas en el campo.			
Fuente: https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/brotan-plagas-en-agro-por-sequia-5627324.html			

Contaminación del agua			
Ficha	CA.5	**Periódico**	El Sol de Irapuato
Autor	Mauricio Martínez Coss	**Fecha**	13/11/2018
Título	Enferman vecinos por aguas negras		

Vecinos de la colonia Las Américas denunciaron una enorme fuga de agua en el drenaje de la calle Tierra de Fuego que ha provocado problemas de salud a colonos de esta misma vialidad y calles como Bolivia y Matogroso. Los afectados señalaron que la fuga de aguas residuales que se originó en el cruce de las calles Matogroso y Tierra de fuego tiene más de cuatro meses en el lugar y a pesar de que ya reportaron el problema ante la autoridad competente, la Junta de Agua Potable, Drenaje, Saneamiento y Alcantarillado del municipio de Irapuato no ha intervenido en el lugar.	
Fuente: https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/enferman-vecinos-por-aguas-negras-2660631.html	

Contaminación del suelo			
Ficha	CS.4	**Periódico**	El Sol de Irapuato
Autor	Mauricio Coss | Martín Martínez	**Fecha**	18/05/2020
Título	Tiradero clandestino, cerro de Los Conejos		
El cerro de Los Conejos en Irapuato se ha convertido en un basurero clandestino donde se depositan todo tipo de residuos, como animales muertos, televisores, jeringas, medicamentos y muebles, creando un foco de infección que afecta la zona y atrae a pepenadores, incluso niños. En los últimos dos años, el área contaminada ha crecido de media a una hectárea. Para ocultar la basura, este tiradero es incendiado frecuentemente, lo que agrava los riesgos de salud. La situación comenzó con vehículos que depositaban residuos y quemaban la basura para evitar su acumulación visible, pero en meses recientes la cantidad de residuos ha incrementado significativamente.			
Fuente: https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/tiradero-clandestino-cerro-de-los-conejos-5247566.html			

Plagas			
Ficha	P.5	**Periódico**	El Sol de Irapuato
Autor	Karla Aguilera	**Fecha**	14/08/2020
Título	Brotan plagas en agro por sequía		
La falta de lluvias y el incremento de la temperatura en Irapuato ha provocado que haya brote de pulgón amarillo en los cultivos de sorgo del municipio, por lo que la CNC exhortó a los campesinos a prevenir la plaga antes de que haya graves pérdidas en el campo.			
Fuente: https://www.elsoldeirapuato.com.mx/local/brotan-plagas-en-agro-por-sequia-5627324.html			

VI. DESARROLLO DEL TALLER CON DEPENDENCIAS

VI.1 Metodología

El taller para el FSE se efectuó con varias dependencias municipales. Al inicio del taller se realizó una exposición de la descripción de los componentes: epidemias, plagas y contaminación. Se explicaron las definiciones y el alcance planteado para cada uno de los temas expuestos:

a) Definiciones de cada uno de los fenómenos,
b) Alcance de la actualización de los fenómenos y
c) Forma de participación en la mesa de trabajo.

La herramienta usada en el taller fue una discusión guiada por una serie de preguntas detonadoras que permitieron iniciar la discusión tales como:

- ¿Qué eventos importantes relacionados a contaminación/epidemias/plagas han ocurrido en el municipio?
- ¿Podrías ubicar algún sitio de particular interés por su grado de afectación por el fenómeno?
- ¿Han determinado la influencia de X fuente de contaminación en algún lugar del municipio o cultivo?
- ¿Cómo vivieron la pandemia COVID en relación a los servicios de salud?
- ¿Crees que haya otro padecimiento importante por verificar?
- ¿Hay algún cultivo especialmente afectado? ¿Hay alguna plaga nueva?
- ¿Cuáles son los puntos críticos de contaminación?
- ¿Hay centros de salud saturados?
- ¿Enfermedades o campañas de enfermedades recurrentes?

A los participantes se les mostraron tres mapas del municipio en el que se les pidió señalar las zonas críticas. Se les explicó a los participantes la importancia de obtener la información y que el uso posterior de la información seria para el planteamiento de visitas de campo o muestreos.

VI.2 Resultados

Las principales **epidemias** reportadas para el municipio de Irapuato son: COVID y enfermedades respiratorias agudas. Otras son las Gastrointestinales, principalmente en la zona sur (colonias ubicadas a la salida de Abasolo y Pueblo Nuevo), esto debido a las condiciones socioeconómicas y al grado de hacinamiento. Los hospitales principales del municipio son: SEDENA; IMSS, ISSSTE, H. General, H. Materno Infantil y CAISES. Los CAISES se encuentran sobresaturados por la demanda de la población.

Las plagas urbanas como cucarachas, araña violinista, chinches, ratas y vectores como el mosquito transmisor del dengue, no han sido críticas. Las chinches (más frecuentemente reportadas) no representan un riesgo a la salud del ser humano y la presencia de garrapatas no ha derivado en ningún caso de bacteria Rickettsia ni de tripanosomas. Sólo un caso de dengue ha sido crítico. La plaga de alacrán si es crítica, ya que el alacranismo ocupa el sexto lugar de muertes por plagas en el municipio. Las plagas se ubicaron principalmente en la zona sur.

Otras especies invasoras, como el cotorro argentino, si han tenido avistamientos en el zoológico, calle Vasco de Quiroga, la Prepa Oficial y el DIF. El muérdago afecta al arbolado y se ha encontrado en el Blvd. Arandas y el Parque Ecológico de Irapuato. En el Parque Irekua se han encontrado murciélagos, pero no las consideran como plagas.

El municipio ha promovido la campaña de patio limpio y realiza nebulizaciones constantes para evitar la prevalencia del mosquito y otras plagas. Asimismo, cuenta con un laboratorio de entomología donde se revisan especímenes de plagas para su identificación.

En relación con la **contaminación de agua**, los participantes refirieron a descargas sanitarias domesticas en Col. Bellavista, Buenavista, Villas San Cayetano, Carrizal Grande, Arroyo Santa Rita, Canal de Riego en la Col. La Lupita y Col. 12 de Diciembre. Descargas industriales hacia el Río Temascatío de origen alimenticias (empresas como Lala y Danone), cerca de Ciudad Industrial, Río Silao, Españita, Los Lobos. Añadiendo que hubo un evento

de derrame de hidrocarburos e incendios en al gua en Río Guanajuato con Arroyo Santa Rita, Col. Josefa Ortiz Domínguez, Río Silao, San Cayetano. Se mencionó que el manejo de residuos especiales en arroyos es un tema generalizado. Sobre el tema de calidad del agua del acuífero, se hizo de conocimiento que existe contaminación natural del acuífero en algunos pozos.

Acerca del rubro de **contaminación de suelo y alimentos** se encontró que existen algunos casos de aceites derramados por accidentes, que hay un sitio de acumulación de residuos en San Francisco de la Cruz, en Lomas de los Conejos y otro cerca de la Central de Abastos. Se menciona que existe el riego de cultivos de fresas en la zona sur, cercana a la salida a Abasolo.

Acerca del subcomponente de **contaminación de aire** se mencionó que existe quema de esquilmo en Blvd. Chinacos, pirotecnia en diciembre en los barrios y olores provenientes de Salamanca y que existen tres estaciones de monitoreo de calidad de aire.

VII. RESULTADOS

VII.1 Epidemias

Se presentan los resultados de las enfermedades estudiadas, respiratorias, gastrointestinales y transmitidas por vectores.

VII.1.1 Infraestructura de salud

VII.1.1.1 Hospitales

Los hospitales de Irapuato brindan infraestructura y médicos especialistas para atender enfermedades específicas. Por ejemplo, el hospital materno infantil se especializa en servicios para mujeres y bebés, incluyendo cuidados neonatales intensivos

El Hospital General Irapuato es unas de las unidades de segundo nivel de mayor resolución en el centro del país ahora convertido en una Torre de Especialidades con una gama de cartera de servicios para la gente de la región. Los servicios ofertados en consulta son Cirugía, Urología, Neurocirugía, Maxilofacial, Traumatología, cirugía de cadera, plática, oncología, nutrición, psicología y odontología.

Tabla 35. Hospitales públicos ubicados en el municipio.

Número	Nombre	Institución	Colonia / Localidad
1	Hospital Materno infantil Irapuato	Secretaría de Salud de Guanajuato	Vialidad interior 367, Col. Revolución Col. Malvas revolución. C.P. 36547
2	Hospital General Irapuato	Secretaría de Salud de Guanajuato	Calle Reverte Mexicano 1959, Col. Viveros Revolución. C.P.36699
3	Clínica Hospital "Irapuato"	ISSSTE	Av. de la Rivera 275, Las Trojes. C.P. 36640
4	Hospital General Zona MF 2 Irapuato	IMSS	Avenida De La Reforma 307 Irapuato, Col. Gámez

Fuente: Elaboración propia con datos de ISSSTE (2015), IMSS (IMSS, s.f.) y SSG (2025)

VII.1.1.2 CAISES

Los Centros de Atención Integral y Servicios Esenciales en Salud (CAISES) son unidades médicas que ofrecen atención básica y preventiva. En la siguiente tabla se menciona el número de estos elementos, así como su ubicación en el municipio de Irapuato.

Tabla 36. Número de CAISES en el municipio.

Número	Nombre	Clave	Colonia / Localidad
1	Benito Juárez	GTSSA005765	Colonia Benito Juárez 1
2	Colon	GTSSA001681	Colonia Álvaro Obregón
3	Galaxia El Naranjal	GTSSA005695	Fraccionamiento Galaxia Naranjal
4	Las Misiones	GTSSA016546	Colonia Las Misiones
5	Purísima Del Jardín	GTSSA016726	Fraccionamiento Purísima Del Jardín

Fuente: (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024)

VII.1.1.3 UMAPS

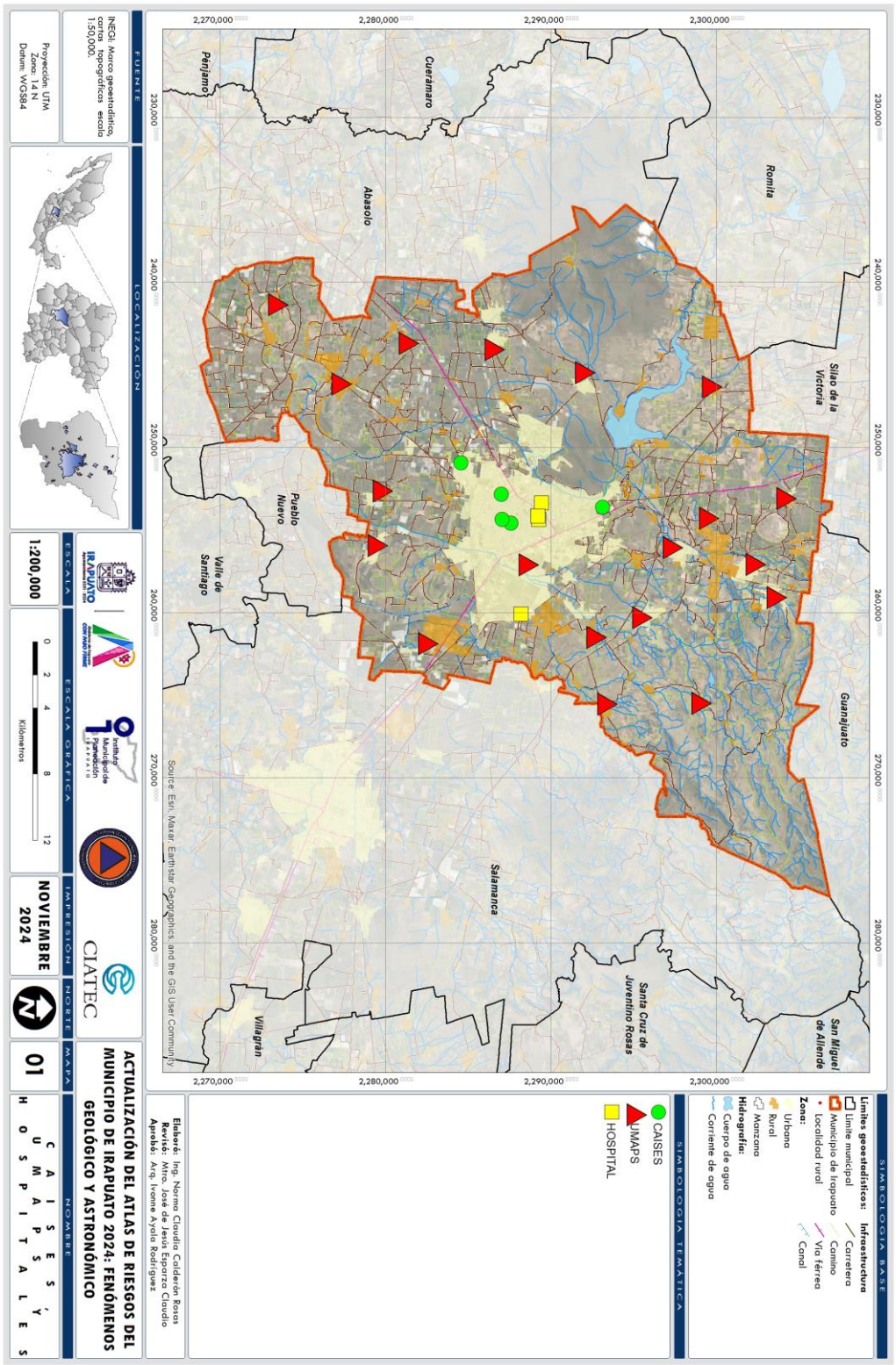
Las Unidades Médicas de Atención Primaria en Salud (UMAPS) sirven para la promoción de la salud y de prevención de enfermedades en un lugar más cercano a la residencia de la población a la que atienden. En el municipio se contabilizan 19 unidades, así como su ubicación. En el Mapa 1 se observa la localización de estas unidades de salud en el municipio.

Tabla 37. Número de UMAPS en el municipio.

Número	Nombre	Clave	Colonia / Localidad
1	Lucio Cabañas	GTSSA017706	Colonia Lucio Cabañas
2	Aldama	GTSSA001722	Jardín Hidalgo
3	Valencianita	GTSSA001845	Ejido Valencianita
4	La Calera	GTSSA005840	Ejido La Calera
5	Peñuelas	GTSSA001751	Colonia Peñuelas
6	San Antonio De Chico	GTSSA001780	Colonia San Antonio De Chico
7	San Roque	GTSSA001816	Ejido San Roque
8	San Nicolás Temascatío	GTSSA005263	Ejido San Nicolás Temascatío
9	Santa Rosa Temascatío	GTSSA001821	Ejido Santa Rosa Temascatío (Santa Rosa De La Cruz)
10	Márquez	GTSSA001746	Pueblo Hacienda De Márquez
11	San Agustín	GTSSA001775	Ejido San Agustín De Los Tordos
12	San Antonio El Rico	GTSSA001792	San Antonio El Rico
13	Lo De Juárez	GTSSA005666	Colonia Ejido Lo De Juárez
14	Cuchicuato	GTSSA001710	Ejido Cuchicuato
15	La Caja	GTSSA001705	Ejido La Caja
16	Laguna Larga	GTSSA001734	Ejido Laguna Larga

Número	Nombre	Clave	Colonia / Localidad
17	Rivera De Guadalupe	GTSSA001763	Ejido Rivera De Guadalupe
18	Tomelópez	GTSSA001833	Ejido Tomelópez
19	Venado De Yóstiro	GTSSA005835	Ranchería El Venado De Yóstiro

Fuente: (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024)



Mapa 1. Ubicación geográfica de CAISES, UMAPS y hospitales públicos.

VII.1.1.4 Población de responsabilidad

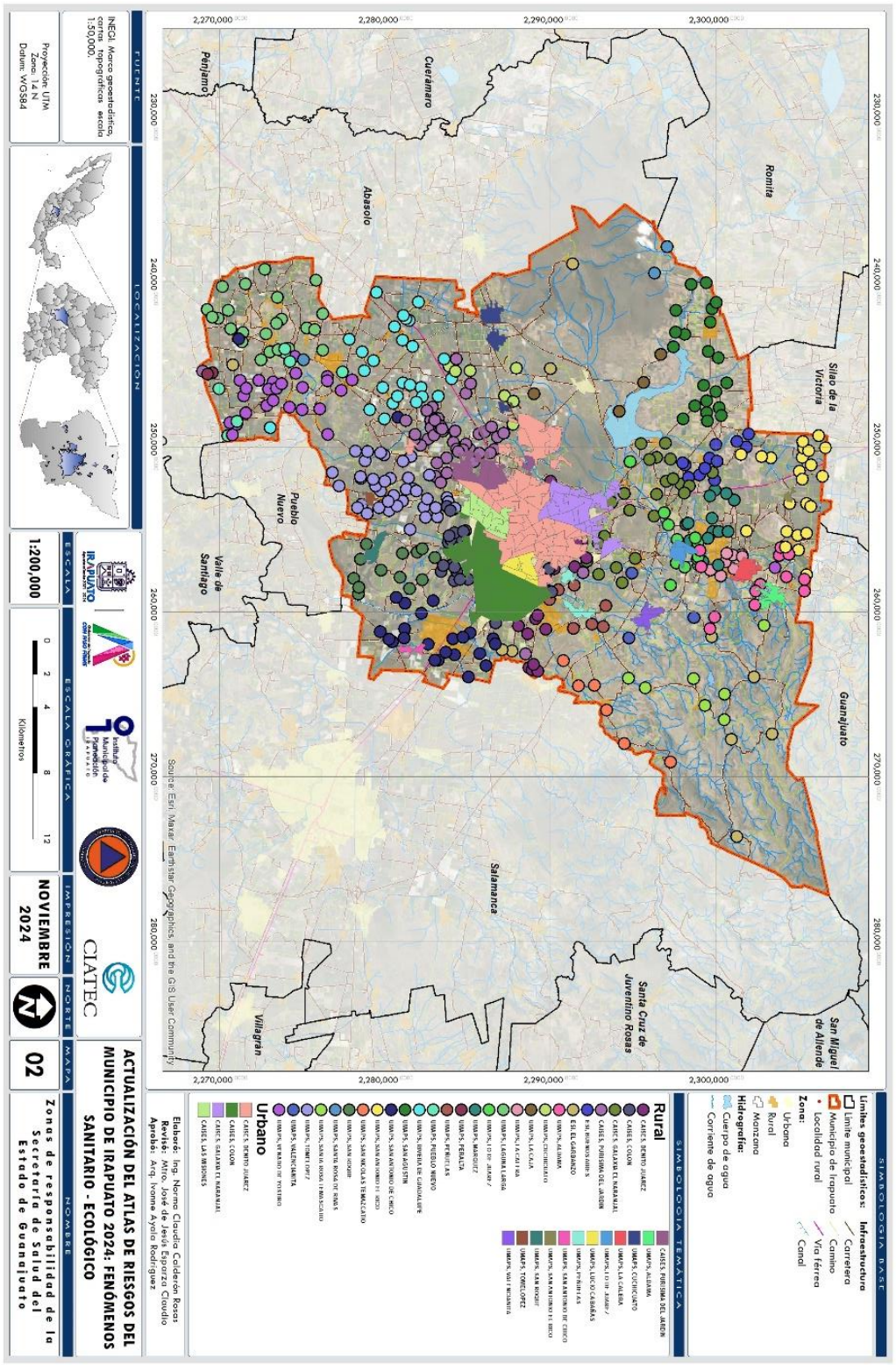
En la siguiente tabla se indica el número de personas atendidas en CAISES y UMAPS del municipio. El CAISES Benito Juárez es la unidad que más población atiende, mientras que el segundo y tercer lugar son los CAISES Colón y Galaxia El Naranjal, respectivamente.

Tabla 38. Población estimada atendida por CAISES en 2022

Tipo	Nombre	Población (habitantes)
CAISES	Benito Juárez	77,662
	Colón	18,339
	Galaxia El Naranjal	25,463
	Las Misiones	26,903
	Purísima Del Jardín	27,123
UMAPS	Aldama	2,901
	Cuchicuato	11,466
	La Caja	2,964
	La Calera	5,142
	Laguna Larga	3,050
	Lucio Cabañas	12,784
	Márquez	2,025
	Peñuelas	4,739
	Rivera De Guadalupe	10,415
	San Agustín	4,730
	San Antonio De Chico	2,189
	San Antonio El Rico	5,741
	San Nicolás Temascatío	3,138
	San Roque	4,939
	Santa Rosa Temascatío	1,675
	Tome López	7,604
	Lo De Juárez	2,695
	Venado De Yóstiro	4,527
	Valencianita	1,550

Fuente: (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024)

A continuación, se presenta la ubicación de la población que podría atenderse en las unidades de los CAISES y UMAPS.



Mapa 2. Zonas de responsabilidad de los CAISES y UMAPS.

VII.1.1.5 Laboratorio de entomología

La Jurisdicción Sanitaria VI cuenta con un laboratorio de entomología, ubicado en el municipio de Irapuato, donde reciben especímenes de las principales plagas que son de riesgo para la población. Las instalaciones de encuentran en la comunidad de San Antonio El Chico; en éste se cría la especie de mosquito *A. aegypti*, el cual es portador del virus del dengue. Para su desarrollo, el laboratorio se cuenta con jaulas tapadas con malla, dentro de las cuales se colocan bebederos con azúcar para los machos. Para las hembras, se dispone un instrumento el cual a su interior contiene sangre humana cubierto con un Parafilm previamente frotado en sudor humano para su reconocimiento y alimentación, (ver Figura 2).

Figura 2. Jaulas (izq.) y dispositivos para alimentación (der.) de la cría de mosquito *A. aegypti*
Fuente: Fotografías propias.

También se colocan depósitos de agua con una malla donde los huevos de mosquito quedarán retenidos. Estas mallas se sacan y colocan en bandejas con agua para que los huevos eclosionen y las larvas se desarrollen. Posteriormente, las larvas son alimentadas con una solución acuosa de harina de pescado; las bandejas son tapadas con malla para evitar que las larvas escapen al término de su desarrollo. Los moscos adultos son aspirados y se colocan en las jaulas para que continúen su ciclo. Cabe hacer mención que la sangre de la que se alimentan las hembras proviene de personas donadoras, así como conejos, los cuales se colocan dentro de unas jaulas más grandes.

Figura 3. Bandejas para crecimiento (izq.) y trampas con un conejo alimentador (der.)

Fuente: Fotografías propias.

Adicionalmente, se colocan ovitrampas en los hogares irapuatenses. Éstas se componen de botes donde los mosquitos colocan sus huevos. Posteriormente, se llevan al laboratorio donde los mosquitos son congelados y en ese estado, se transportan al laboratorio estatal ubicado en León, Guanajuato. Allí, la detección se lleva a cabo mediante técnicas moleculares y se pueden identificar los virus del dengue, zika y chikunguña. La temporada más alta de casos de dengue es de mayo a septiembre, siendo las colonias San Gabriel, La Lupita, Nuevo México, 12 de Diciembre, San Roque y El Refugio las que más casos presentan.

Figura 4. Ovitrampas (izq.) para la recolección de huevecillos de mosquito *A. aegypti* (der.)

Fuente: Fotografías propias.

El laboratorio también es encargado de realizar nebulizaciones y aspiraciones para atrapar moscos con base en una calendarización por colonia. No obstante, cuando aparecen los brotes se deben llevar a cabo los trabajos de nebulización en las zonas de riesgo, y algunas veces al interior de las viviendas.

VII.1.2 Análisis para seleccionar las principales enfermedades a nivel municipal

VII.1.2.1 Incidencia de las principales causas de morbilidad en Irapuato 2023

En la siguiente tabla, se pueden observar las 20 principales causas de morbilidad en el municipio para el año 2023. Nueve de estas causas se pueden clasificar como enfermedades trasmisibles, siete son enfermedades no trasmisibles y cuatro son causas externas de morbilidad.

Tabla 39. Principales causas de morbilidad en Irapuato durante el 2023.

No.	Causa	Casos	Incidencia 100,000 hab.
1	Infecciones respiratorias agudas	79,198	12,963
2	Infección de vías urinarias	13,154	2,153
3	Enfermedad diarreica aguda	6,156	1,008
4	Intoxicación por picadura de alacrán	4,445	728
5	COVID-19	4,388	718
6	Gingivitis y enfermedad periodontal	3,806	623
7	Úlceras, gastritis y duodenitis	3,739	612
8	Vulvovaginitis	2,692	441
9	Hipertensión arterial	2,572	421
10	Accidentes de transporte en vehículos con motor	2,423	397
11	Diabetes mellitus tipo 2	2,106	345
12	Conjuntivitis	2,094	343
13	Obesidad	1,991	326
14	Violencia intrafamiliar	1,124	184
15	Insuficiencia venosa periférica	942	154
16	Herida por arma de fuego y punzocortantes	870	142
17	Otitis media aguda	829	136
18	Dengue no grave	727	119
19	Depresión	719	118
20	Infección asociada a la atención de la salud	527	86

Fuente: Secretaría de Salud, 2023.

Las infecciones respiratorias agudas fueron la principal causa con un total de 79,198 casos y una incidencia de 12,963 casos por cada 100,000 habitantes. En segundo lugar, están las infecciones de vías urinarias con una incidencia de 2,153 casos por 100,000 habitantes (13,154 casos), seguido de la enfermedad diarreica aguda con 6,156 casos (incidencia de 1,008 casos por 100,000 habitantes). La cuarta causa es la intoxicación por picadura de alacrán con una incidencia de 728 casos por 100,000 habitantes, seguido de la COVID-19 con 718 casos por 100,000 habitantes.

La coexistencia de enfermedades transmisibles y no transmisibles entre las principales causas de morbilidad refleja la doble carga de la enfermedad que enfrenta la población en Irapuato. Las infecciones respiratorias agudas son la principal causa de morbilidad, lo que sugiere la necesidad de intervenciones de salud pública enfocadas en la prevención y el tratamiento de estas infecciones. La alta incidencia de infecciones de las vías urinarias y enfermedades diarreicas agudas indica la importancia de las medidas de saneamiento e higiene.

VII.1.2.2 Egresos hospitalarios en Irapuato 2023

En el 2023 se registraron 13,963 egresos hospitalarios en Irapuato, los cuales se desglosan en la siguiente tabla. Los padecimientos relacionados con la atención del embarazo, parto y puerperio abarcan la mayor cantidad de hospitalizaciones con 4,754 representando el 34.05% del total de egresos.

Tabla 40. Principales causas de morbilidad asociadas a egresos hospitalarios en Irapuato, 2023.

No.	Causa	Egresos	Porcentaje
1	Atención obstétrica	4,754	34.05%
2	Tumores	1,286	9.21%
3	Traumatismos	1,059	7.58%
4	Neumonías y bronconeumonías	486	3.48%
5	Diabetes mellitus	473	3.39%
6	Colelitiasis	224	1.60%
7	Enfermedad diarreica aguda	192	1.38%
8	Apendicitis aguda	179	1.28%
9	Leucemias	152	1.09%
10	Heridas	135	0.97%
11	Catarata	125	0.90%
12	Cirrosis hepática	119	0.85%
13	Epilepsia	111	0.79%
14	Ictericia neonatal	89	0.64%
15	Infección de vías urinarias	84	0.60%
16	Infarto agudo al miocardio	69	0.49%
17	Hernia umbilical	56	0.40%
18	Hiperplasia de la próstata	56	0.40%
19	Dengue	38	0.27%
20	Hepatitis A	16	0.11%

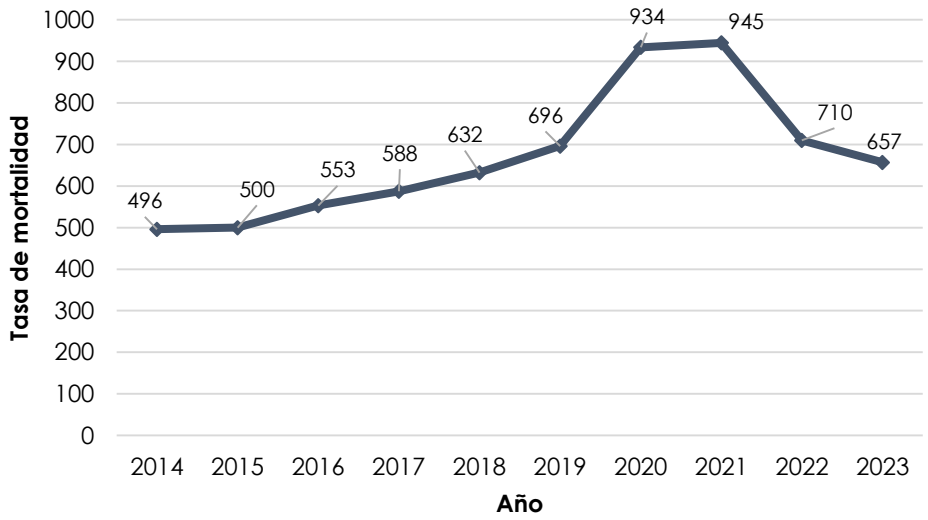
Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Dirección General de Informacion en Salud, 2025).

La segunda causa de hospitalizaciones fue el diagnóstico y tratamiento de los tumores. Se incluyeron todos los tipos de tumores sólidos, con 1,286 hospitalizaciones (9.21% del total de egresos). En tercer lugar, se encuentran los traumatismos con 1,059 egresos (7.58%).

Respecto a enfermedades infecciosas, se encuentran a las neumonías y bronconeumonías con 486 egresos (3.48%), que a nivel municipal ocupa el cuarto lugar. Otras fueron las enfermedades diarreicas agudas, las infecciones de vías urinarias, el dengue y la hepatitis A, en porcentajes aproximados al 1%.

VII.1.2.3 Mortalidad

Se presenta la evolución de la tasa de mortalidad general del 2014 al 2023 (Gráfica 1). En el año 2014 la mortalidad fue de 496 defunciones por cada 100,000 habitantes, aumentando cada año hasta el año 2021 con 945 defunciones por 100,000 habitantes. La tasa de mortalidad general muestra una tendencia fluctuante, con un aumento significativo en los años 2020 y 2021, probablemente debido a la pandemia de COVID-19, lo cual modificó esta tasa de mortalidad. En el 2023 la mortalidad general se redujo a 657 defunciones por 100,000 habitantes.



Gráfica 1. Evolución de la tasa de mortalidad en Irapuato del 2014 al 2023.
Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025)

Tomando en cuenta el total de las defunciones del 2014 al 2023 se presenta en la tabla las 10 principales causas de mortalidad en la tabla siguiente. Durante estos 10 años la principal causa fue la Diabetes Mellitus tipo 2 con 6,315 defunciones y una tasa de mortalidad de 1,056 defunciones por cada 100,000 habitantes. En segundo lugar, se encuentra el Infarto

Agudo al Miocardio con 5,796 defunciones (969 defunciones por 100,000 habitantes). El hecho que la diabetes mellitus tipo 2 y el infarto agudo al miocardio sean las principales causas de mortalidad destaca la creciente carga de las enfermedades no transmisibles.

En tercer lugar, se encuentra a la violencia con una mortalidad de 708 defunciones por 100,000 habitantes, los tumores malignos con 603 defunciones por 100,000 habitantes y la COVID-19 con 347 defunciones por 100,000 habitantes.

Tabla 41. Principales causas de mortalidad asociadas a egresos hospitalarios en Irapuato, 2023.

No.	Causa de defunción	Defunciones	Tasa de mortalidad
1	Diabetes mellitus tipo 2	6,315	1,056
2	Infarto agudo al miocardio	5,796	969
3	Violencia	4,236	708
4	Tumores malignos	3,607	603
5	COVID-19	2,075	347
6	Cirrosis hepática	1,406	235
7	Neumonía	1,277	214
8	Enfermedad Pulmonar Obstructiva crónica (EPOC)	995	166
9	Enfermedad renal crónica	891	149
10	Otras enfermedades cardiacas	649	109

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025).

En cuestión de enfermedades infecciosas, destacan las respiratorias como la neumonía, COVID-19 y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica, lo cual era esperado considerando la emergencia sanitaria por la pandemia de COVID-19.

VII.1.2.4 Enfermedades seleccionadas

Después de haber analizado a nivel municipal la incidencia, tasa de mortalidad y altas hospitalarias, se seleccionaron varias enfermedades a discutir a detalle. A continuación, se presentan las principales causas de morbilidades y otras de interés asociadas a una transmisión infecciosa.

En total se registraron varias enfermedades consideradas de importancia médica para la región. Este grupo de padecimientos se clasificó para su análisis de acuerdo con la Tabla que se presenta a continuación.

Tabla 42. Enfermedades de interés según el mecanismo de transmisión.

Mecanismos de transmisión		Descripción según Secretaría de Salud	Enfermedad
Contagio de virus o bacterias	Los tres medios principales para la transmisión de las infecciones por el aire son las gotas de saliva, los núcleos de gotas y el polvo (Peters & Pasvol, 2010).	Enfermedades infecciosas del aparato respiratorio	Influenza Neumonías y bronconeumonías Infecciones respiratorias agudas
	Estas enfermedades que se transmiten por el consumo de alimentos o agua contaminada.	Enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo, y otras.	Infecciones gastrointestinales Cólera Salmonela Hepatitis A Gastroenteritis
	Este tipo de enfermedades puede ser contagiado persona a persona por contacto mano a mano o por superficies contaminadas.	Enfermedades transmitidas debido a contacto directo	COVID-19 Varicela
Inoculación a través de vectores	Enfermedades causadas por un agente vivo (como los insectos) que ingieren microorganismos de la sangre que consumen de otros seres vivos y después los transmiten mediante sus picaduras.	Enfermedades transmitidas por vectores	Dengue Alacranismo

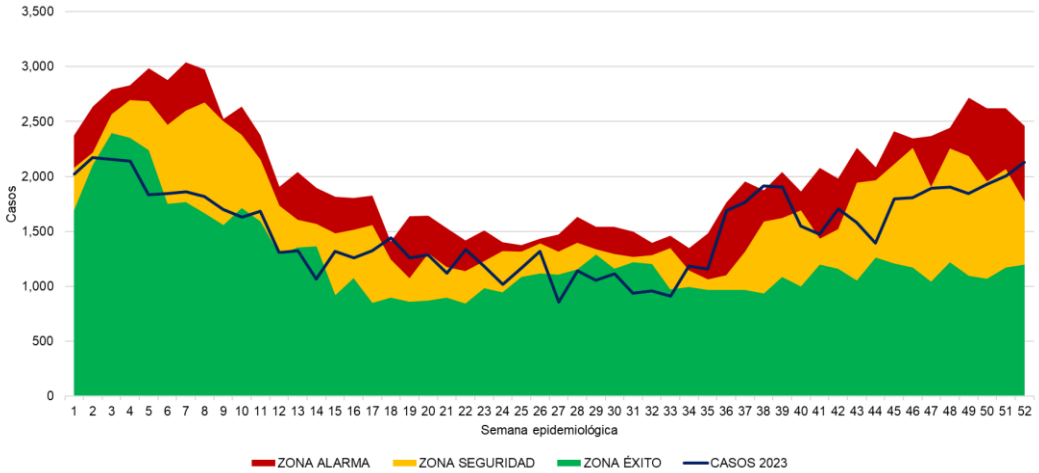
Fuente: Elaboración propia.

VII.1.3 Infecciones respiratorias agudas (J00-J06, J20, J21, excepto J02.0 Y J03.0)

Las enfermedades respiratorias son críticas para la salud pública, que de acuerdo con la clasificación incluye resfriado común, laringitis y bronquitis aguda, entre otras. Los tres medios principales para la transmisión de las infecciones por el aire son las gotas de saliva, los núcleos de gotas y el polvo (Peters & Pasvol, 2010).

La bronquitis (J20) es una inflamación de los bronquios, es generalmente causada por infecciones virales o bacterianas. Está más relacionada con el tabaquismo o la exposición prolongada a irritantes, mientras que las exposiciones ambientales y ocupacionales también contribuyen (Wildysanto, Goldin, & Mathew, 2025)

A continuación, en la Gráfica 2 se presenta el canal endémico de las infecciones respiratorias agudas con información del 2016 al 2022, tomando como datos los incidentes registrados en 2023.

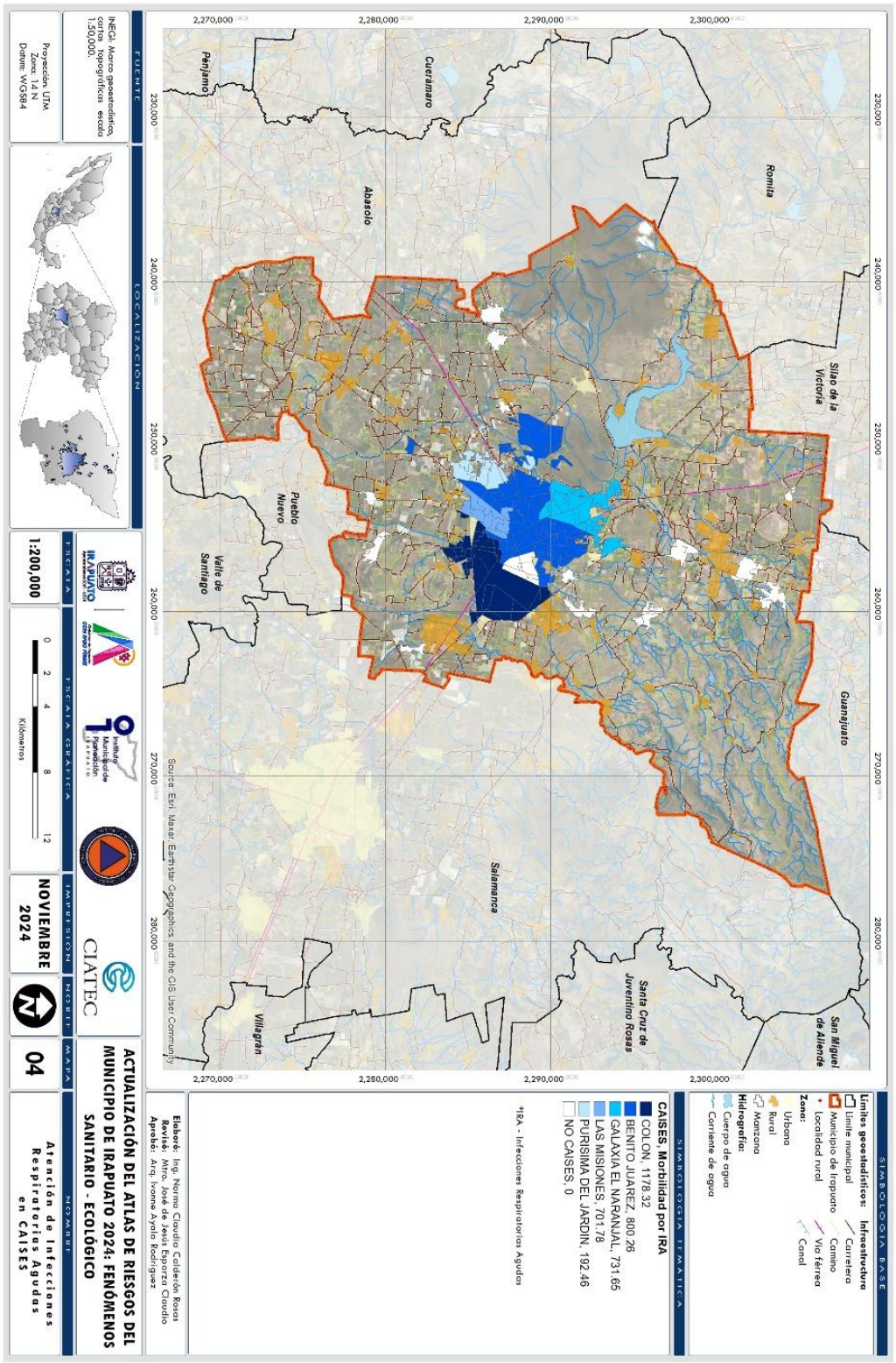


Gráfica 2. Canal endémico de infecciones respiratorias agudas 2016-2022, con casos incidentes 2023.

Fuente: Elaboración propia con información de los boletines epidemiológicos (Secretaria de Salud, s.f.).

El comportamiento histórico de este grupo de enfermedades tiene un predominio en la época de otoño e invierno, siguiendo el patrón de la temporada de influenza, que va de la semana epidemiológica 40 a la semana epidemiológica 20. Durante el 2023 los casos se mantuvieron en la zona de éxito y seguridad la mayor parte del año, a excepción del periodo comprendido entre la semana 34 y 42, donde hubo un repunte de casos estando en la zona de alarma.

Se presenta el número de casos del municipio de Irapuato de las infecciones respiratorias, atendidas en los CAISES. El que presenta la mayor incidencia con respecto a los demás es Colón. No se reporta mortalidad por bronquitis en la década de estudio.



Mapa 3. Incidencia de Infecciones Respiratorias Agudas en CAISES.

VII.1.4 Neumonías y bronconeumonías (J12-J18, excepto J18.2, J13 y J14)

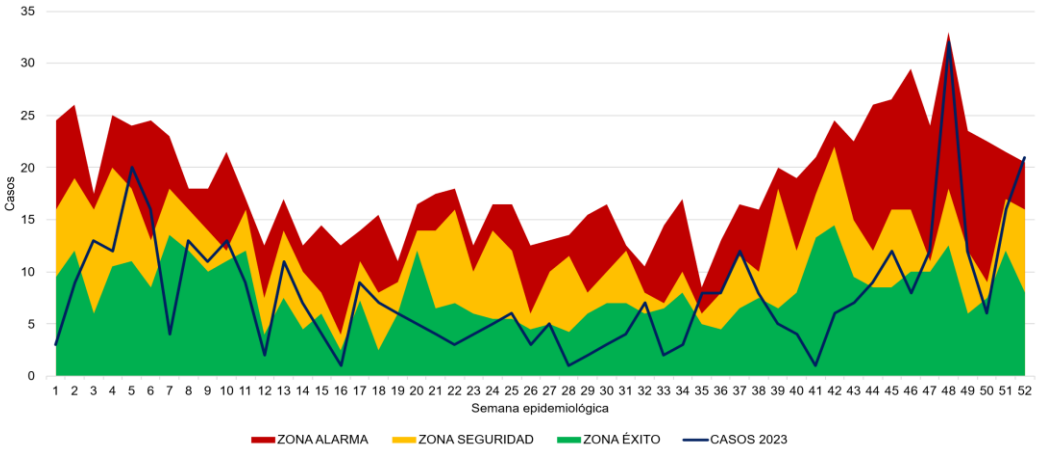
La neumonía es una infección que afecta a los pulmones, en la que los sacos aéreos de éstos se pueden llenar de líquido o pus. Los síntomas más frecuentes son tos con flema o pus, fiebre, escalofríos y dificultad para respirar. En esta clasificación se encuentran, (IMSS, 2017):

- J12 Neumonía viral, no clasificada en otra parte.
- J13 Neumonía debida *al Streptococcus pneumoniae*.
- J14 Neumonía debida a *Haemophilus influenzae*.
- J15 Neumonía bacteriana, no clasificada en otra parte.
- J16 Neumonía debida a otros microorganismos no infecciosos, no clasificados en otra parte.
- J17 Neumonía en enfermedades clasificadas en otra parte.
- J18 Neumonía, organismo no especificado.

El 80% son neumonías adquiridas en la comunidad, que pueden ser tratadas de manera ambulatoria y tiene baja mortalidad 1%; mientras que el 20 % restante serían neumonías graves que requieren tratarse hospitalizados o en una unidad de cuidados intensivos y tienen una mortalidad de hasta 12%. Esta enfermedad se presenta con mayor frecuencia en épocas invernales.

La etiología de la neumonía también es diferente de acuerdo con el grupo de edad y características del individuo; sin embargo, el principal patógeno respiratorio es el *Streptococcus pneumoniae* ya que es causante de la mayoría de las neumonías comunitarias y hospitalarias. Alrededor de una tercera parte de las neumonías son ocasionadas por *Haemophilus influenzae*, *Mycoplasma pneumoniae*, *Chlamydia pneumoniae*, virus respiratorios (influenza, parainfluenza, sincicial respiratorio y adenovirus), *S. aureus*, bacilos Gram negativos entéricos, *Legionella sp* y anaerobios estrictos, cada uno de los cuales es responsable, en general, de menos de 10% de los casos, (CEVECE, 2020). La neumonía viral habitualmente se presenta en brotes epidémicos por virus de la influenza, virus de COVID-19 y sincicial respiratorio (CEVECE, 2020).

En la siguiente Gráfica 3, se presenta el canal endémico de los casos de neumonías y bronconeumonías; se observa que un aumento de casos al final del año, llevando un patrón similar a las infecciones respiratorias y la temporada de influenza. Durante el 2023 existieron varios picos de casos, siendo mayor el de la semana 48.



Gráfica 3. Canal endémico de neumonías y bronconeumonías 2016-2022, con casos incidentes 2023.

Fuente: Elaboración propia con información de los boletines epidemiológicos (Secretaria de Salud, s.f.).

Los casos de neumonías y bronconeumonías atendidos en los CAISES, del 2021 al 2023, fueron muy escasos, apenas 3 en el último año y 8 en el 2022 en Colón y Galaxia pero debido a la baja incidencia no se presenta mapa.

Tabla 43. Casos de neumonías y bronconeumonías en los CAISES de Irapuato

CAISES	2021	2022	2023
Benito Juárez	0	0	0
Colon	0	3	2
Galaxia	1	5	1
Misiones	0	0	0
Purísima	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024)

Sobre las defunciones (Tabla 44) debidas a neumonía se cuenta con la siguiente información: se reportaron 1,156 fallecimientos por neumonía vírica, donde el 58% fue población masculina y el mayor número de casos se reportó en el 2020 y 2021. Los datos indicaron que las edades más afectadas fueron de 65 a 89 años.

Tabla 44. Casos de defunciones por neumonía vírica

Año	Defunciones	Masculino	Femenino
2014	79	41	38
2015	76	47	29
2016	85	42	43
2017	96	50	46
2018	134	75	59

[1089]

Año	Defunciones	Masculino	Femenino
2019	133	80	53
2020	253	160	93
2021	191	119	71
2022	109	58	51
Total	**1,156**	**672**	**483**

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025).

En el caso de la neumonía bacteriana no clasificada, se reportaron 33 fallecimientos de los cuales el 64 % fueron varones en el rango de 85-89 años.

Tabla 45. Defunciones reportadas para neumonía bacteriana.

Año	Defunciones	Masculino	Femenino
2014	0	0	0
2015	0	0	0
2016	0	0	0
2017	0	0	0
2018	3	2	1
2019	5	4	1
2020	7	4	3
2021	11	6	5
2022	7	5	2
Total	**33**	**21**	**12**

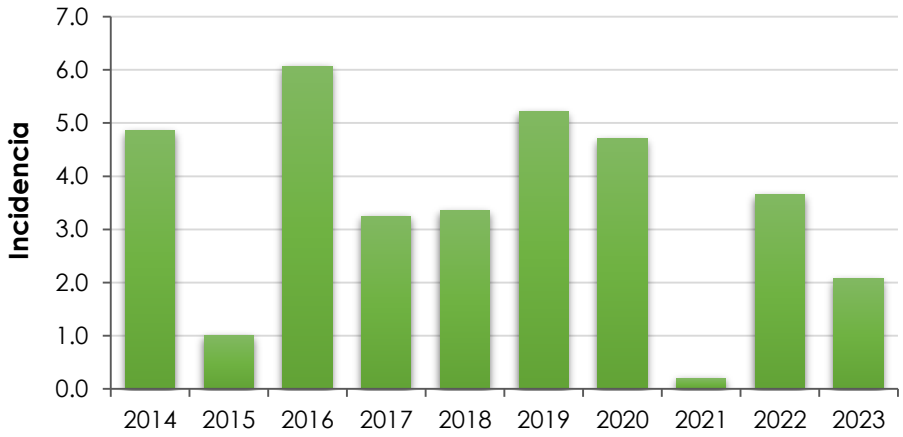
Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025).

Los factores de riesgo más importantes son la prematuridad, la edad mayor a los 65 años, alcoholismo, estados de inmunosupresión, tratamiento con fármacos inmunosupresores y comorbilidades como DM2, insuficiencia cardiaca, EPOC y cáncer.

VII.1.5 Influenza (J09-J11)

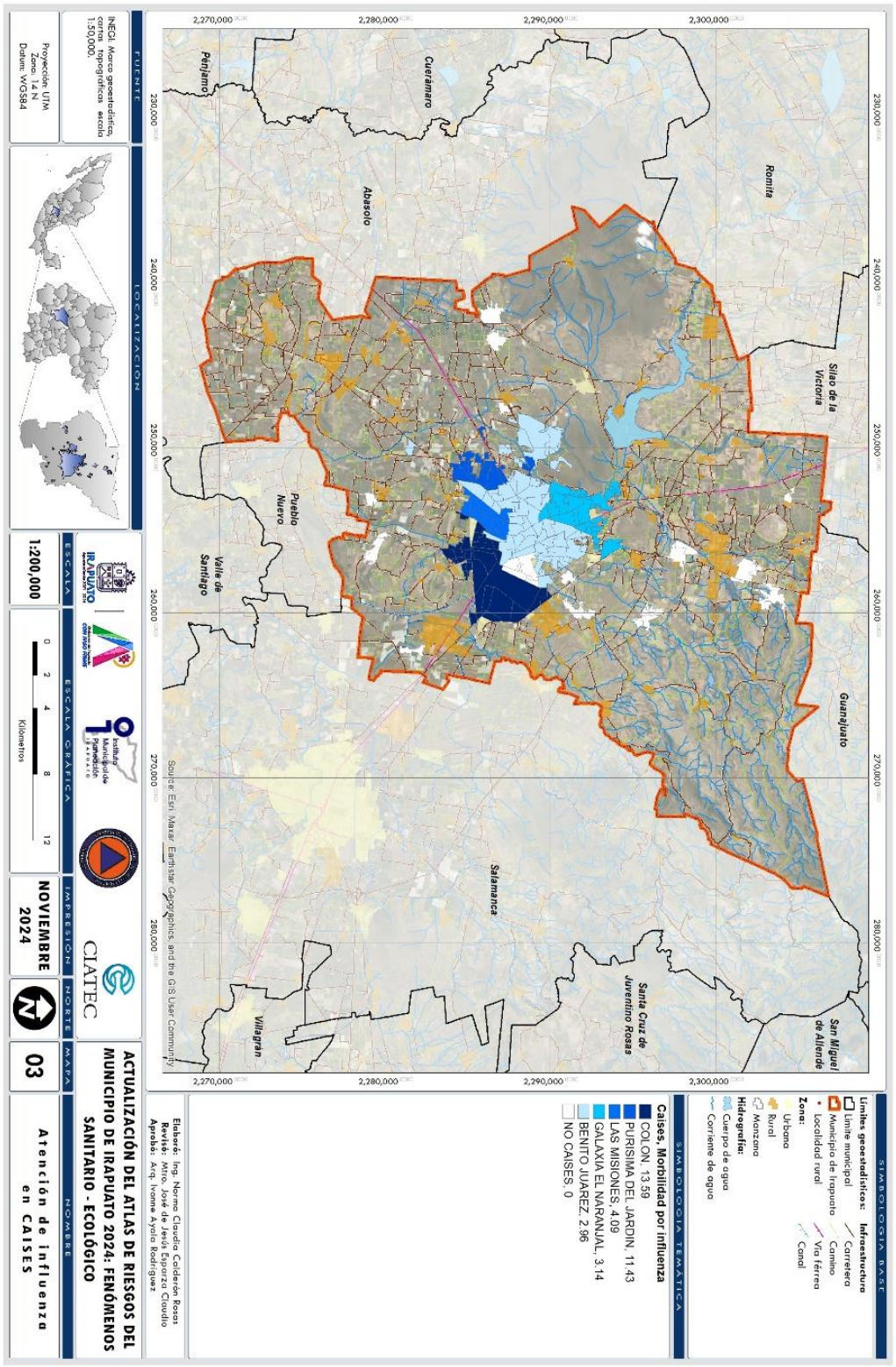
La influenza es una enfermedad respiratoria febril aguda, contagiosa, de elevada morbilidad que puede producir complicaciones mortales, se transmite por contacto con las gotas respiratorias que se emiten al toser o estornudar. Es causada por los virus conocidos de la influenza A, B, C caracterizados por tener un patrón bianual con predominio de subtipos virales circulantes en la población mexicana. En la década de estudio, en México, fueron A (H3N2) para los ciclos 2014-2015 y 2017-2018, y A (H1N1) para los ciclos 2013-2014 y 2015-2016 (Ruiz-Matus, Kuri-Morales, & Narro-Robles, 2017).

Las personas más susceptibles a esta enfermedad son los adultos mayores y los niños. En Irapuato ha sido una enfermedad prevalente. La Gráfica 4 muestra la incidencia del periodo 2014-2023, destacan los años 2015 y 2021 con los menores casos.



Gráfica 4. Incidencia de influenza (J09-J11) de 2014-2023 en la ciudad de Irapuato.
Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

A nivel local, la incidencia por cada 10,000 habitantes se presenta para el año 2022. Destaca la atención proporcionada en los CAISES de Colón, seguido de Purísima.



Mapa 4. Incidencia de Influenza en los CAISES de Irapuato.

Las defunciones registradas para influenza en la última década fueron de 13 casos (ver Tabla). Destacando que en los años 2021 y 2022 no se registraron. En cuanto a las diferencias por sexo, el masculino tuvo el doble de mortalidad que el femenino, según los datos presentados.

Tabla 46. Defunciones reportadas para influenza en Irapuato

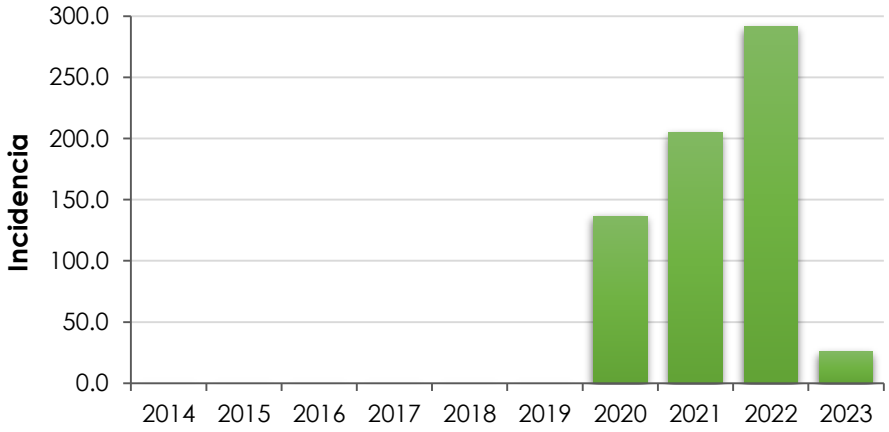
Año	Defunciones	Masculino	Femenino
2014	5	2	3
2015	0	0	0
2016	2	2	0
2017	2	2	0
2018	1	1	0
2019	2	1	1
2020	1	1	0
2021	0	0	0
2022	0	0	0
Total	**13**	**9**	**4**

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025).

VII.1.6 COVID-19 (U07-U07.2)

La pandemia de COVID-19 fue declarada por la Organización Mundial de Salud (OMS) una emergencia de salud pública de preocupación internacional el 30 de enero de 2020. La enfermedad COVID-19 es causada por el coronavirus del síndrome respiratorio agudo grave de tipo 2, o, más comúnmente, SARS-CoV-2 (Mojica-Crespo & Morales-Crespo, 2020). El virus se propaga más comúnmente por pequeñas gotas de líquido que se trasladan a través del aire entre las personas (Santos-Sánchez & Salas-Coronado, 2020). Aunque resulta en una enfermedad leve en otras, sobre todo adultos mayores, puede ser mortal.

Desde su aparición en 2020 ha sido cada año una epidemia recurrente en el municipio, siendo los años 2021 y 2022 los que registraron el mayor número de casos, como observamos en la gráfica.

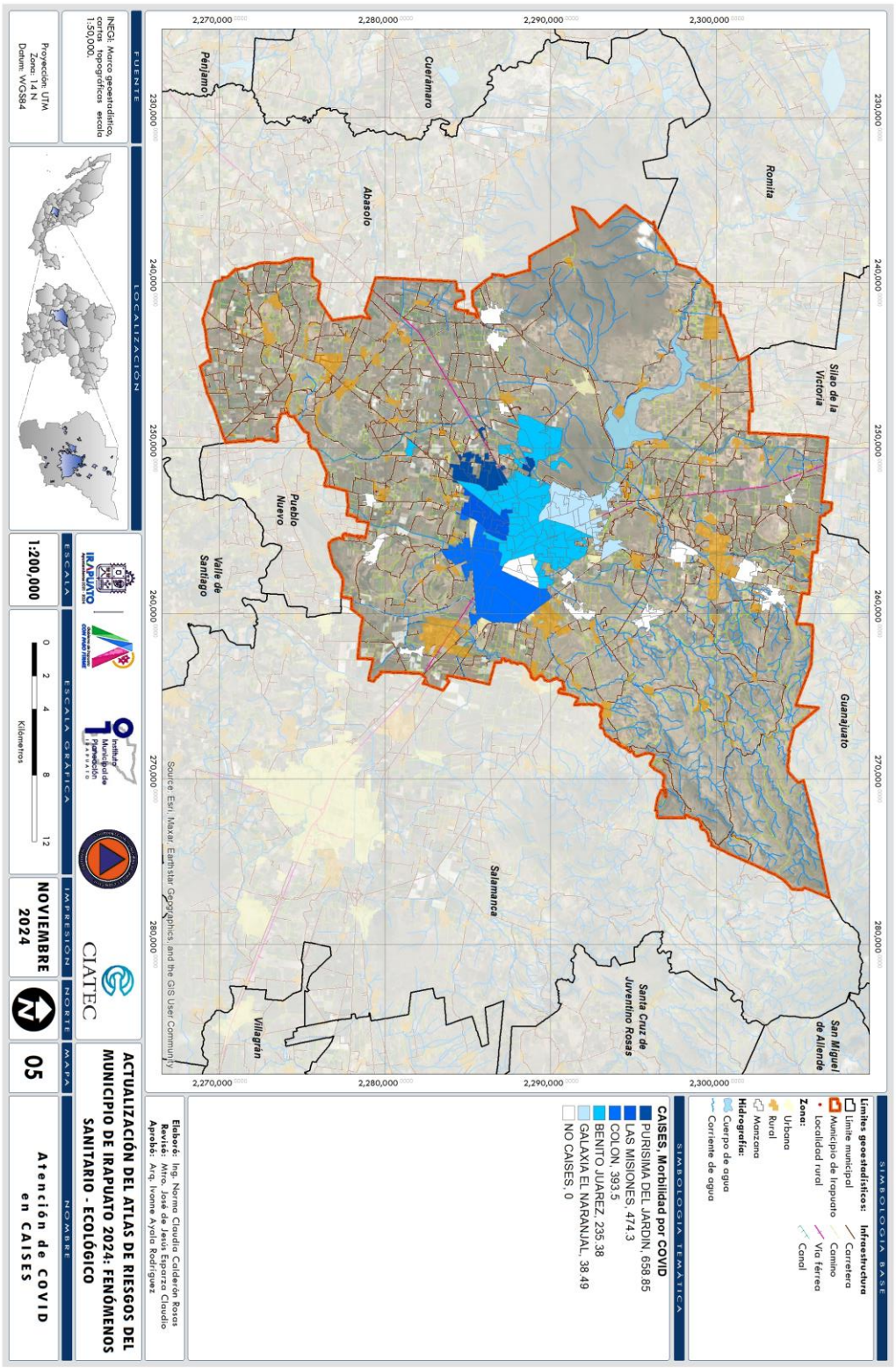


Gráfica 5. Incidencia de casos de COVID.

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

Al ser COVID-10 una enfermedad nueva, es decir, de reciente aparición, no se cuenta con la información suficiente para poder realizar un canal endémico y tratar de observar el comportamiento a lo largo del año, como ocurre con otras enfermedades. Además, aún sigue en estudio la dinámica de la enfermedad, por lo cual no podemos inferir el comportamiento de ésta.

Las incidencias de COVID en el CAISES Galaxia fueron menores que en CAISES Purísima, el cual registró el número más alto de casos.



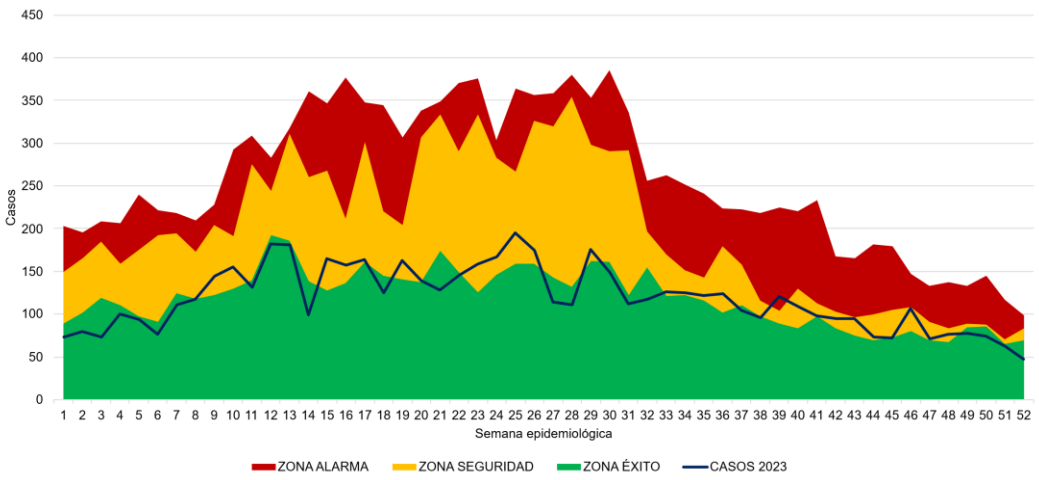
Mapa 5. Incidencia de COVID-19 en los CAISES de Irapuato

VII.1.7 Infecciones intestinales por otros organismos y las mal definidas (A04, A08-A09 excepto A08.0)

El consumo de agua y alimentos contaminados puede contener diversos agentes biológicos como bacterias, virus y parásitos se pueden transmitir por este medio. En esta categoría se encuentran enfermedades intestinales bacterianas, diarrea y gastroenteritis de presunto origen infecciosas.

La enfermedad diarreica aguda EDA, (Diarrea y gastroenteritis de presunto origen infeccioso A09) consiste en la expulsión de tres o más deposiciones líquidas, con o sin sangre, en 24 horas, que adopten la forma del recipiente que las contiene (SALUD, SEDENA y SEMAR, s.f.). Esta es una inflamación del intestino producida por diversas bacterias como *Salmonella*, *Shigella* y *Campylobacter*.

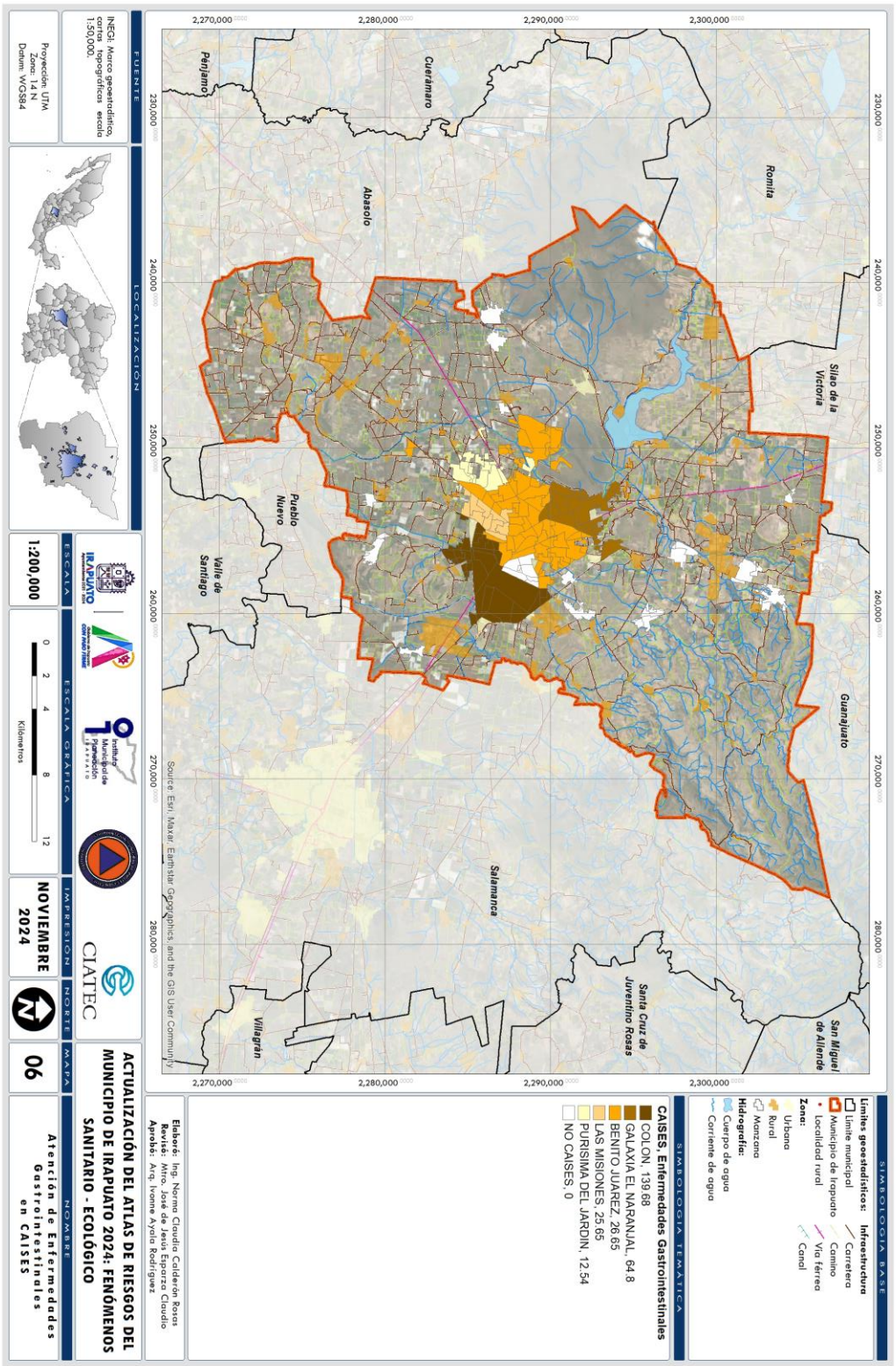
En la siguiente gráfica se observa el canal endémico de la enfermedad diarreica aguda. Se observa que tiene su principal predominio en la temporada de calor, entre primavera e invierno. Para el año 2023, los casos fluyeron entre la zona de éxito y la zona de seguridad, lo cual indica que la notificación de este padecimiento se mantuvo en niveles bajos, posiblemente asociado a buenas prácticas de higiene.



Gráfica 6. Canal endémico de enfermedad diarreica aguda 2016-2022 con casos incidentes 2023.

Fuente: Elaboración propia con información de los boletines epidemiológicos (Secretaria de Salud, s.f.).

La incidencia de casos en Irapuato a nivel local se presenta en el siguiente mapa.



Mapa 6. Incidencia de infecciones gastrointestinales en los CAISES de Irapuato

Las defunciones a causa de otras gastroenteritis y colitis (A09) afectaron más a las mujeres, tal como se aprecia en la siguiente tabla.

Tabla 47. Defunciones por otras gastroenteritis y colitis de origen (A09).

Año	Defunciones	Masculino	Femenino
2014	13	7	6
2015	17	8	9
2016	16	6	10
2017	18	7	11
2018	14	7	7
2019	12	7	5
2020	15	6	9
2021	12	4	8
2022	5	2	3
Total	122	54	68

Fuente: Elaboración propia con datos abiertos (Secretaría de Salud, 2025).

Para prevenir las diarreas, es esencial adoptar un enfoque multifacético centrado en la higiene y la salud pública. Se recomienda garantizar el acceso a agua potable segura y promover prácticas de saneamiento adecuadas, como la eliminación correcta de excretas y el lavado frecuente de manos con agua y jabón, especialmente antes de cocinar, comer y después de ir al baño. Es fundamental fomentar la preparación higiénica de alimentos, asegurando que estén bien cocidos, almacenados correctamente y evitando la contaminación cruzada.

Para prevenir defunciones una vez que la diarrea se presenta, la clave es la detección temprana y el manejo adecuado de la deshidratación mediante la administración de suero oral (sales de rehidratación oral) desde el inicio, y en casos severos, la búsqueda inmediata de atención médica para recibir terapia intravenosa si es necesario.

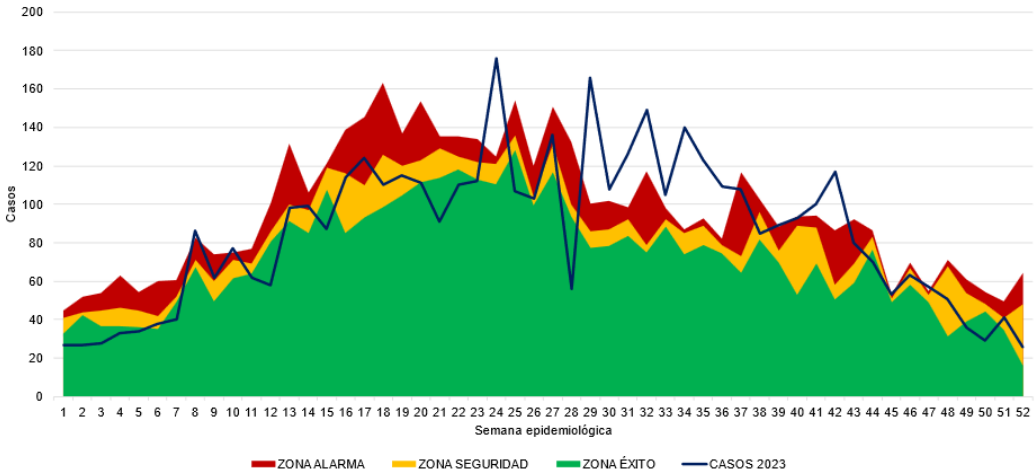
VII.1.8 Intoxicación por picadura de alacrán (T63.2, X22)

Irapuato enfrenta riesgos significativos asociados a fauna ponzoñosa debido a sus condiciones ecológicas propicias para alacranes del género *Centruroides*, arañas (*Loxosceles* y *Latrodectus*).

En la siguiente gráfica, se presenta el canal endémico de la intoxicación por picadura de alacrán, donde se observa un predominio en la temporada de calor; sin embargo, la

distancia entre la zona de éxito, la zona de seguridad y la zona de alarma es tan corta que nos indica un comportamiento muy similar en los años previos.

Para los casos incidentes del 2023, se observa un claro repunte de casos desde la semana 24 encontrándose en la zona de epidemia la mayoría de las semanas hasta la semana 44.



Gráfica 7. Canal endémico de intoxicación por picadura de alacrán en Irapuato, 2016-2022 con casos incidentes 2023.

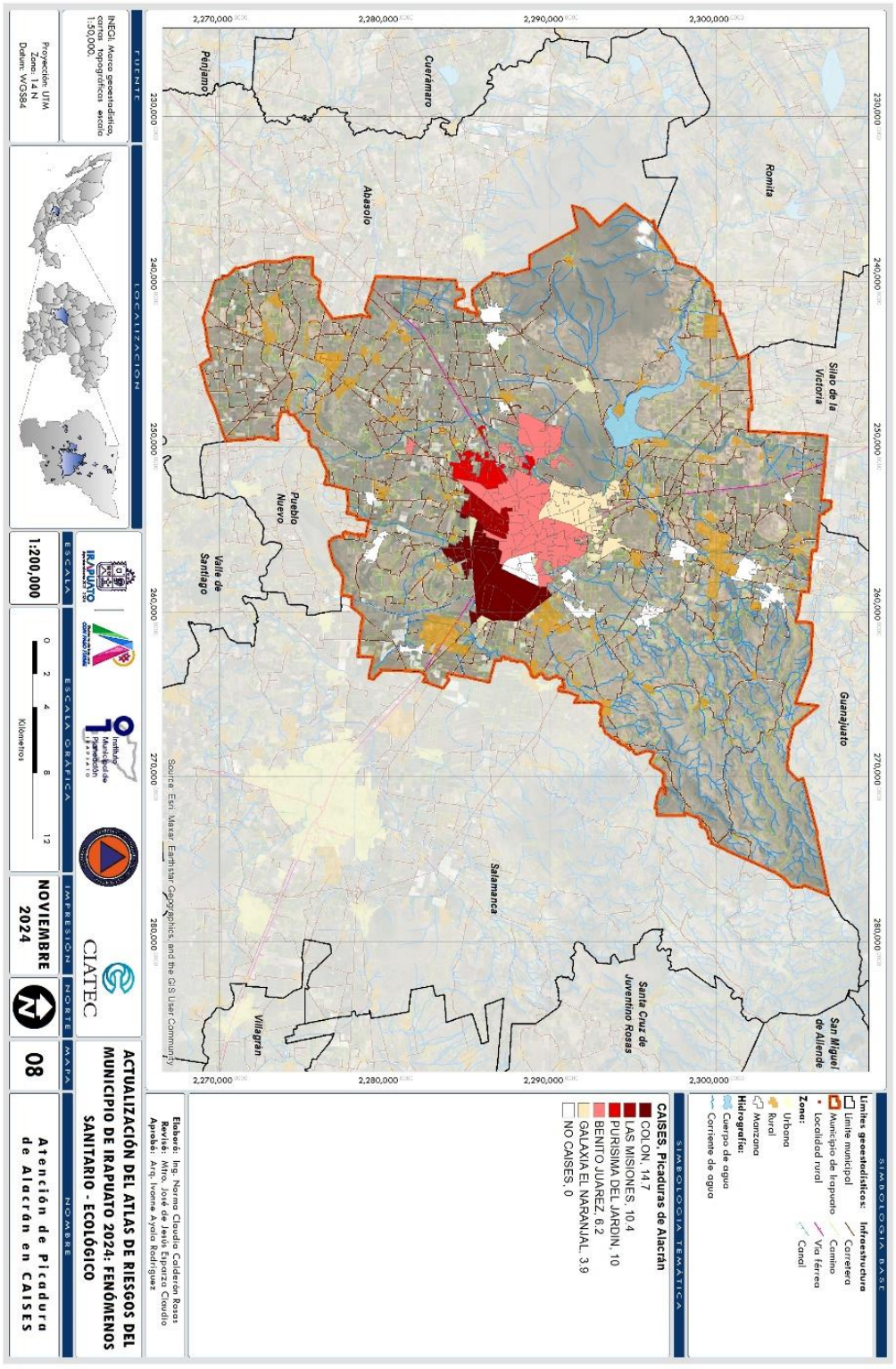
Fuente: Elaboración propia con información de los boletines epidemiológicos (Secretaria de Salud, s.f.).

El mayor número de incidencias por intoxicación por picadura de alacrán se reportó en el CAISES Colón.

Tabla 48. Tasa de incidencia por cada 10,000 habitantes

Caises	2021	2022	2023
Benito Juárez	7,6	6,2	5,8
Colon	37,6	14,7	25,6
Galaxia	8,4	3,9	11,1
Misiones	18,9	10,4	9,9
Purisima	15,0	10,0	14,0

Es importante intensificar las campañas de concientización y educación sobre los riesgos y las medidas de prevención doméstica (revisar calzado y ropa, usar pabellones, limpiar patios, sellar rendijas), antes y durante la temporada de calor, que va de abril a noviembre. Además, asegurar la disponibilidad de antídoto y la capacitación del personal de salud, así como fortalecer la vigilancia epidemiológica para detectar rápidamente futuros repuntes y actuar de forma específica en las zonas afectadas, podrá mitigar el impacto de estas intoxicaciones.



Mapa 7. Incidencia de atención por picadura de alacrán en los CAISES de Irapuato

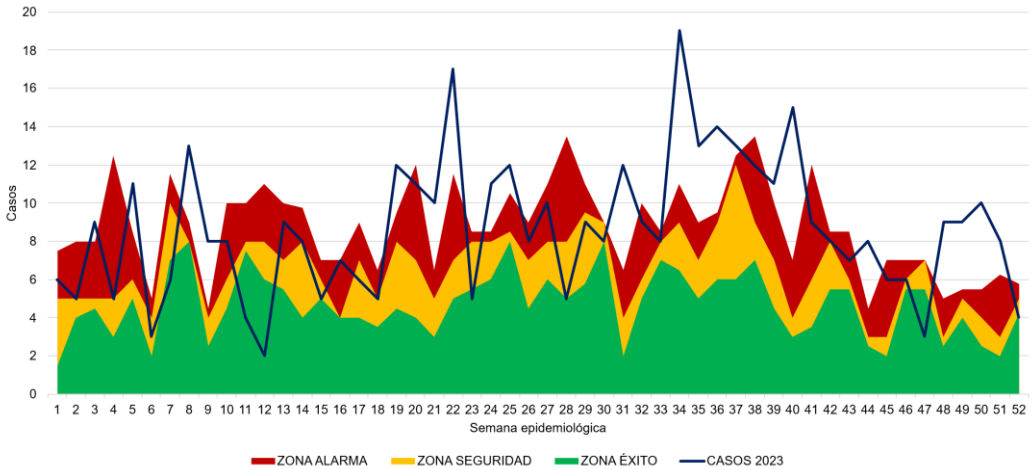
VII.1.9 Mordeduras por perro (W54)

La tenencia de animales exóticos y el contacto con fauna sinantrópica[2] representan factores de riesgo epidemiológico emergentes en zonas urbanas mexicanas debido a las mordeduras.

Una mordedura es una herida o punción hecha por los dientes o cualquier parte de la boca de un organismo vivo. Se pueden observar datos de infección como fiebre, edema, eritema, drenaje purulento de la herida, celulitis, abscesos y linfadenopatía (De la Concha Tiznado, Flores Palomar, Lara Ruiz, Cabadas Contreras, & Garcia Huitron, 2020).

En el municipio de Irapuato, la atención a casos de mordeduras por caninos y otros mamíferos se rige por el protocolo establecido en la NOM-011-SSA2-2018, que determina las directrices nacionales para la prevención y control de la rabia humana. Esta norma, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 25 de junio de 2019, establece los procedimientos obligatorios para el manejo, seguimiento y notificación de agresiones por mamíferos con potencial riesgo de transmisión rábica.

En la gráfica que se presenta a continuación del canal endémico, se puede observar que, a diferencia de los padecimientos previos, ésta no sigue un patrón estacional, sino que se presentan a lo largo del año. Sin embargo, durante el 2023 se tuvo un aumento significativo visible, suficiente para exceder la zona de alarma.



Gráfica 8. Canal endémico de mordedura de perro 2016-2022 con casos incidentes 2023.

Fuente: Elaboración propia con información de los boletines epidemiológicos (Secretaria de Salud, s.f.).

[2] Un organismo sinantrópico es aquel que se ha adaptado a vivir con los seres humanos, ya sea en zonas urbanas o en ecosistemas alterados por la actividad humana, utilizando los recursos disponibles, como alimento y refugio.

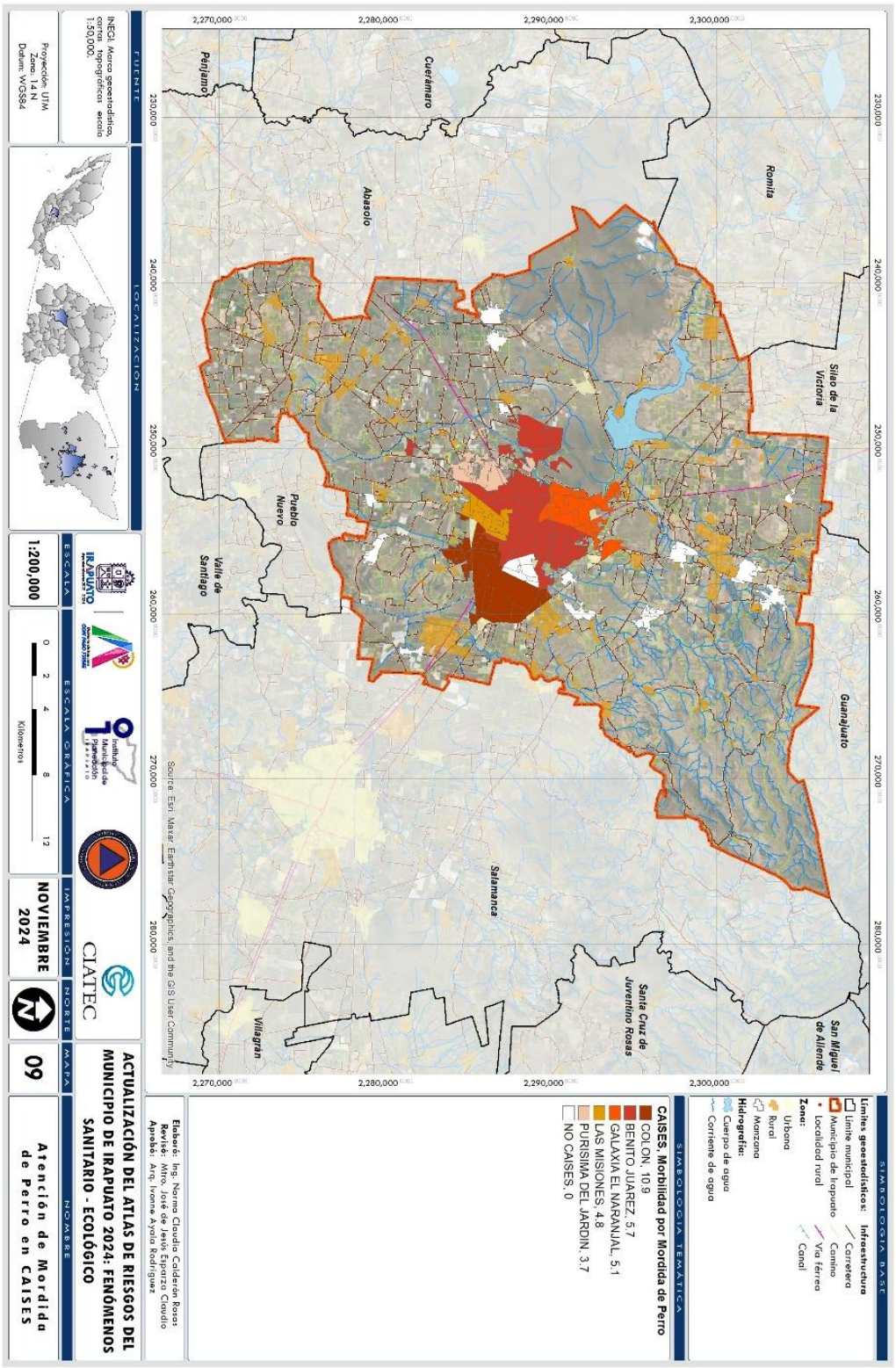
El análisis geográfico de mordeduras caninas revela un patrón diferenciado. La población de responsabilidad atendida en Colón requiere intervenciones inmediatas, ya que sus incidencias son el doble y triple respecto a los centros restantes (ver mapa y tabla siguiente).

Tabla 49. Tasa de incidencia de mordedura de perro por cada 10,000 habitantes

Caises	2021	2022	2023
Benito Juárez	2,0	5,7	4,8
Colon	8,6	10,9	12,5
Galaxia	5,3	5,1	7,3
Misiones	8,0	4,8	3,3
Purisima	4,6	3,7	7,8

A largo plazo es necesario implementar campañas a la ciudadana de manera permanente sobre la tenencia responsable de mascotas, haciendo énfasis en la socialización de los perros, el control de su comportamiento en espacios públicos y la importancia de la supervisión.

Por último, es fundamental promover programas de esterilización para reducir el número de perros callejeros. También, se debe fomentar la capacitación de los dueños de perros en adiestramiento positivo y manejo de conductas agresivas, así como educar a la población en general, especialmente a los niños sobre cómo interactuar de forma segura con los canes.

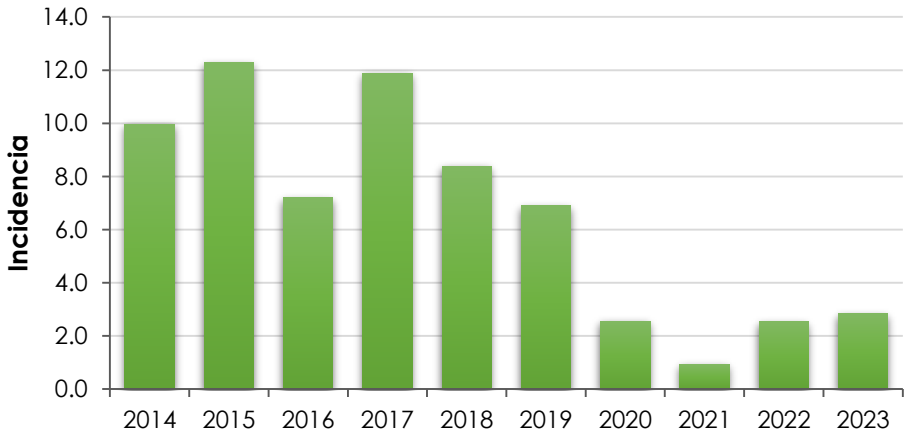


Mapa 8. Incidencias de casos de mordedura de perro reportados en CAISES.

VII.1.10 Varicela (B01)

La varicela es una enfermedad contagiosa causada por el virus varicela-zoster (VVZ). La transmisión de persona a persona puede ocurrir mediante contacto directo con las lesiones del VVZ, o a través de la propagación en el aire. Las reinfecciones por VVZ son poco comunes.

Se produce cuando dicho virus entra en contacto con la mucosa del tracto respiratorio superior o la conjuntiva de una persona susceptible. El período de incubación oscila entre 10 y 21 días. Los síntomas que suelen aparecer incluyen fiebre, malestar general, falta de apetito, dolor de cabeza y, posteriormente, la aparición de vesículas claras y pruriginosas en las etapas iniciales, que se llenan de líquido y finalmente se convierten en costras (Navarrete Cuadrado, 2020).

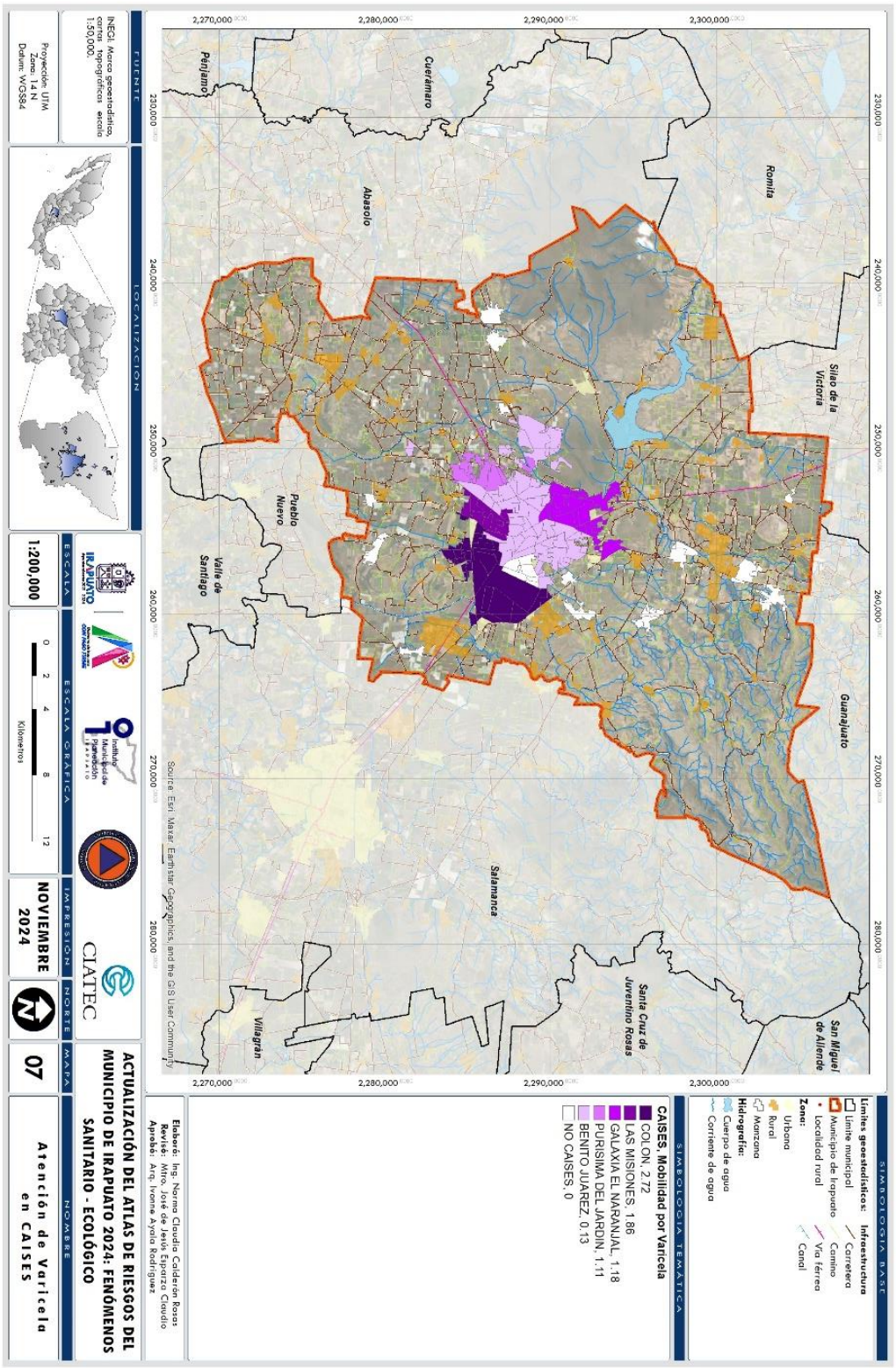


Gráfica 9. Incidencia de varicela por cada 10,000 habitantes

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

La tasa de incidencia muestra en la gráfica anterior una tendencia a disminuir, especialmente en el año 2021 y ligeramente arriba en el 2023. Esto podría deberse a las medidas durante la pandemia de COVID-19, que reducían los contagios persona a persona.

A nivel geográfico, Colón reportó una tasa de incidencia de 2.72, que duplica a Las Misiones, Galaxia y Purísima. En Benito Juárez casi no se presentan casos (Mapa 9).



Mapa 9. Incidencias de casos de varicela en los CAISES de Irapuato.

VII.1.11 Otras enfermedades

VII.1.11.1 Dengue

Esta enfermedad es causada por el virus del dengue y transmitida la picadura de la hembra del mosquito infectado, del género Aedes. Se cría en el agua acumulada en recipientes y objetos en desuso, (Lugones Botell & Ramírez Bermúdez, 2012).

El virus del dengue pertenece al género Flavivirus, y comprende cuatro serotipos genética y antigénicamente distintos: DENV1, DENV2, DENV3 y DENV4. El DENV se transmite a huéspedes vertebrados a través de los mosquitos vectores *Aedes aegypti* o *Aedes albopictus* (Heaton, 2011). En cuanto a las manifestaciones clínicas, la infección con DENV puede provocar un espectro de enfermedades que van desde infección subclínica hasta fiebre del dengue y las formas más graves: dengue hemorrágico y síndrome de shock por dengue (Balmaseda, 2006; Thomas, 2008; Heaton, 2011). Cada serotipo puede asociarse con manifestaciones clínicas de diversa intensidad:

- **DENV1**: Generalmente se asocia con cuadros febriles clásicos y menor tasa de complicaciones (Vicente, 2016).
- **DENV2**: Frecuentemente vinculado a cuadros clínicos más severos, incluyendo mayor probabilidad de dengue hemorrágico y síndrome de choque por dengue (Vicente, 2016; Thomas, 2008).
- **DENV3**: Presenta un comportamiento intermedio en cuanto a severidad, puede causar enfermedad grave asociado a hospitalización en infecciones primarias (Balmaseda, 2006).
- **DENV4**: Suele causar cuadros más leves (Vicente, 2016).

En la Tabla 50, se presenta la identificación de los serotipos de dengue en el municipio de Irapuato, reportados por la dirección de epidemiologia de la SSA.

Tabla 50. Casos por serotipo de dengue en el municipio.

Enfermedades	2020	2021	2022	2023	2024
Serotipo DENV1	260	0	0	6	4
Serotipo DENV2	16	0	0	14	6
Serotipo DENV3	0	0	0	32	198
Serotipo DENV4	0	0	0	0	0
Serotipo no identificado	20	0	0	98	124

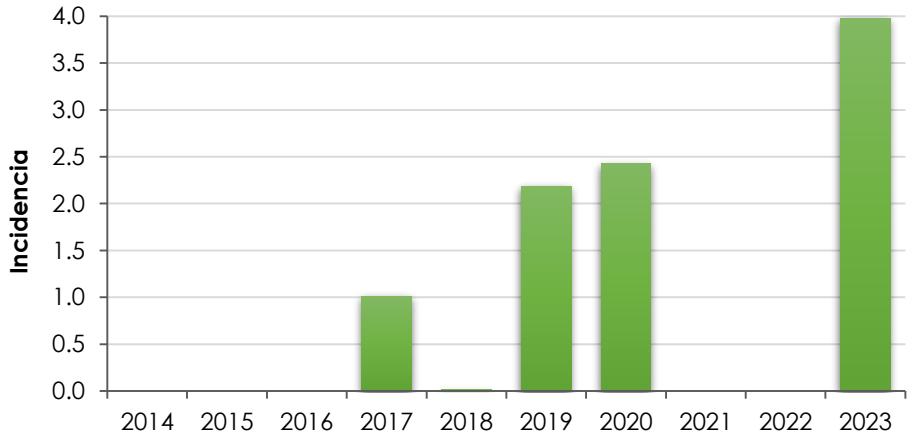
Fuente: Elaboración propia con datos recopilados de anuarios de morbilidad de la dirección de epidemiologia de la SSA (SSA, Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología, 2024).

El análisis de los datos revela un patón de sustitución serológica de alta relevancia epidemiológica:

- Año 2020: Predominio de DENV1 (88% de casos tipificados), con circulación minoritaria de DENV2 (16 casos).
- Año 2021-2022: Ausencia total de casos reportados, posiblemente asociada con medidas sanitarias de la pandemia COVID-19 y/o variaciones climáticas.
- Año 2023: Emergencia de DENV3 (32 casos), anteriormente ausente, superando a DENV2 (14 casos) y DENV1 (6 casos).
- Año 2024: Dominancia de DENV3 (95% de casos tipificados) con circulación residual de otros serotipos.

Esta transición de DENV1 a DENV3 como serotipo predominante tiene importantes implicaciones para la salud pública, considerando que las infecciones secundarias con serotipos diferentes presentan mayor riesgo de formas clínicas graves por el fenómeno de amplificación dependiente de anticuerpos (Balmaseda, 2006).

En la siguiente gráfica del año 2023, se reportaron los casos de esta enfermedad infecciosa.



Gráfica 10. Incidencia de casos de dengue 2014-2023.

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

El análisis local durante 2023 identifica tres situaciones. El área atendida por CAISES Benito Juárez concentró el 79.3% de los casos (46), constituyendo el principal foco epidémico municipal. Las áreas de CAISES Colón (7 casos) y Galaxia (5 casos) presentan focos

secundarios de transmisión. Las jurisdicciones de CAISES Misiones y Purísima no registraron casos durante el periodo analizado.

Tabla 51. Número de casos de dengue en 2023.

Tipo	Benito Juárez	Colón	Galaxia	Misiones	Purísima
Dengue no grave (A97.0 y A97.9)	46	7	5	0	0
Dengue grave (A97.2)	1	0	0	0	0
Dengue con signos de alarma (A97.1)	2	0	0	0	0

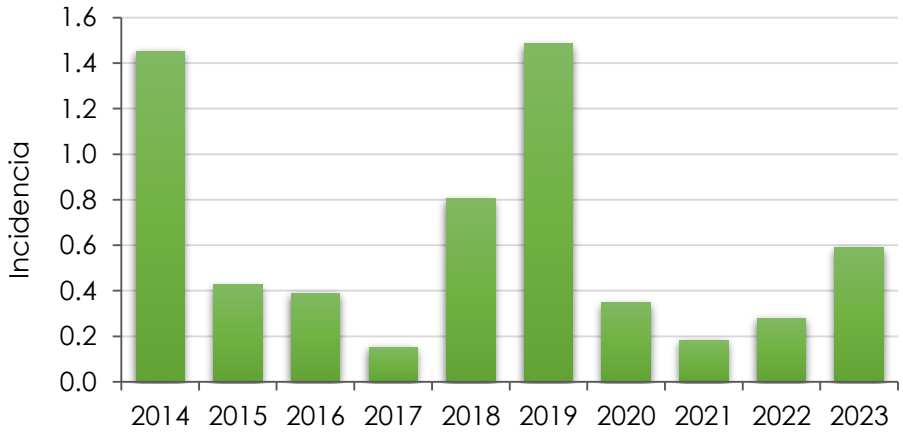
Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

Esta heterogeneidad permite identificar áreas prioritarias para intervenciones de control vectorial. Los determinantes que podrían explicar esta concentración incluyen mayor densidad poblacional, condiciones micro ambientales favorables para *Aedes aegypti*, y posibles deficiencias en infraestructura sanitaria básica en la zona noreste del municipio (área Benito Juárez).

Esta información justifica la implementación de un sistema de vigilancia entomológica focalizada y estrategias diferenciadas de control vectorial según el nivel de riesgo identificado en cada zona. El dengue sin tratamiento médico adecuado, en algunos casos, puede llevar a la muerte, pero sólo se reportó un caso de defunción de dengue en el año 2021.

VII.1.11.2 Hepatitis vírica A (B15) y B (B16)

La hepatitis A es una enfermedad que se puede transmitir a través de alimentos o agua potable contaminada con el virus de la hepatitis A (VHA). Los brotes suelen deberse a que el agua de los alimentos contiene virus, (Krarup, Bojer y Gerlach, 2020). En 2014 y 2019 se presentaron brotes de esta afección, disminuyendo nuevamente en 2020 y 2021. Sin embargo, a partir del 2022 fueron en aumento nuevamente.



Gráfica 11. Incidencia de casos de Hepatitis A y B de 2014-2023.

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024)

En el periodo de 2014 a 2023 sólo hubo un caso de defunción de hepatitis A.

VII.1.11.3 *Conjuntivitis*

La conjuntivitis es la inflamación de la conjuntiva y es una enfermedad ocular más común. Generalmente, se resuelve por sí sola y no suele dejar secuelas. Las causas más comunes incluyen virus, bacterias y alérgenos, aunque también puede ser provocada por sustancias químicas, el uso de lentes de contacto y la presencia de cuerpos extraños en el ojo, (Tume-Jara, 2022).

Los efectos agudos se presentan en casos de exposición a altas concentraciones de contaminantes durante periodos cortos; se incluyen enfermedades derivadas del daño en las mucosas, como conjuntivitis, exacerbación de asma y EPOC.

Tabla 52. Casos de conjuntivitis reportados en los CAISES.

CAISES	Casos			Casos por cada 10,000 habitantes		
	2021	2022	2023	2021	2022	2023
Benito Juárez	0	0	1	0,00	0,00	0,11
Colón	9	24	39	5,55	13,04	18,82
Galaxia	37	29	81	16,42	11,39	28,15
Misiones	38	35	37	15,96	13,01	12,17
Purísima	11	20	21	4,58	7,37	6,85

Fuente: Elaboración propia con datos de morbilidad (Secretaría de Salud de Guanajuato, 2024).

VII.2 Plagas

VII.2.1 Identificación de insectos, plagas y enfermedades en el sector agrícola.

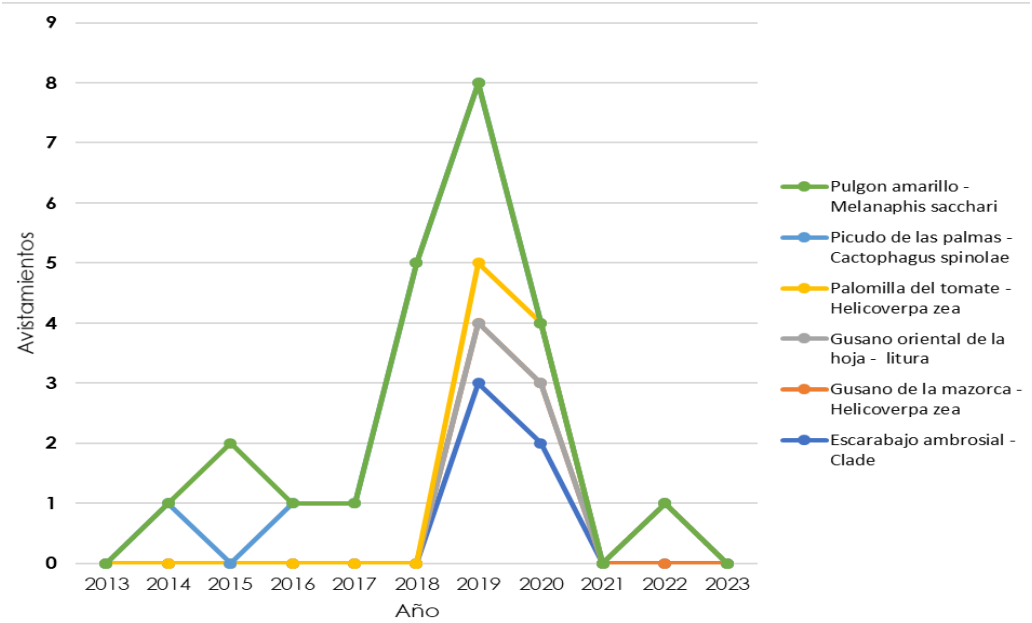
El municipio de Irapuato se encuentra entre los primeros lugares de producción agrícola a nivel estatal, con extensiones de tierra muy amplias para este uso, ya que el 85% de su superficie es plana. Los cultivos principales son el sorgo (22,500 ha sembradas), seguido del maíz (16,000 ha) y finalmente el trigo con alrededor (3,250 ha cultivadas) y los cíclicos como brócoli, cebada, espárragos, fresas entre otros (SIAP, 2024).

La agricultura está amenazada ante la presencia y ataques de diversas plagas que invaden a los cultivos y generan pérdidas económicas. En las zonas suburbanas del municipio, los cultivos como el maíz, sorgo y trigo, son también plantas hospederas de los diferentes insectos reportados en la siguiente tabla. Por ejemplo, el pulgón amarillo puede afectar al sorgo, trigo y al maíz. La palomilla del tomate al nopal, agave y otras cactáceas, que también se encuentran en Irapuato. Adicionalmente, el gusano de la mazorca, palomilla del tomate, y el gusano oriental, usan de hospederos al maíz, jitomate, papa, soya, chiles, frijol y cebolla. El escarabajo ambrosial tiene un rango amplio de plantas perenes del tipo forestal y urbano.

Tabla 53. Insectos plagas y rangos de plantas hospederas.

Género	Nombre común	Zona de daños	Rango de hospederos
Melanaphis sacchari	Pulgón amarillo	Agrícola	Sorgo, avena, caña de azúcar, trigo y cebada. Arroz, maíz y pastos como zacate Johnson al.
Cactophagus spinolae	Picudo de las palmas, palomilla del tomate	Agrícola	Cultivo de nopal, pitahaya, agave y cactáceas en general.
Helicoverpa zea	Palomilla del tomate	Agrícola y forestal	Variedades de maíz, sorgo, frijol, tomate, soya, girasol, algodón, berenjena, chile. Arboles como sauces, cítricos.
Spodopthera litura	Gusano oriental de la hoja	Agrícola y forestal	Maíz, caña de azúcar, jitomate, sorgo, papa, frijol, naranja, cebolla, plátano, algodón, cítricos.
Helicoverpa zea	Gusano de la mazorca	Agrícola y forestal	Maíz, algodón, tomate rojo, chile verde, avena, trigo, alfalfa, cebada, soya, papa, cebolla, calabacita, tabaco, ajo, coliflor y leguminosas de grano.
Xyleborus glabratus	Escarabajo ambrosial	Forestal, agrícola y urbano	Aguacates, forestal, urbano.

En la Gráfica 12, se muestran las tendencias en los avistamientos de diferentes insectos plaga. Específicamente, el pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) mostró un incremento en casos de aparición a partir del año 2018, con un pico máximo de avistamientos en el año 2019 y disminuyendo en el año 2020. De manera similar se mostraron picos máximos de avistamientos en los años 2019 y 2020 para la palomilla del tomate (*Cactophagus spinolae)*, Gusano oriental (*Spodopthera litura*), Gusano de la mazorca (*Helicoverpa zea*) y del escarabajo ambrosiae (*Xyleborus glabratus*).



Gráfica 12. Avistamiento anual de insectos plaga en diferentes zonas urbanas y agrícolas.
Fuente: elaboración propia a partir de bases de datos de la CONABIO. 2013-2023.

A continuación, se discuten de manera particular por cada cultivo.

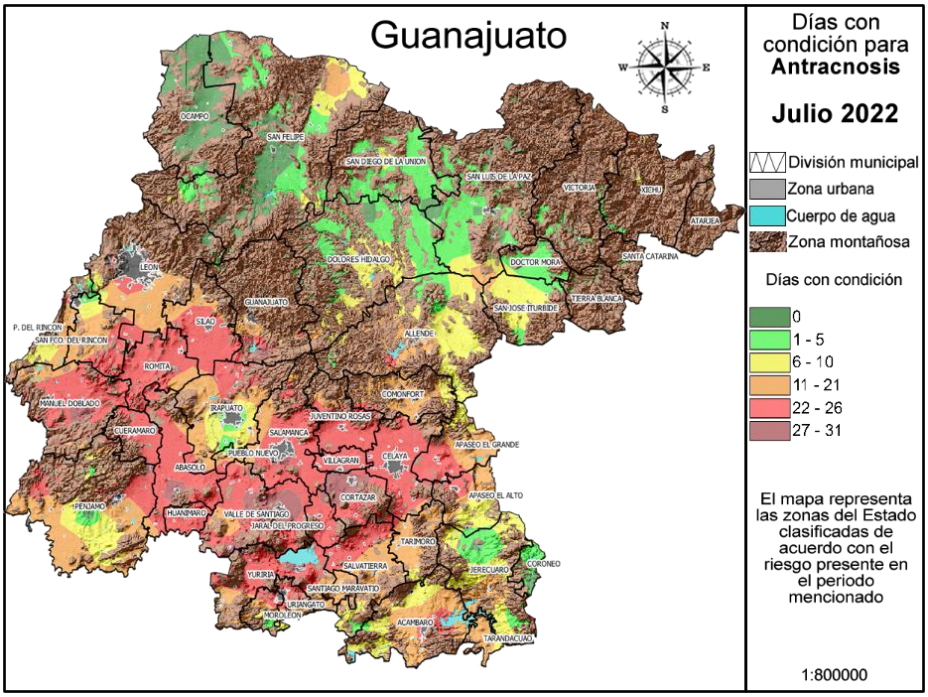
VII.2.1.1 *Plagas del frijol*

Entre las alertas fitosanitarias para este cultivo destacan las siguientes:

VII.2.1.1.1 Antracnosis del Frijol (Colletotrichum lindemuthianum)

La enfermedad producida por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* se encuentra entre las que mayores daños causa a nivel mundial. En México afecta cultivos en regiones con climas templados y frío;, se ha reportado como un problema fuerte en los estados de Chihuahua, Durango, Guanajuato, México, Jalisco y Veracruz principalmente en siembras de temporal, por su alta variabilidad genética que permite la aparición de diversas razas

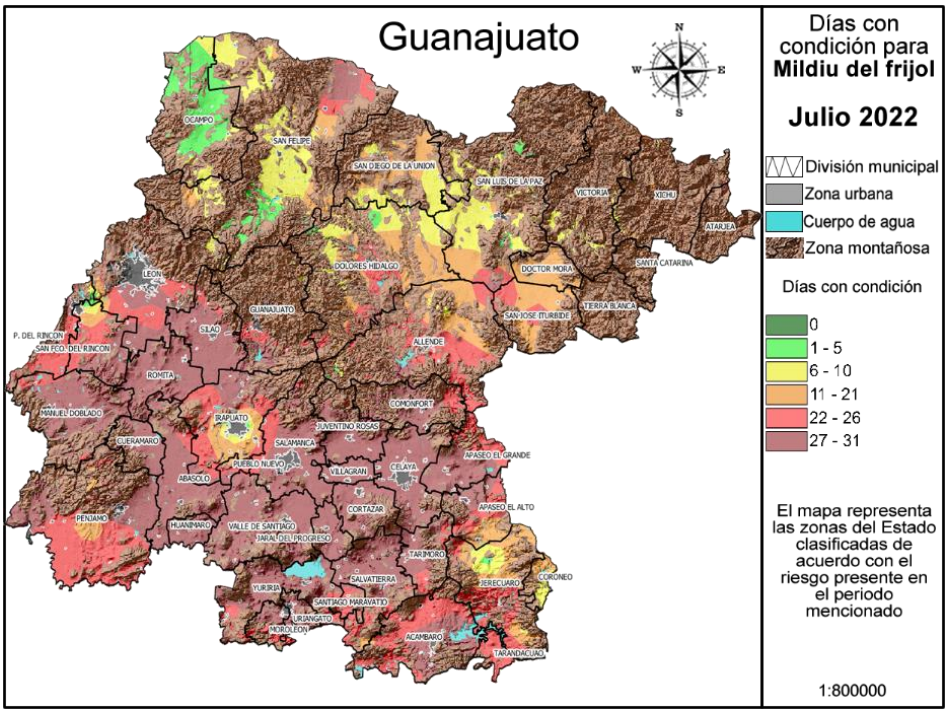
comúnmente más agresivas que las ya existentes, y puede causar pérdidas totales en condiciones favorables, (SIAFEG, 2024). Por otro lado, se observa en la Gráfica 13 que para el municipio el nivel de peligro por la presencia de este hongo va de Muy Bajo (1 a 5 días) en las zonas de la periferia urbana a Alto, (22-26 días).



Gráfica 13. Mapa de peligro del mes más crítico para Antracnosis del frijol.
Fuente: (SIAFEG, 2024)

VII.2.1.1.2 Mildiu del Frijol (Phytophthora phaseoli)

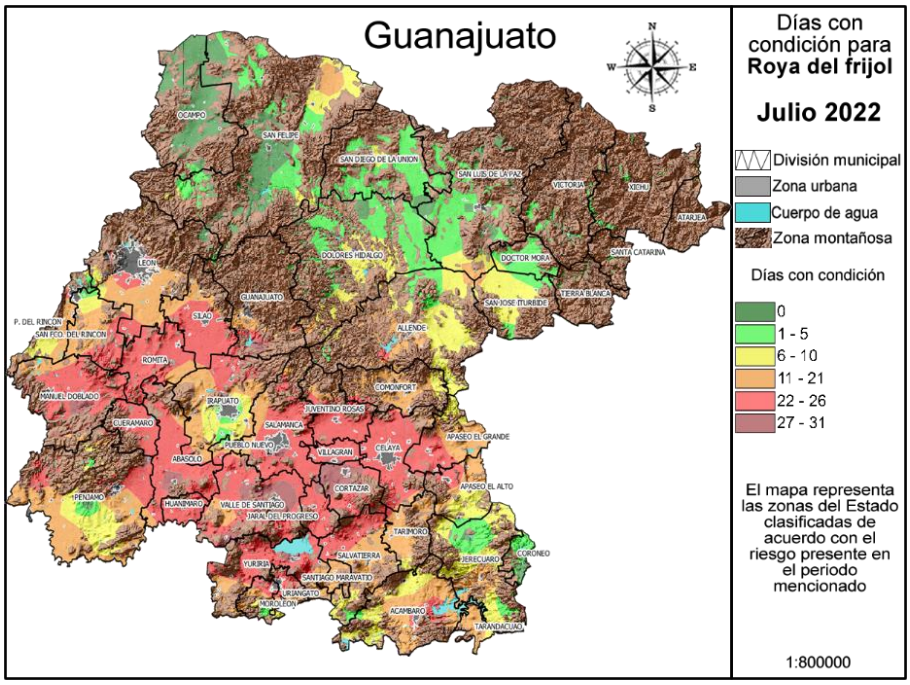
Una de las enfermedades más importantes en las principales zonas productoras de frijol es el mildiu. En algunos municipios como Celaya y Salvatierra, en los últimos 6 años, se ha visto un incremento de la incidencia y severidad de esta enfermedad variedades como: Flor de mayo, flor de junio, Negro, y pinto. Sus daños no han representado una pérdida económica importante en la producción de grano, (SIAFEG, 2024). De acuerdo a un análisis previo a nivel estatal, el nivel de peligro por esta enfermedad, va de Medio (11-21 días) a Muy Alto (27-31días), ver Gráfica 14.



Gráfica 14. Mapa de peligro del mes más crítico para Mildiu del frijol.
Fuente: (SIAFEG, 2024).

VII.2.1.1.3 Roya del Frijol (Uromyces phaseoli)

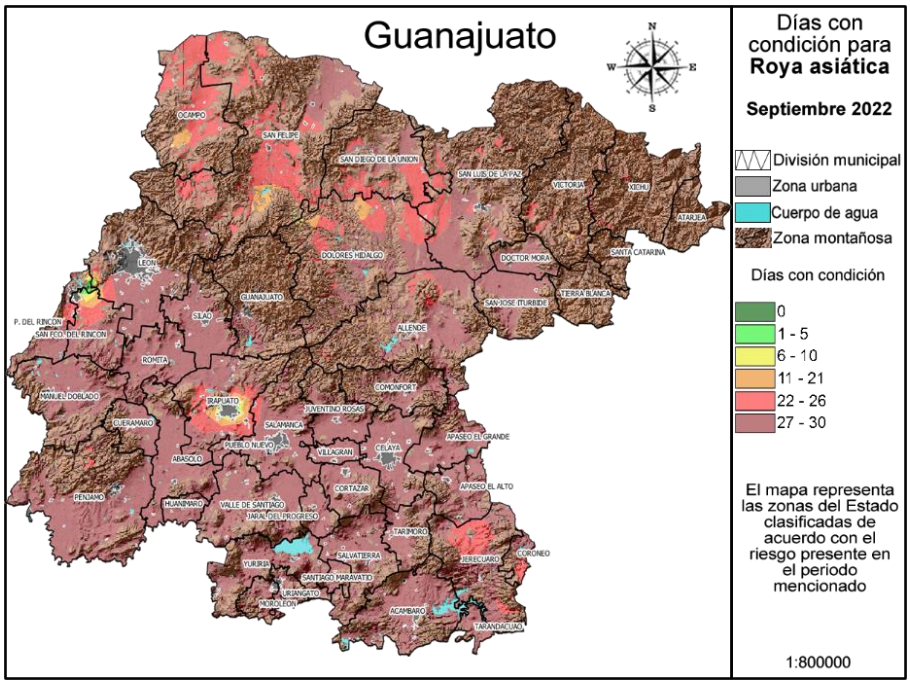
Este hongo que ataca desde el inicio de las lluvias, causa pérdidas económicas muy fuertes. En el estado de Guanajuato se le ha encontrado afectando principalmente a municipios como Salvatierra, Tarimoro y Apaseo el Alto, aunque está presente en todo el estado, con incidencias que varían del 15% al 100%. Las pérdidas en rendimiento son mayores cuando las plantas son infectadas durante los periodos de prefloración o floración, aproximadamente 30-45 días después de la siembra, (SIAFEG, 2024). Respecto al peligro que representa este hongo en el municipio, va de Bajo (1-5 días) a Alto (22-26 días), como se puede observar en la Gráfica 15.



Gráfica 15. Mapa de peligro del mes más crítico para Roya del frijol.
Fuente: (SIAFEG, 2024)

VII.2.1.1.4 Roya Asiática de la Soya (Phakopsora pachyrhizi)

Es causada por un hongo que aparece en cultivos de las leguminosas como soya, frijol, jícama, garbanzo, entre otras. Este hongo tiene mayor presencia en los cultivos de frijol en los meses de julio a septiembre, donde el municipio de Irapuato presenta un nivel de peligro de Medio (11-21 días) a Muy Alto (27-30 días), (ver Gráfica 16).

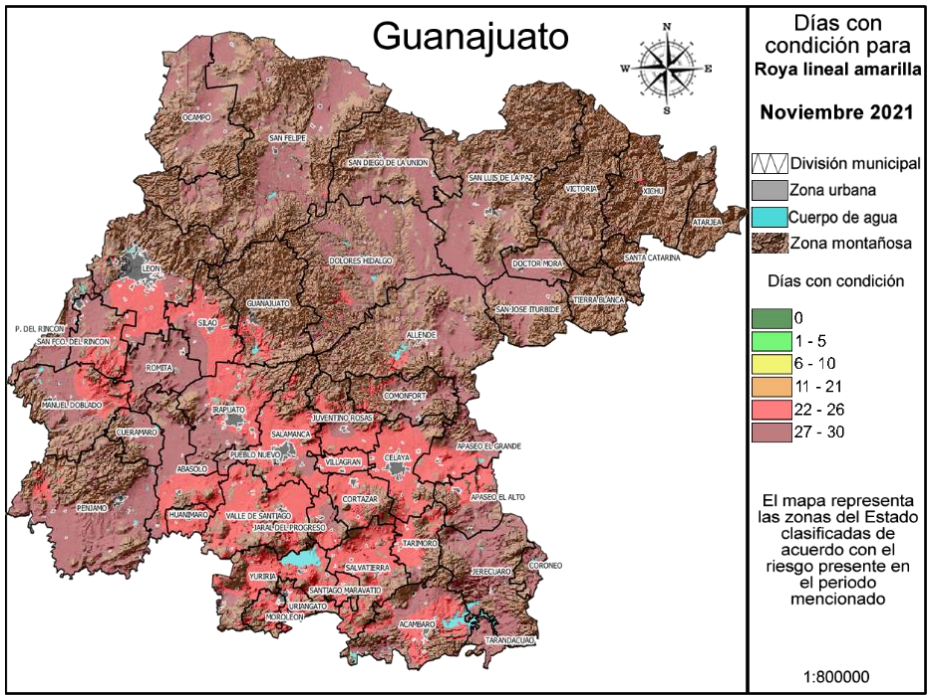


Gráfica 16. Mapa de peligro del mes más crítico para Roya asiática del frijol.
Fuente: (SIAFEG, 2024)

VII.2.1.2 *Plagas del trigo*

VII.2.1.2.1 Roya Lineal Amarilla del Trigo (Puccinia striiformis)

Es un hongo patógeno de gramíneas y cereales como trigo, cebada, triticale, centeno y ha sido detectada en la mayoría de los municipios del estado de Guanajuato donde se cultiva trigo y cebada, (SIAFEG, 2024). En el caso del municipio de Irapuato, los meses más propicios para el desarrollo de esta plaga son noviembre y diciembre, presentando un nivel de peligro de Alto (22-26 días) a Muy Alto (27-30 días), como se puede observar en la siguiente figura.



Gráfica 17. Mapa de peligro en base al mes más crítico en que presenta las condiciones para Roya Lineal Amarilla del trigo.

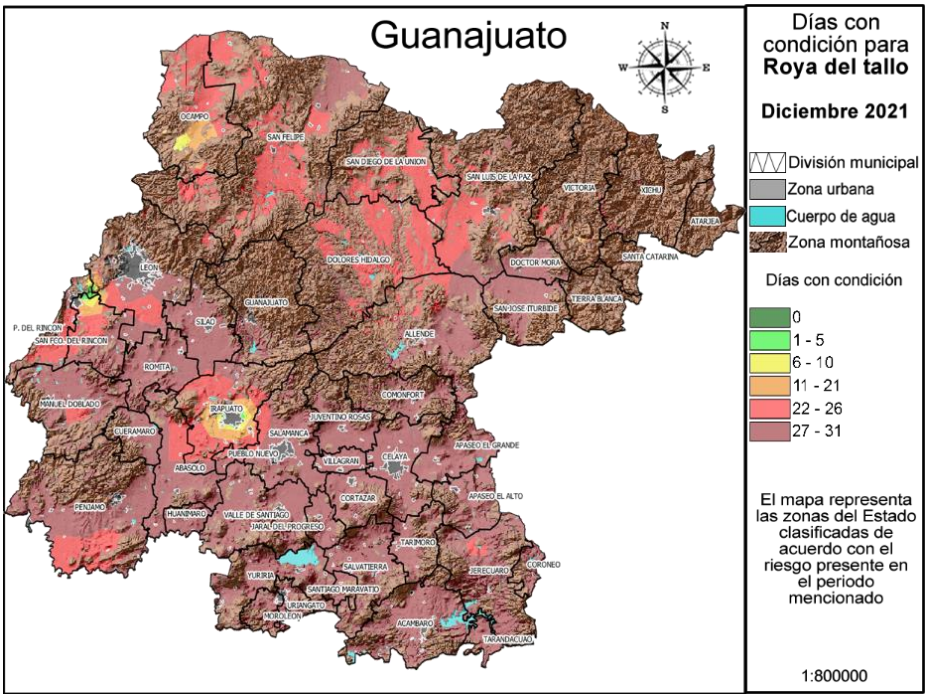
Fuente: (SIAFEG, 2024)

VII.2.1.2.2 Roya del Tallo (Puccinia graminis f.sp tritici)

Es considerada la principal amenaza en la producción de trigo, debido a que el 80 a 90% de las variedades cultivadas actualmente son susceptibles a esta enfermedad (SIAFEG, 2024). Como se observa en la Gráfica 18 el nivel de peligro en el municipio de Irapuato va de Muy Bajo (1-5 días) a Muy Alto (27-30 días).

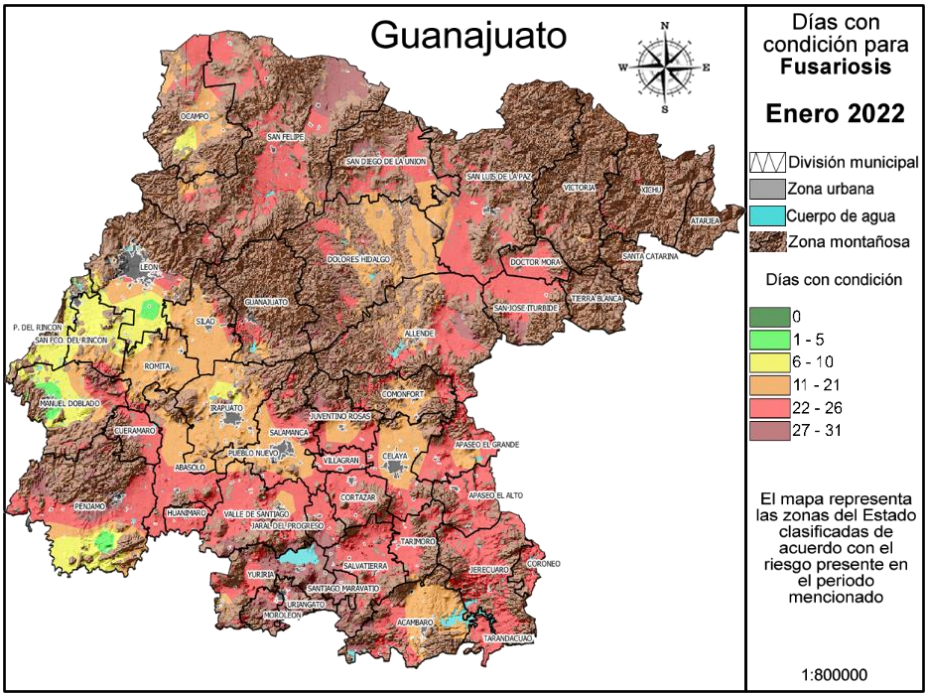
VII.2.1.2.3 Fusariosis (Fusarium graminearum)

Las enfermedades causadas por este patógeno pueden ser muy agresivas en climas húmedos; en las zonas donde la humedad es baja, la infección la causa casi de manera exclusiva el inóculo presente en residuos de cereales infectados que permanecen en el suelo. El patógeno invade directamente la base de los tallos, cerca o debajo de la superficie del suelo, o entra a la planta a través de las raíces, (SENASICA, 2020). En el caso de Irapuato, se observa en la Gráfica 19, que los meses críticos van desde noviembre a enero, donde el nivel de peligro es considerado como Muy Alto (27-31 días).



Gráfica 18 Mapa de peligro del mes más crítico para Roya del Tallo del Trigo.

Fuente: (SIAFEG, 2024)



Gráfica 19 Mapa de peligro del mes más crítico para Fusariosis.

Fuente: (SIAFEG, 2024)

VII.2.2 Peligro por plagas del sector agrícola

Con base a la información presentada de los diferentes cultivos de mayor importancia económica, se generó la Tabla 54, que indica el nivel de peligro asociado a los días que se presentan las condiciones para la aparición de dichas plagas y/o enfermedades.

Definido el nivel de peligro, se elaboró la

Tabla 55 con el objetivo de identificar y clasificar el nivel de peligro fitosanitario que representan las principales plagas y enfermedades bajo vigilancia en el municipio. Estos resultados están basados en los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), adaptando la noción de peligro como la probabilidad de que un evento adverso (en este caso, una plaga o enfermedad) ocurra en un cultivo determinado. En función del valor de P (de 0.01 a 0.99) y el nivel de peligro se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 54. Nivel de peligro en base a los problemas fitosanitarios en el Estado de Guanajuato.

Cultivo	Nombre	Género	Plaga (P)/ Enfermedad (E)	Nivel de peligro				
				Muy Bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
				1 a 5 días	6 a 10 días	11 a 21 días	22 a 26 días	27 a 30 días
Frijol	Antracnosis del Frijol	Colletotrichum lindemuthianum	E					
	Mildiu del Frijol	Phytophthora phaseoli	E					
	Roya del Frijol	Uromyces phaseoli	E					
	Roya Asiática de la Soya	Phakopsora pachyrhizi	E					
	Conchuela del frijol	Epilachna varivestis	P					
Trigo	Roya Lineal Amarilla del Trigo	Puccinia striiformis	E					
	Roya del Tallo	Puccinia graminis f.sp tritici	E					
	Fusariosis	Fusarium graminearum	E					
Crucíferas	Palomilla dorso de diamante	Plutella xylostella	P					
	Tizones	Alternaria spp	p					
	Mosca de las crucíferas	Delia spp.	p					
Frutilla	Mosca del Vinagre de Alas Manchadas	Drosophila suzukii	P					
	Polilla del pimiento	Duponchelia fovealis	P					
	Pudrición de la raíz y corona en fresa	Neopestalotiopsis rosae	E					
Agricultura protegida	Cenicilla	Leveillula taurica	E					
	Picudo de Chile	Anthonomus eugenii	P					

Fuente: Elaboración propia con datos del CESAVEG, 2024.

Tabla 55. Nivel de peligro general por tipo de cultivo asociado a las posibles plagas reportadas que los afectan en el municipio de Irapuato.

Cultivo	Plagas o enfermedades bajo vigilancia	Nivel de peligro	P (Probabilidad)	Comentarios (originales)	Fuente	Año
Fresa	Pudrición raíz/corona, Cenicilla, Drosophila	Muy Alto	0.90	En 2022, *Pestalotia* afectó más del 80% de las plantaciones en Irapuato.	Zona Franca	2022
Frijol	Antracnosis, Roya, Mildiu, Conchuela	Muy Alto	0.88	Enfermedades comunes; pérdidas de rendimiento históricas superiores al 30%.	CESAVEG, FAO, INIFAP	2019
Maíz grano	Fusariosis, Gusano cogollero, trozador	Muy Alto	0.85	Gusano cogollero ha provocado pérdidas de hasta 100% en algunas parcelas.	Boletines Guanajuato	2018
Tomate rojo	Mosca del vinagre, Polilla del pimiento	Muy Alto	0.83	Plagas clave en producción protegida y a campo abierto.	CESAVEG, INIFAP	2020
Brócoli	Palomilla, Mosca de las crucíferas, Tizones	Muy Alto	0.82	Muy susceptible; producción intensiva favorece ciclos de plagas.	CESAVEG, INIFAP	2021
Chile verde	Picudo, Polilla del pimiento	Muy Alto	0.82	Plagas muy presentes; daños al fruto reducen calidad comercial.	CESAVEG, INIFAP	2020
Trigo grano	Roya amarilla, Roya del tallo, Fusariosis	Alto	0.80	Reportes frecuentes de roya y fusariosís; clima templado-húmedo lo favorece.	SAGARPA, CESAVEG	2020
Coliflor	Mosca de crucíferas, Palomilla, Tizones	Alto	0.80	Condiciones de cultivo similares a brócoli; misma vulnerabilidad.	CESAVEG, INIFAP	2019
Tomate verde	Mosca del vinagre, Polilla del pimiento	Alto	0.80	Plagas recurrentes; vulnerabilidad alta en frutos tiernos.	CESAVEG	2019
Cebada grano	Roya del tallo, Fusariosis	Alto	0.78	Afectaciones similares al trigo; siembras en invierno coinciden con alta humedad.	CESAVEG	2019
Pepino	Drosophila, Cenicilla	Alto	0.78	Hortaliza muy sensible; ciclo corto favorece infestación rápida.	INIFAP, CESAVEG	2018

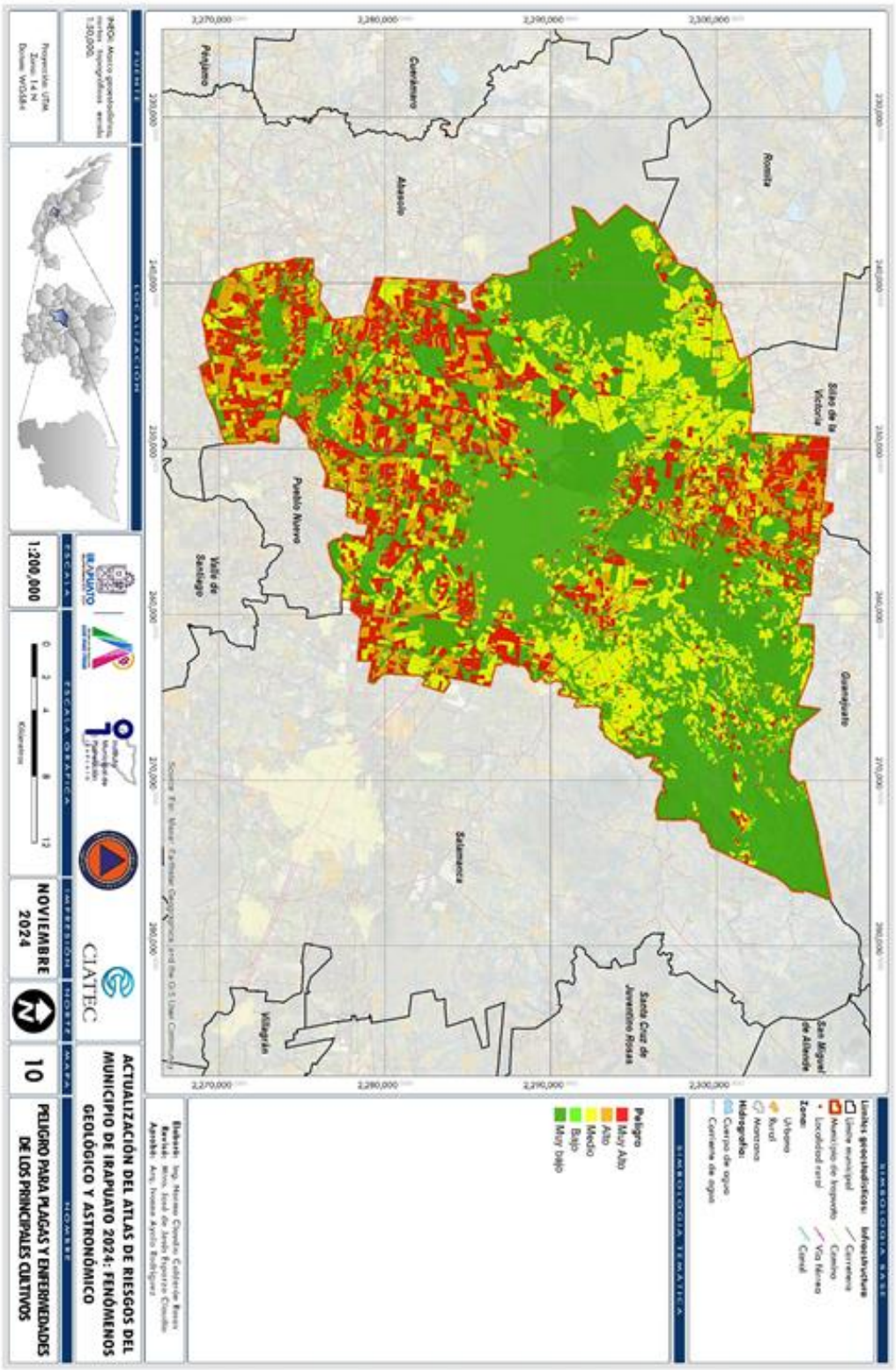
Cultivo	Plagas o enfermedades bajo vigilancia	Nivel de peligro	P (Probabilidad)	Comentarios (originales)	Fuente	Año
Calabacita	Drosophila, Tizones	Alto	0.77	Producción en campo abierto favorece aparición de mosca del vinagre.	CESAVEG	2020
Cebolla	Tizones	Alto	0.75	Afectaciones severas en temporadas lluviosas; importante para exportación.	SENASICA, CESAVEG	2020
Frambuesa	Drosophila, Cenicilla	Alto	0.75	Fruto blando muy atractivo para mosca del vinagre.	SENASICA	2020
Sorgo grano	Fusariosis, Pulgón amarillo	Alto	0.70	En 2017, más del 60% de las hectáreas sembradas en Gto. tuvieron presencia de pulgón amarillo.	Panorama Agrario	2017
Lechuga	Tizones, Cenicilla	Medio	0.65	Plagas frecuentes en hortalizas de hoja en clima templado.	INIFAP, SAGARPA	2020
Zanahoria	Tizones, Cenicilla	Medio	0.60	Plagas fúngicas si no hay buen manejo de humedad.	INIFAP, CESAVEG	2018
Ajo	Fusariosis, Tizones	Medio	0.58	Hongos del suelo comunes, especialmente si hay humedad excesiva.	SENASICA	2021
Garbanzo grano	Roya, Fusariosis	Medio	0.55	Enfermedades menos frecuentes, pero con potencial de brote en humedad alta.	SENASICA	2021
Alfalfa	Roya, pulgón verde, gusano cortador	Medio	0.50	Plagas comunes, pero no bajo vigilancia directa; ataques moderados.	FAO, SENASICA	2017
Espárrago	Tizones	Medio	0.45	Enfermedades fúngicas ocurren en alta humedad o mal drenaje.	SENASICA	2018
Agave	Barrenador, cochinilla (no vigilancia CESAVEG)	Bajo	0.30	Afectaciones puntuales; cultivo menos vulnerable en clima seco.	Revista Agave Azul	2021
Avena forrajera	Fusariosis (ocasional)	Muy Bajo	0.25	Enfermedades esporádicas, poco impacto documentado en Guanajuato.	SAGARPA, CESAVEG	2020

Fuente: elaboración propia con datos que provienen de reportes técnicos oficiales, boletines de CESAVEG, investigaciones académicas (INIFAP, FAO), y artículos de prensa.

El análisis muestra que los cultivos hortícolas y frutales intensivos presentan un nivel de peligro más elevado, es decir son los más susceptibles a la presencia de estas plagas, principalmente por su susceptibilidad a plagas específicas bajo vigilancia fitosanitaria (CESAVEG), condiciones climáticas favorables al desarrollo de enfermedades, y la alta densidad de siembra. Basado en lo anterior se describen los niveles de peligros en cultivos asociados a estas plagas.

- **Muy alto**: se identificó en cultivos como fresa, frijol, maíz, tomate rojo, brócoli y chile verde, que tienen probabilidades de ocurrencia superiores al 0.81. En estos casos, existen antecedentes documentados de pérdidas significativas (algunas superiores al 80%), especialmente en años con alta humedad o baja cobertura fitosanitaria.
- **Alto**: se caracteriza principalmente en cultivos como trigo, cebada, coliflor, tomate verde, pepino y calabacita, con probabilidad entre 0.61 y 0.80. Si bien el impacto es algo menor que en el grupo anterior, se mantiene una frecuencia de infestaciones que exige vigilancia continua.
- **Medio**: se presenta en cultivos como zanahoria, ajo, garbanzo, alfalfa y espárrago, que, aunque menos afectados, todavía muestran condiciones agronómicas o climáticas que pueden favorecer brotes esporádicos.
- **Bajo a Muy Bajo:** se concentra en cultivos como agave y avena forrajera, en los que las enfermedades monitoreadas son poco frecuentes o no han mostrado daños significativos en la región.

En resumen, los cultivos más importantes por superficie o valor económico como la fresa, tomate y frijol enfrentan la presencia de peligros fitosanitarios importantes, lo que subraya la necesidad de monitoreo constante, manejo integrado de plagas y apoyo técnico especializado en el municipio, (Mapa 10).



Mapa 10. Peligro para plagas y enfermedades de los principales cultivos.

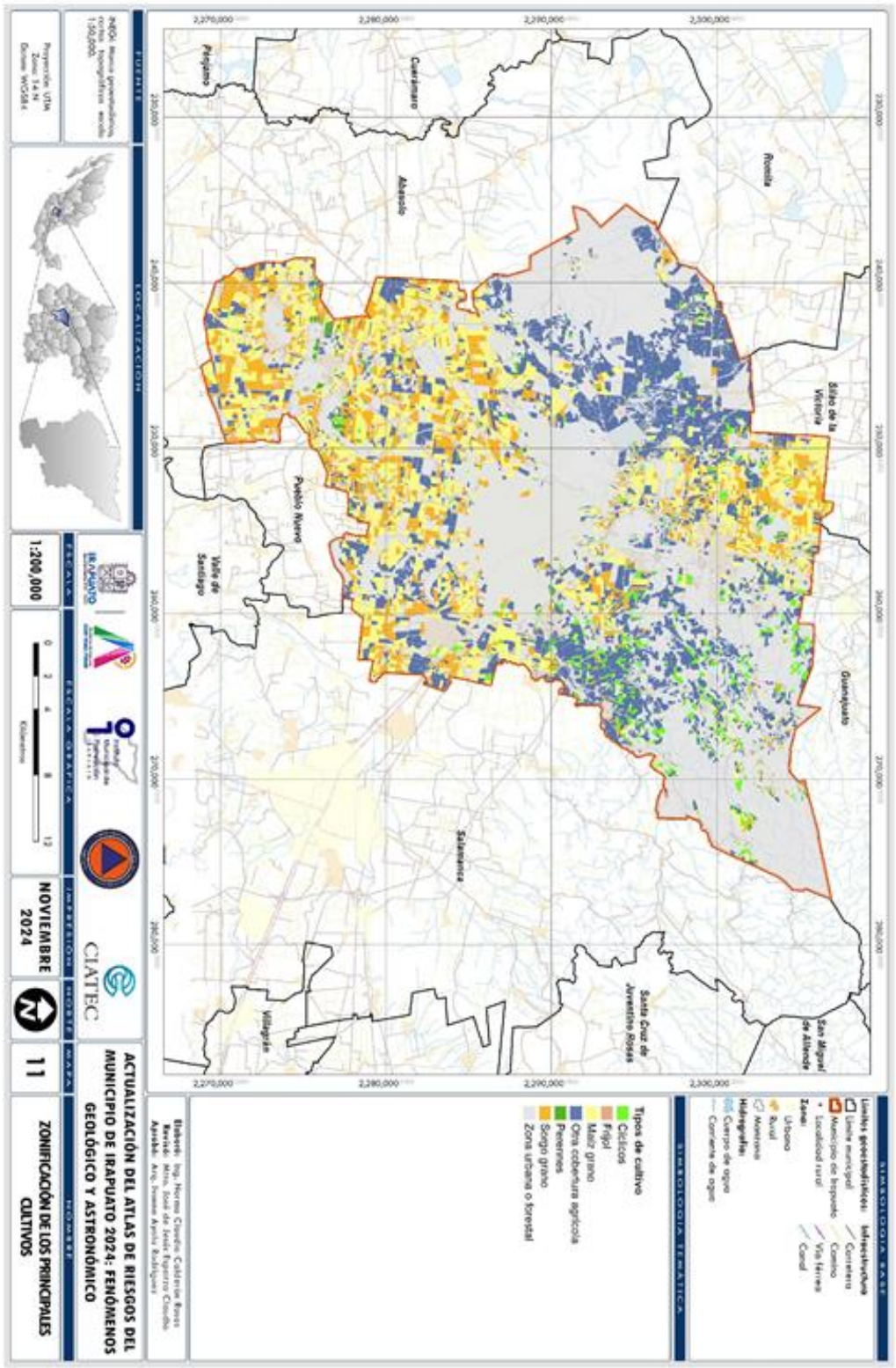
VII.2.3 Sistemas expuestos del sector agrícola

De acuerdo con los datos recabados, se identificaron 23 cultivos, entre los cuales destacan por superficie sembrada el sorgo grano (46.5%), maíz grano (32.4%), trigo grano (6.7%), cebada grano (3.6%), alfalfa (2.5%) y brócoli (2.5%). Estos seis cultivos en conjunto concentraron el 94.3% de la superficie total sembrada durante el ciclo agrícola evaluado (SIAP, 2024), ver Tabla 56. Además, se presenta la distribución, tanto cultivos cíclicos como perennes, bajo modalidades de riego y temporal, ver Mapa 11.

Tabla 56. Principales cultivos reportados para el ciclo agrícola 2024.

Cultivo	Sembrada (ha)	Cosechada (ha)	Producción (ton)	Rendimiento (udm/ha)
Sorgo grano	22,500.00	18,090.00	105,220.00	5.82
Maíz grano	15,650.00	14,870.00	97,977.50	6.59
Trigo grano	3,250.00	3,250.00	22,597.50	6.95
Cebada grano	1,750.00	1,750.00	11,375.00	6.50
Alfalfa	1,215.00	1,215.00	94,527.00	77.80
Brócoli	1,200.00	1,165.00	21,550.00	18.50
Espárrago	874.00	874.00	9,308.10	10.65
Fresa	599.00	599.00	38,348.70	64.02
Lechuga	185.00	185.00	3,715.90	20.09
Tomate verde	155.00	155.00	1,966.50	12.69
Cebolla	142.00	142.00	3,631.00	25.57
Frijol	126.00	126.00	259.70	2.06
Garbanzo grano	115.00	115.00	231.84	2.02
Agave	108.00	35.00	2,572.50	73.50
Zanahoria	87.00	87.00	2,139.70	24.59
Calabacita	83.00	83.00	1,386.00	16.70
Ajo	64.00	64.00	888.20	13.88
Avena forrajera en verde	62.00	62.00	1,915.80	30.90
Coliflor	44.00	44.00	1,043.00	23.70
Chile verde	39.50	39.50	924.45	23.40
Frambuesa	39.00	39.00	778.05	19.95
Tomate rojo (jitomate)	36.00	36.00	1,860.50	51.68
Pepino	15.00	15.00	615.20	41.01
Total	**48,338.50**	**43,040.50**		

Fuente: (SIAP, 2024).



Mapa 11. Zonificación de los principales cultivos en el municipio de Irapuato.

Con base a la identificación de peligro referente a las plagas y enfermedades reportadas en las alertas fitosanitarias de la CESAVEG, y a los cultivos que se sembraron en el municipio, lo de mayor factor de exposición a dichas plagas y/o enfermedades son el frijol, brócoli, coliflor, trigo grano, fresa y chile verde; ver Tabla 57.

Tabla 57. Cultivos considerados como sistema agrícola expuesto a las alertas fitosanitarias de CESAVEG.

Cultivo	Plagas y enfermedades (según tu lista)	Número plagas	Exposición
Frijol	Antracnosis del frijol, Mildiu del frijol, Roya del frijol, Conchuela del frijol	4	Muy Alta
Brócoli	Palomilla dorso de diamante, Tizones, Mosca de las crucíferas	3	Alta
Coliflor	Palomilla dorso de diamante, Tizones, Mosca de las crucíferas	3	Alta
Trigo grano	Roya lineal amarilla del trigo, Roya del tallo	2	Media
Fresa	Pudrición de la raíz y corona, Mosca del vinagre de alas manchadas	2	Media
Chile verde	Picudo del chile, Polilla del pimiento	2	Media
Lechuga	Tizones	1	Baja
Zanahoria	Tizones	1	Baja
Calabacita	Tizones	1	Baja
Tomate rojo	Polilla del pimiento	1	Baja
Tomate verde	Polilla del pimiento	1	Baja
Pepino	Mosca del vinagre de alas manchadas	1	Baja
Cebolla	Tizones	1	Baja
Maíz grano	Tizones	1	Baja
Sorgo grano	Tizones	1	Baja
Frambuesa	Mosca del vinagre de alas manchadas	1	Baja
Cebada grano	Roya del tallo	1	Baja
Garbanzo	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja
Alfalfa	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja
Espárrago	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja
Ajo	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja
Avena forrajera	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja
Agave	(Sin registro en la CESAVEG)	0	Muy Baja

Fuente: elaboración propia con datos del SIAP, 2024.

Para el caso de nivel de prioridad o de atención, se consideró las condiciones actuales climáticas como la sequía que se presenta en el Estado de Guanajuato, así como el daño que pudiera sufrir el cultivo si se llegara a presentar la plaga o enfermedad. De lo anterior,

resulta poner atención a los reportes por la presencia de Tizones, Fusariosis, Mosca de alas manchadas y Picudo del chile, ver Tabla 58.

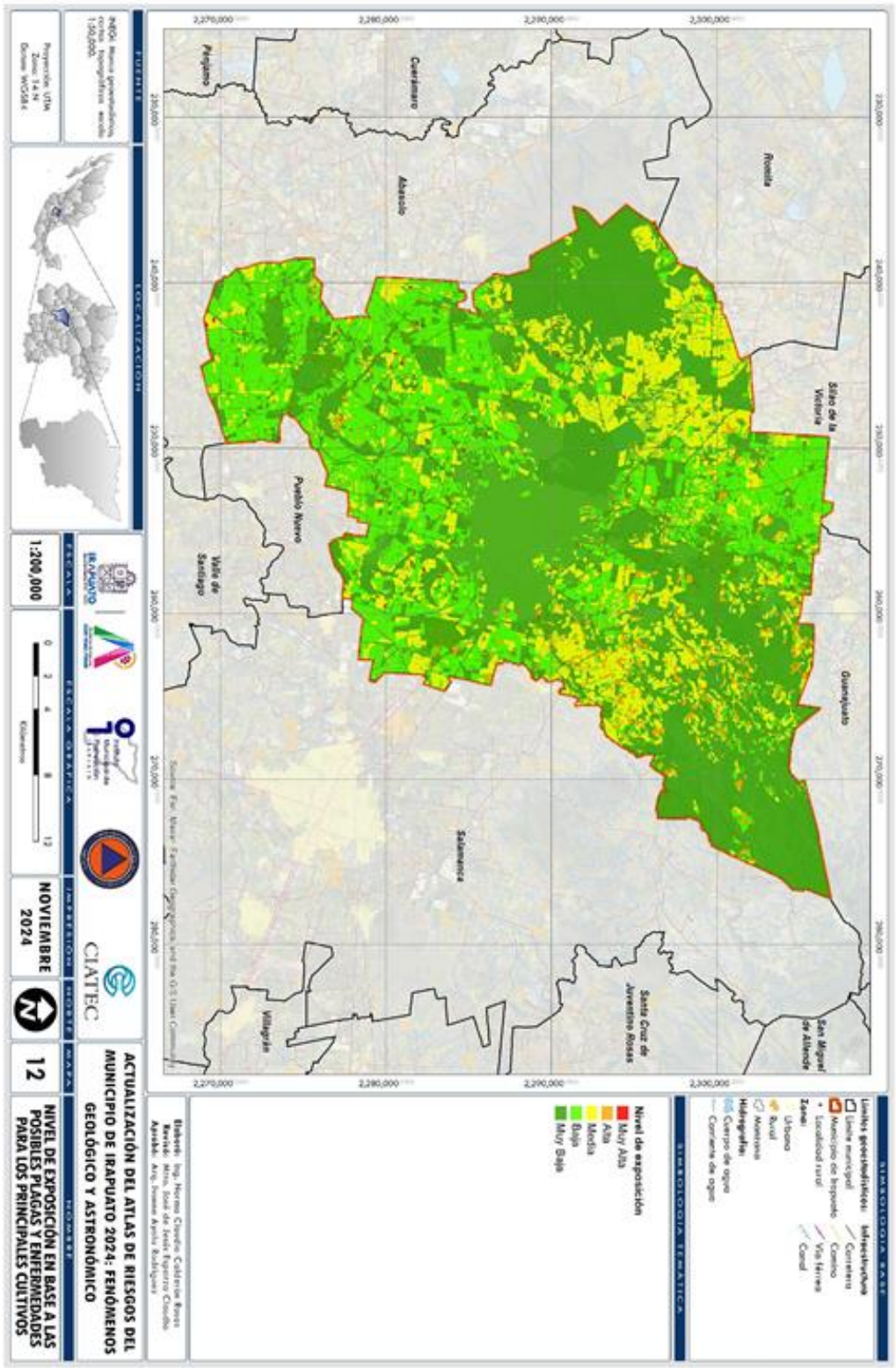
Tabla 58. Nivel de prioridad considerado los efectos de las plagas en el sistema agrícola.

Plaga / Enfermedad	Número cultivos afectados	Condiciones actuales favorables	Daño potencial	Prioridad
Tizones	9	Sí (estrés hídrico + calor)	Alto (pérdida foliar y de rendimiento)	Alta
Fusariosis	4	Sí (sequía favorece suelos contaminados)	Alto (marchitez y muerte de planta)	Alta
Mosca del vinagre de alas manchadas	3	Sí (clima seco favorece infestación)	Alto (daños directos a fruto)	Alta
Picudo del chile	1	Sí (temperatura alta favorece ciclo)	Alto (fruto dañado, pérdida comercial)	Alta
Palomilla dorso de diamante	2	Sí (clima cálido acelera ciclos)	Medio-Alto (defoliación)	Media
Mosca de las crucíferas	2	Sí	Medio (daño a raíces y tallos)	Media
Roya del frijol / del trigo / del tallo	1–2	No (más común en condiciones húmedas)	Medio	Baja
Antracnosis, Mildiu, Cenicilla	1–2	No favorable por clima seco	Medio o bajo	Baja
Conchuela del frijol	1	Parcialmente favorable	Bajo-medio	Baja

Fuente: elaboración propia

VII.2.4 Vulnerabilidad por plagas del sector agrícola

A continuación, se presenta la Tabla 59, en la cual se asocian los efectos de la variación climática sobre los principales cultivos en el municipio, que con base en ello se define un nivel de vulnerabilidad asociada.

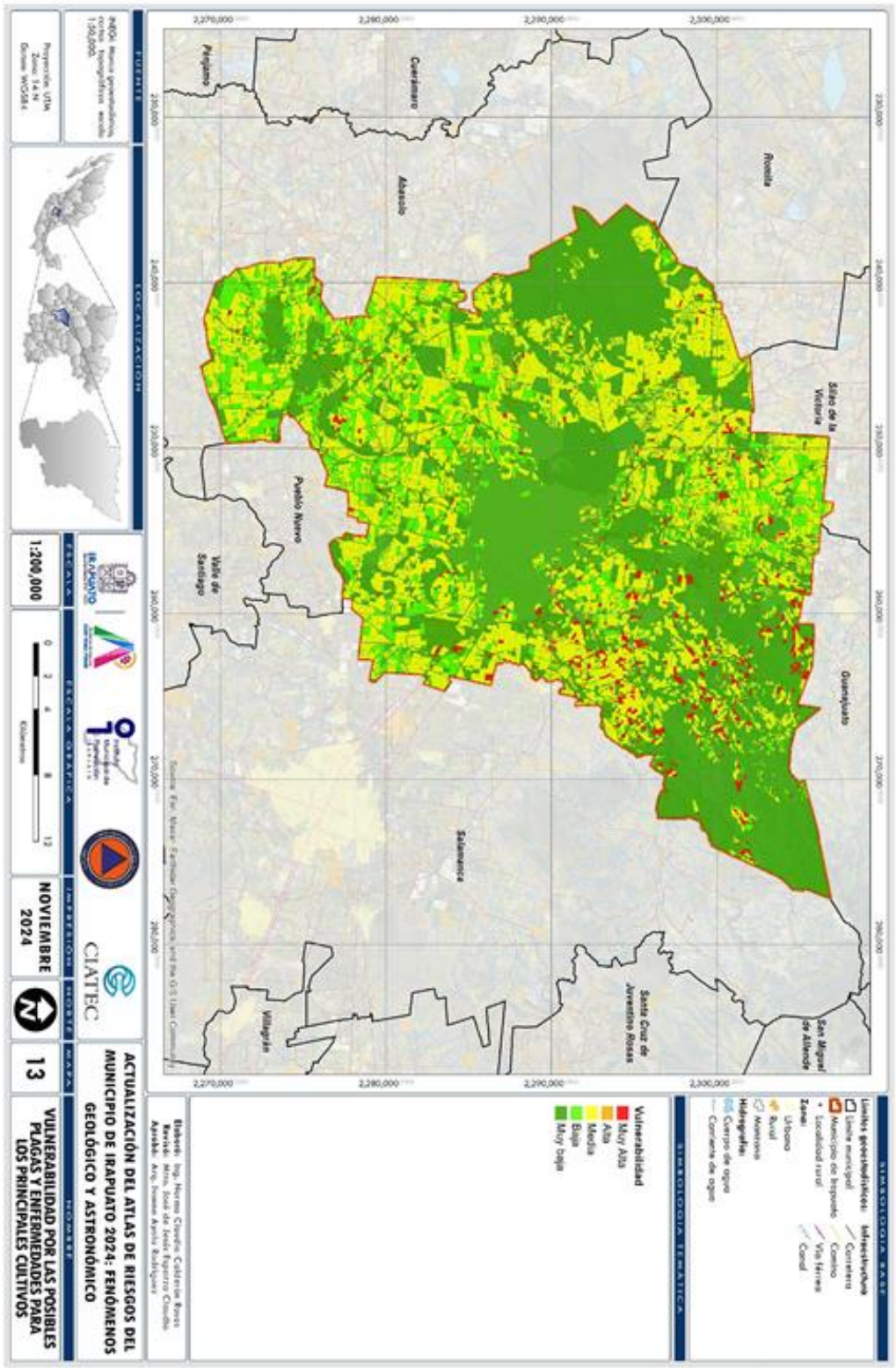


Mapa 12. Nivel de exposición en base a las posibles plagas y enfermedades para los principales.

Tabla 59. Nivel de vulnerabilidad asociado a la variación climática y a la presencia de plagas y enfermedades de los principales cultivos.

Cultivo	Vulnerabilidad climática	Plagas relevantes	Variables climáticas asociadas a la plaga	Posibles efectos en el cultivo
Fresa	🔴 Muy Alta	Mosca del vinagre de alas manchadas	Exceso de humedad, temperaturas templadas	Pudrición de raíz y corona, daño directo a frutos
Frambuesa	🔴 Muy Alta	Mosca del vinagre de alas manchadas	Humedad alta, temperaturas suaves	Daño directo a frutos, menor vida poscosecha
Lechuga	🔴 Muy Alta	Mosca de las crucíferas	Temperaturas suaves a cálidas, alta humedad	Perforación foliar, pudriciones, menor calidad
Pepino	🔴 Muy Alta	Roya, Cenicilla	Calor húmedo, lluvias frecuentes	Daño en hojas y tallos, frutos deformes
Frijol	🟠 Alta	Antracnosis, Mildiu, Roya, Conchuela del frijol	Lluvias, humedad alta, temperaturas cálidas	Manchas foliares, defoliación, menor rendimiento
Brócoli	🟠 Alta	Mosca de las crucíferas, Palomilla dorso de diamante	Temperaturas altas, humedad moderada	Perforación de hojas, afectación al cogollo central
Coliflor	🟠 Alta	Mosca de las crucíferas, Palomilla dorso de diamante	Calor, humedad relativa	Daño a hojas y cabezas, devaluación comercial
Chile verde	🟠 Alta	Picudo del chile, Polilla del pimiento	Calor seco, inestabilidad climática	Daño a fruto, perforación, caída prematura
Zanahoria	🟠 Alta	Tizones	Lluvias excesivas, suelos húmedos	Enfermedad radicular, raíces deformadas
Calabacita	🟠 Alta	Conchuela del frijol	Calor seco, condiciones de estrés hídrico	Defoliación, daño en flor y fruto, reducción de floración
Tomate rojo	🟠 Alta	Tizones, Roya, Mildiu	Exceso de agua, alta humedad, calor	Daño a follaje y fruto, abortos florales
Tomate verde	🟠 Alta	Polilla del pimiento, Roya	Calor moderado, alta humedad	Daño al fruto, pérdida comercial
Espárrago	🟠 Alta	Cenicilla, Fusariosis	Exceso de humedad, temperatura alta	Daño en brotes tiernos, debilitamiento de planta
Ajo	🟠 Alta	Roya, Fusariosis	Alta humedad, suelos mal drenados	Pudrición de bulbos, amarillamiento foliar
Cebolla	🟠 Alta	Roya, Cenicilla	Exceso de agua, humedad relativa alta	Afectación al bulbo, pudriciones
Maíz grano	🟡 Media	Roya del tallo, Tizones	Alta humedad, lluvias intensas	Menor desarrollo, afectación a mazorca
Cebada grano	🟡 Media	Roya lineal amarilla, Fusariosis	Alta humedad, clima fresco	Reducción del llenado de grano, manchas foliares
Alfalfa	🟡 Media	Conchuela del frijol	Calor seco, estrés hídrico	Defoliación, reducción de biomasa
Avena forrajera	🟡 Media	Roya del tallo, Cenicilla	Ambientes templados y húmedos	Defoliación, reducción de calidad forrajera
Sorgo grano	🟢 Baja	Roya del tallo, Fusariosis	Suelo húmedo, exceso de lluvia	Disminución de rendimiento, debilidad del tallo
Agave	🟢 Muy Baja	No significativa	—	No se reportan daños fitosanitarios relevantes

Fuente: elaboración propia.



Mapa 13. Vulnerabilidad para los principales cultivos.

VII.2.5 Riesgo por plagas del sector agrícola

La Tabla 60 muestra el nivel de riesgo relativo para cada uno de los cultivos presentes en el municipio de Irapuato registrados en el año 2024. Se observa que el nivel de riesgo es de nivel medio a muy bajo, siendo los cultivos de mayor riego el frijol, brócoli, fresa y la coliflor.

Tabla 60. Nivel de Riesgo relativo de los principales cultivos en el municipio e Irapuato.

Cultivo	Riesgo (P×V×E)	Nivel de Riesgo	Superficie afectada (ha)	Pérdida de producción (ton)	Comentarios
Frijol	0.5355	Alto	63	64.93	Alta presencia de enfermedades fúngicas en temporada de lluvias
Brócoli	0.4312	Medio	360	1939.5	Vulnerabilidad alta por crucíferas y presencia constante de insectos
Fresa	0.4275		179.7	6895.38	Enfermedades radiculares y plagas asociadas a humedad son limitantes
Coliflor	0.4063		13.2	94.17	Condiciones cálidas-húmedas propician presión alta de plagas
Chile verde	0.2975	Bajo	3.95	9.24	Insectos de fruto representan pérdida comercial significativa
Frambuesa	0.2484		3.9	7.78	Presión creciente por mosca del vinagre en frutos blandos
Lechuga	0.243		18.5	37.16	Sensible a condiciones de alta humedad y plagas de hojas
Pepino	0.2295		1.5	6.15	Cenicilla y humedad constante reducen productividad
Trigo grano	0.204		325	225.98	Roya y fusariosis se presentan con clima húmedo y fresco
Tomate rojo	0.189		3.6	18.61	Enfermedades de follaje comunes en climas húmedos
Tomate verde	0.1785		15.5	19.67	Plagas de fruto y enfermedades comunes en humedad
Calabacita	0.168		8.3	13.86	Susceptible a insectos masticadores en clima seco
Cebolla	0.1638		14.2	36.31	Roya y cenicilla afectan durante alta humedad
Zanahoria	0.1533		8.7	21.4	Tizones afectan desarrollo radicular en lluvias intensas
Maíz grano	0.108		1565	979.78	Presión moderada de enfermedades fúngicas en temporal
Cebada grano	0.0975	Muy Bajo	87.5	28.44	Enfermedades foliares comunes en siembras de invierno
Alfalfa	0.03		60.75	2363.18	Baja presión fitosanitaria y resistente a plagas

Cultivo	Riesgo (P×V×E)	Nivel de Riesgo	Superficie afectada (ha)	Pérdida de producción (ton)	Comentarios
Avena forrajera	0.029		3.1	4.79	Enfermedades no prioritarias para producción
Espárrago	0.0525		43.7	163.91	Enfermedades fúngicas pueden impactar brotes si hay exceso de humedad
Ajo	0.0525		3.2	11.1	Presencia focalizada de enfermedades de bulbo
Sorgo grano	0.045		1125	2630.5	Bajo impacto fitosanitario, plagas no limitan rendimiento significativamente
Garbanzo	0.003		5.75	0.67	Sin plagas significativas reportadas en la zona
Agave	0.003		5.4	6.43	Cultivo con baja afectación fitosanitaria en la región

Fuente: Elaboración propia.

En la interpretación sobre el riesgo relativo fitosanitario de los cultivos en el municipio de Irapuato, Guanajuato, se consideraron factores como el peligro, vulnerabilidad, exposición y su respectivo impacto potencial en la superficie afectada y posibles pérdidas de producción, se destaca los siguiente:

- **Cultivos con Riesgo Alto:** El Frijol, Brócoli y Fresa son los cultivos con mayor riesgo fitosanitario, mostrando valores de riesgo elevados debido a la alta exposición a plagas y enfermedades relevantes. Estos cultivos requieren atención prioritaria en cuanto al control de plagas y monitoreo fitosanitario debido al impacto potencial en la producción.
- El Frijol tiene el valor de riesgo más alto (0.5355), indicando una fuerte combinación de vulnerabilidad y exposición, lo que podría resultar en pérdidas económicas significativas.
- **Cultivos con Riesgo Medio:** Cultivos como Fresa, Brócoli, Frijol y Cebada se encuentran en el rango de riesgo medio, donde la probabilidad de daños es moderada pero significativa. En estos cultivos, se debe optimizar el manejo fitosanitario y realizar intervenciones preventivas para evitar pérdidas importantes.
- **Cultivos con Riesgo Bajo:** La mayoría de los cultivos por su superficie sembrada en Irapuato son el Maíz y Sorgo, los cuales se consideraron con riesgo bajo. Sin embargo, estos cultivos, presentan algunas amenazas fitosanitarias, que por su superficie sembrada aumenta la exposición a plagas y enfermedades, y sus pérdidas potenciales pueden ser importantes en comparación con los cultivos de mayor riesgo.

- **Cultivos con Riesgo Muy Bajo:** El agave se encuentra en esta categoría, debido a su baja exposición y falta de reportes significativos sobre plagas o enfermedades. Esto sugiere que el riesgo fitosanitario es casi nulo, y no se requieren medidas de control intensivas.

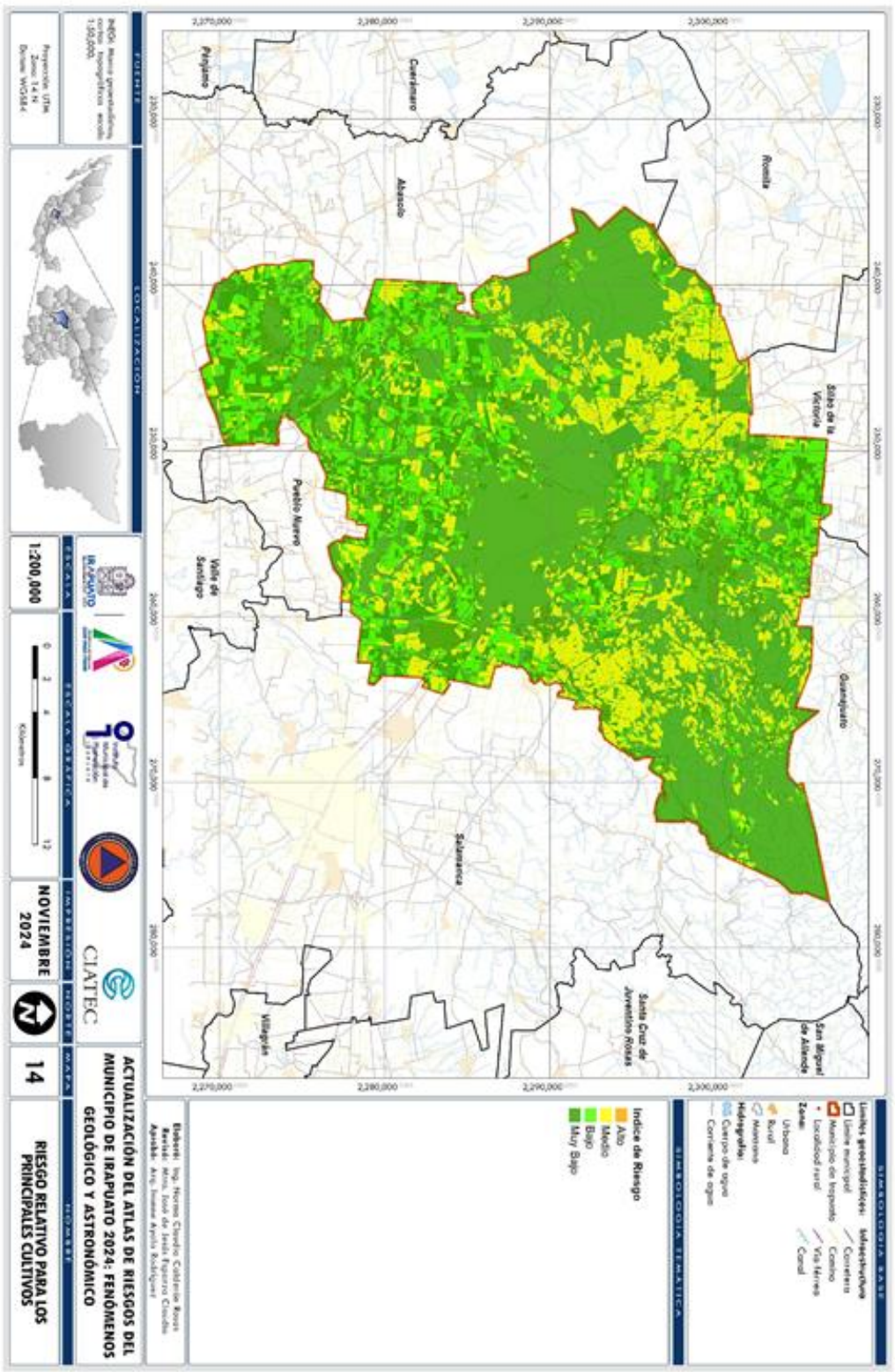
VII.2.5.1 Impacto económico y superficie afectada

Los cultivos con mayor superficie sembrada (como Sorgo, Maíz y Frijol) tienen un impacto potencial significativo debido a las plagas y enfermedades, a pesar de que algunos de ellos tienen un riesgo bajo.

La superficie afectada por el riesgo fitosanitario varía según el cultivo y su nivel de riesgo. Por ejemplo, en Frijol, con un riesgo alto, la superficie afectada es considerable, lo que se traduce en pérdidas económicas más grandes.

En términos generales, todos los cultivos presentan un riesgo que depende de varios factores como se mencionó al principio de este apartado, por lo anterior, es esencial intensificar las acciones de manejo preventivo y control de plagas, ya que cualquier cultivos tienen una mayor probabilidad de sufrir pérdidas significativas si se da un mañego agronómico adecuado alineado a los programas fitosanitarios de la CESAVEG y a las actuales condiciones climáticas de la región que sufre de una sequía prolongada.

Por lo anterior, el monitoreo constante y el uso de tecnologías de pronóstico de plagas en cultivos pueden reducir las pérdidas y mejorar la sostenibilidad del sistema agrícola en el municipio de Irapuato, ver siguiente mapa.



Mapa 14. Riesgo relativo para los principales cultivos de municipio de Irapuato.

VII.2.6 identificación de plagas del sector forestal

La Estrategia Nacional de Sanidad Forestal, de la Gerencia de Sanidad Forestal, correspondiente a la CONAFOR, menciona que los impactos específicos en los árboles y bosques producirán impactos generalizados en el sector forestal. Los cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales y bosques plantados (debido a los cambios en las temperaturas y a los regímenes de las precipitaciones) y los eventos extremos y desastres (huracanes, sequías, incendios y enfermedades) producirán efectos adversos en la función productiva de los ecosistemas forestales que, a su vez, repercutirán en las economías locales (CONAFOR, 2024). Dentro del diagnóstico de la estrategia nacional se destaca lo siguiente:

- Los procesos de deterioro de los ecosistemas forestales tienen consecuencias ambientales y sociales que impactan de manera negativa en la sociedad. Los servicios ecosistémicos que sustentan el bienestar de la sociedad se ven mermados con el aumento de las emisiones por deforestación y degradación de los bosques, la disminución de la captura de gases de efecto invernadero (GEI), la sedimentación de ríos, los azolves en obras hidráulicas y cuerpos de agua, el incremento de la erosión y desertificación, la pérdida de fertilidad de terrenos agropecuarios, el aumento en la vulnerabilidad de los bosques, y la pérdida de la biodiversidad. A su vez, estos procesos ocasionan la pérdida de la capacidad para producir alimentos, la pérdida de oportunidades económicas y productivas, la pérdida de empleos, y la intensificación de los efectos del cambio climático al tiempo que limitan la capacidad de adaptación frente a éste.
- Una de las principales causas de degradación y pérdida de estos ecosistemas, es la afectación por plagas forestales; si bien es cierto que en este proceso intervienen factores que no pueden ser controlados por el hombre, se debe reconocer que la capacidad de atención para proteger la superficie forestal nacional no ha sido suficiente, por lo que es necesario replantear y fortalecer estrategias que permitan la detección temprana y atención oportuna de plagas forestales.
- Los problemas o afectaciones en los bosques mexicanos se gravan derivado a la limitada la atención oportuna de los brotes de plagas a causa de los conflictos por la tenencia de la tierra, el desinterés de los dueños de los predios forestales, el desconocimiento de la normatividad aplicable a sanidad, la falta de manejo forestal sustentable, la insuficiente vigilancia y monitoreo fitosanitario, entre otros.
- Aunado a lo anterior, las condiciones climáticas preponderantes para la presencia de plagas y los factores de estrés de los ecosistemas, han propiciado que durante el periodo de 2010 a 2019 se tenga registrada una superficie promedio anual afectada de 148,163 ha.
- A nivel nacional los principales agentes causales de daño han sido, insectos descortezadores (51.35%), plantas parásitas (24.73%), insectos defoliadores (16.14%),

otros agentes (3.84%, ácaro rojo, avispa agalladora, chinche de pino, chupadores, plantas trepadoras y termitas), enfermedades (2.39%) e insectos barrenadores (1.55%) (Tabla 8).

A nivel estatal se cuenta con el Sistema de Alerta Fitosanitaria de Guanajuato (SIAFEG), como un instrumento para evaluar el impacto de las principales plagas y enfermedades de los bosques en el estado, predecir su comportamiento y generar recomendaciones para el manejo de estos. Esta institución mediante apoyo de la federación y otras instituciones del estado generan boletines, diagnósticos fitosanitarios y programas operativos de Sanidad Forestal (CONAFOR, 2024), por lo que su último programa del 2024 destaca lo siguiente:

- En la actualidad la cubierta vegetal del estado de Guanajuato se encuentra frecuentemente deteriorada, en muchas áreas la vegetación ha sido destruida por completo y sustituida por campos agrícolas y zonas de pastoreo, por lo que más de la mitad del territorio está ocupado por extensas parcelas agrícolas, zonas urbanas, industriales y vías de comunicación. A pesar de todo esto, todavía se puede apreciar los rasgos distintivos de la vegetación original, conservada sobre todo en las regiones montañosas más alejadas de las ciudades y pueblos de difícil acceso (CONABIO, 2012).
- Los principales tipos de vegetación registrados en el estado son: bosque de Quercus, bosque de coníferas, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y pastizal. Además, en pequeños enclaves se pueden encontrar elementos del bosque mesófilo de montaña, vegetación acuática y subacuática, así como bosques de galería.
- Del periodo 2014 a 2023, se ha realizado monitoreo terrestre por la CONAFOR, correspondiente a una superficie total de 171,563 ha, que equivale al 15.25% del total de la superficie forestal para el Estado, teniendo registro que en el 2016 se monitoreó la mayor superficie con 24,410 ha.
- De las superficies con monitoreo terrestre, se tiene registrada una superficie afectada total de 21,134.73 ha, donde los agentes causales específicos en zonas forestales que afectan dichos ecosistemas fueron los insectos descortezadores, insectos defoliadores y plantas parásitas y epifitas.
- Durante el periodo 2014-2023 se emitieron un total de 404 notificaciones de saneamiento forestal, lo cual representa una superficie de 25,289.60 hectáreas. Los principales agentes de daño identificados en el estado históricamente por superficie forestal en hectáreas son: plantas parásitas con una superficie afectada de 21,098.28, seguida de insectos descortezadores con 3173.26 hectáreas e insectos defoliadores con una superficie afectada de 919.06 hectáreas.

-

Tabla 61. Porcentaje de afectación de plagas en los ecosistemas forestales del Estado de Guanajuato 2014-2023.

Agente de daño	Superficie afectada (ha)	Porcentaje de afectación (%)
Plantas parásitas	21,098.28	83.45%
Insectos descortezadores	3,173.26	12.55%
Insectos defoliadores	919.06	3.63%
Total	**25,289.60**	**100.00%**

Fuente: (CONAFOR, 2024)

Las condiciones de estrés juegan un papel importante para el debilitamiento de la masa forestal y claro ejemplo fue la fuerte sequía que se presentó en el año 2011, donde las consecuencias para el Estado de Guanajuato se reflejaron en el 2014 y se reportó una superficie afectada de 983.55 hectáreas, (ver siguiente tabla).

Tabla 62. Superficie afectada por plagas y enfermedades forestales de 2014 a 2023.

Año	Insectos descortezadores	Insectos defoliadores	Plantas parasitas	Barrenadores	Enfermedades
2014	983.55	0.00	2,566.66	0.00	0.00
2015	464.94	0.00	2,063.48	0.00	0.00
2016	220.00	389.00	1,612.00	0.00	50.00
2017	11.60	150.00	4,197.89	0.00	0.00
2018	11.00	150.00	2,578.06	0.00	0.00
2019	211.96	150.00	781.50	0.00	0.00
2020	295.88	0.00	890.83	0.00	0.00
2021	712.81	0.00	882.38	0.00	0.00
2022	113.19	0.00	1,730.20	0.00	30.00
2023	148.33	80.06	3,795.28	0.00	19.00
Total	**3,173.26**	**919.06**	**21,098.28**	**0.00**	**99.00**

Fuente: CONAFOR/SEMARNAT, 2024.

En la estadística general del 2014 al 2023, tomando como base la superficie forestal reportada para el estado de Guanajuato (1,124,805.59 hectáreas) y superficies monitoreadas por la CONAFOR, encontraron 171,563 hectáreas equivalentes al 15.25% del total de la superficie forestal dañada para el Estado, (ver Tabla 63).

Tabla 63. Porcentaje de superficie afectada por agentes en Guanajuato (2014–2023).

Año	Agente de daño	Superficie afectada (ha)	Porcentaje del total forestal	Porcentaje del monitoreado
2014	Insectos descortezadores	983.55	0.09%	0.57%
	Plantas parásitas	2,566.66	0.23%	1.50%
2015	Insectos descortezadores	464.94	0.04%	0.27%
	Plantas parásitas	2,063.48	0.18%	1.20%
2016	Insectos descortezadores	220	0.02%	0.13%
	Insectos defoliadores	389	0.04%	0.23%
	Plantas parásitas	1,612.00	0.14%	0.94%
	Enfermedades	50	0.00%	0.03%
2017	Insectos descortezadores	11.6	0.00%	0.01%
	Insectos defoliadores	150	0.01%	0.09%
	Plantas parásitas	4,197.89	0.37%	2.45%
2018	Insectos descortezadores	11	0.00%	0.01%
	Insectos defoliadores	150	0.01%	0.09%
	Plantas parásitas	2,578.06	0.23%	1.50%
2019	Insectos descortezadores	211.96	0.02%	0.12%
	Insectos defoliadores	150	0.01%	0.09%
	Plantas parásitas	781.5	0.07%	0.46%
2020	Insectos descortezadores	295.88	0.03%	0.17%
	Plantas parásitas	890.83	0.08%	0.52%
2021	Insectos descortezadores	712.81	0.06%	0.42%
	Plantas parásitas	882.38	0.08%	0.51%
2022	Insectos descortezadores	113.19	0.01%	0.07%
	Plantas parásitas	1,730.20	0.15%	1.01%
	Enfermedades	30	0.00%	0.02%
2023	Insectos descortezadores	148.33	0.01%	0.09%
	Insectos defoliadores	80.06	0.01%	0.05%
	Plantas parásitas	3,795.28	0.34%	2.21%
	Enfermedades	19	0.00%	0.01%

Fuente: elaboración propia con datos de CONAFOR/SEMARNAT, 2024.

En términos generales, de acuerdo con las estadísticas reportadas para el estado de Guanajuato, las plantas parásitas son el principal problema fitosanitario, y requieren medidas de control específicas y de manera permanente. Respecto a los insectos descortezadores deben mantenerse bajo vigilancia, ya que su desarrollo o proliferación no puede predecirse y pueden provocar daños severos en poco tiempo, (Tabla 64).

Tabla 64. Estadísticas de afectación por agente de daño (2014–2023).

Agente de daño	Mín. (ha)	Máx. (ha)	Prom. (ha)	σ (ha)	% Promedio / Monitoreada	% Promedio / Total estatal
Insectos descortezadores	11	983.55	316.58	312.17	1.85%	0.03%
Insectos defoliadores	0	389	91.61	134.51	0.53%	0.01%
Plantas parásitas	781.5	4,197.89	2,310.03	1,231.92	1.35%	0.21%
Enfermedades	0	50	9.9	16.46	0.06%	0.00%

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAFOR/SEMARNAT, 2024.

Por lo anterior, la cobertura de monitoreo debe ampliarse, ya que el 85% del bosque no está siendo observado sistemáticamente, lo que fortalecería el diagnóstico temprano de enfermedades y defoliadores, puede evitar que se conviertan en problemas mayores.

VII.2.6.1 Plantas parásitas

Las plantas parásitas, comúnmente llamadas como muérdago, son arbustos que invaden árboles y arbustos. En específico, crecen sobre las ramas de individuos de coníferas y árboles dicotiledóneos. Para el estado de Guanajuato, actualmente se reconocen 7 géneros de muérdago: *Arceuthobium, Phoradendron, Psittacanthus, Viscum, Cladocolea, Struthanthus* y *Cuscuta*, los cuales se describen a continuación:

- Los muérdagos enanos (*Arceuthobium*), son parásitas de Pinus, Abies y Pseudotsuga, generalmente son plantas pequeñas de menos de 30 cm, aunque pueden rebasar el metro de altura. Exhiben coloraciones en el tallo que van desde el verde amarillento, al rojo o negro, sus hojas están reducidas a pequeñas escamas mientras que sus frutos son ovoides y curvos al liberar la semilla. Las inflorescencias masculinas son trímeras, y en las femeninas son opuestas, formadas por dos flores.
- Las especies de muérdago del género *Phoradendron*, son arbustos erectos o colgantes, su tamaño es variable, desde cm a varios metros de longitud. *Phoradendron* está presente en casi todo México, describiéndose alrededor de 60 especies en el territorio y distribuidas en altitudes que van desde el nivel del mar, hasta los 3,000 msnm. Este género se ubica en diferentes tipos de vegetación arbórea, que incluyen los bosques de oyamel, pino-encino, juníperos, matorral subtropical y en árboles de bosques deciduos, Presenta menos especificidad sobre las angiospermas y se encuentra parasitando algunas especies de gimnospermas.
- El género *Psittacanthus* se conforma por arbustos parásitos de árboles y arbustos, crecen en forma erecta sobre las ramas de coníferas y dicotiledóneas, alcanzan hasta los 2 m de longitud y con tallos cilíndricos o cuadrangulares. Es endémico del

continente americano, distribuido desde México hasta Argentina; en México se tienen descritas 14 especies, registradas en 25 estados, aunque con una mayor diversidad y abundancia en el centro y sur del país, localizado por debajo de los 2,500 msnm. Por lo general su infestación se da con éxito en árboles jóvenes fustales o inmaduros, reduciendo su crecimiento en diámetro y altura.

- La planta hemiparásita *V. álbum*,o muérdago blanco, crece principalmente sobre las ramas de árboles de hoja caduca, como manzanos o álamos, pero también sobre algunas variedades de pinos. Sus tallos pueden llegar a medir hasta 1 m. Sus hojas son de color amarillo verdoso de entre 2-8 cm de largo por 0,80 a 2,5 cm de ancho, se disponen en pares opuestos, son lanceoladas, enteras y de textura correosa. Las flores son diminutas (2-3 mm de diámetro) de color amarillo verdoso. El fruto es una baya pequeña, verde cuando está inmadura y después de color blanco o amarillo, no son comestibles.
- Los muérdagos del género *Cladocolea*, comúnmente son árboles dioicos, parásitos de plantas leñosas; son de tallo cilíndrico o aplanado, con hojas ovadas u opuestas, sus flores son funcionalmente unisexuales verdosas o amarillentas, y puede presentar raíces epicorticales sobre el tallo, base de la planta o estar ausente.
- Muérdago *Struthanthus*, son plantas arbustivas que alcanzan los 2 m de diámetro, hemiparásitas de árboles y arbustos. Presenta raíces epicorticales largas y abundantes, las cuales recorren la superficie del tejido del hospedante. Su infección en árboles y arbustos es severa, siendo de gran impacto económico en huertos frutales, ya que reduce la cosecha y causa muerte descendente desde la copa.
- Los géneros de plantas *Cuscuta* son plantas parásitas de árboles hospederos como pirules, mezquites, huizaches y ficus principalmente. Sus estructuras son parecidos a hilos o fideos amarillos o anaranjados. Sus infecciones son muy fáciles de identificar, ya que grandes porciones están en las copas de los árboles infectados, formando entramados entre numerosas ramas, e inclusive arboles alrededor. Presenta tallo mediano o grueso de 2.5 cm de diámetro, fijándose alrededor de las ramas o tallos de árboles hospedantes. Causa un debilitamiento general del árbol, ocasionando muerte de ramas y eventualmente la muerte del árbol (Alvarado et al., 2007).
- Las plantas epífitas son plantas que crecen sobre otras plantas adheridas a los troncos y ramas de árboles y arbustos principalmente, aunque no toman del hospedero agua ni nutrientes, ya que solo lo utilizan como soporte, su sistema radicular es externo y muy primitivo (rizoides) y no está adaptado para para alimentar a la planta, sino solo para anclarse o sostenerse y se alimenta a través de las hojas que están cubiertas de tricomas o pelos especializados para colectar agua y nutrientes del ambiente. Se les consideran dentro de las plantas parásitas, ya que provocan la asfixia de ramas y muerte de los árboles. Su principal afectación es en huizaches y mezquites tanto en zonas altas y bajas. El género *Tillandsia* es de las plantas epifitas más comunes en nuestro país y en el estado de Guanajuato. La cantidad excesiva en los árboles pueden llegar a matar al hospedero.

VII.2.6.2 Insectos (descortezadores, defoliadores y barrenadores)

Los insectos descortezadores constituyen el grupo más importante de los insectos forestales que atacan los bosques de coníferas. Son pequeños escarabajos de la subfamilia *Scolytinae* que se alimentan del floema y cambium, y generalmente realizan galerías debajo de la corteza de los árboles de todas las edades, ocasionando su muerte (Cibrián et al, 1995). De las 11 especies descritas de descortezadores del género *Dendroctonus* en México, *D. mexicanus* es el agente causal que se presenta en el estado de Guanajuato:

- *Dendroctonus mexicanus*, son escarabajos de tamaño variado de 2.3 a 4.5 mm de longitud. Su coloración es café obscuro, casi negro y muy brillante. En cada uno de los élitros presenta nueve estrías con puntuaciones bien marcadas y poco profundas. En el proceso de metamorfosis, pasa por cuatro instares larvarios. Las pupas son de tipo *exarata*, de aspecto blanquecino al inicio, para pasar al café claro y luego al café obscuro. En condiciones ambientales idóneas, llega a presentar hasta 5 generaciones por año, yendo de los 42 hasta 125 días para completar todo si ciclo biológico. Las especies hospedantes son: *Pinus ayacahuite, P. arizonica, P. cembroides, P. chihuahuana, P. cooperi, P. douglasiana, P. durangensis, P. engelmannii, P. gregil, P. devoniana, P. teocote, P. oocarpa*, entre otros (Cibrián et al., 1995).

Los insectos defoliadores se reconocen fácilmente por la ausencia de follaje en los bosques, por la presencia de peciolos, venas principales u otras partes remanentes de lo que fue la lámina foliar. El grado en el cual un árbol es dañado depende de lo extenso de la defoliación causada por el insecto, estación del año y la frecuencia de defoliaciones sucesivas, sufriendo más daño los árboles perenes que los caducifolios. Entre las principales especies en el estado de Guanajuato destaca la Mosca Sierra "*Monoctenus sanchezi*".

Los insectos barrenadores, obtienen un sustento y refugio en la madera de los árboles vivos, en ocasiones causando la muerte de su hospedero. Su alimentación causa una gran degradación de la madera, además, los orificios de salida al exterior del árbol sirven como puntos de infección para patógenos y hongos que causan la pudrición del árbol, en los últimos años se ha detectado la presencia del barrenador de encinos *Euplatypus* sp., que es un coleóptero de la subfamilia *Platypodinae*; los adultos son de una coloración café rojiza a café oscuro. Son de cuerpo alargado, cilíndrico, alcanzando en promedio cerca 5.4 mm longitud.

En el año 2023 se recibieron 80 avisos de la posible presencia de plagas y/o enfermedades, y se emitieron 80 notificaciones, principalmente para insectos descortezadores y plantas

parásitas en el Estado de Guanajuato (Tabla 65).

Tabla 65. Estadísticas de las afectaciones por agentes de daño 2023.

Municipio	Agente de daño	Superficie afectada (ha)
Acámbaro	*Dendroctonus adjuntus*	*1.96*
Acámbaro	*Psittacanthus calyculatus y Phoradendron velutinum*	*100*
Atarjea	*Dendroctonus mexicanus HOPKINS*	*64.23*
Atarjea	*Malacosoma sp.*	*80.06*
Atarjea	*Phoradendron sp.*	*614.45*
Atarjea	*Tillandsia recurvata*	*227*
Coroneo	*Phoradendron sp. y Psittacanthus calyculatus*	*14.26*
Coroneo	*Psittacanthus sp. y Phoradendron sp.*	*53.94*
Guanajuato	*Phoradendron sp., Psittacanthus calyculatus y Tillandsia recurvata*	*17.28*
Jerécuaro	*Dendroctonus adjuntus*	*238.65*
Jerécuaro	*Dendroctonus mexicanus HOPKINS*	*5.53*
Jerécuaro	*Ips pini y Dendroctonus valens*	*1.6*
Jerécuaro	*Phoradendron sp. y Dendroctonus adjuntus*	*140*
Jerécuaro	*Psittacanthus sp. y Phoradendron sp.*	*110.4*
Salamanca	*Phoradendron sp. y Psittacanthus calyculatus*	*133.71*
Salamanca	*Phoradendron sp. y Tillandsia recurvata*	*118.79*
Salamanca	*Phoradendron sp., Pssitacanthus calyculatus y Tillanasia recurvata*	*133.19*
Salamanca	*Psittacanthus calyculatus y Phoradendron sp.*	*69*
San Diego De La Unión	*Tillandsia recurvata*	*828*
San José Iturbide	*Phoradendron sp.*	*192*
San José Iturbide	*Tillandsia recurvata*	*12.11*
San José Iturbide	*Tillandsia sp y Phoradendron sp.*	*81*
San José Iturbide	*Tillandsia sp.*	*18*
San Luis De La Paz	*Phoradendron sp.*	*360.65*
Santa Catarina	*Phoradendron sp.*	*11*
Silao	*Phoradendron sp., Psittacanthus calyculatus y Tillandsia recurvata*	*122.41*
Tierra Blanca	*Tillandsia recurvata*	*0.5*
Tierra Blanca	*Tillandsia sp.*	*53.76*
Xichú	*Biscogniauxia atropunctata*	*19*
Xichú	*Dendroctonus mexicanus HOPKINS*	*70*
Xichú	*Phoradendron sp.*	*363.83*
Xichú	*Phoradendron sp. y Tillandsia recurvata*	*20*
Total		**4,276.31**

VII.2.7 Peligro por plagas del sector forestal

En la siguiente tabla, se presenta una breve descripción del daño que pueden causar dichas plagas a los ecosistemas.

Tabla 66. Descripción de los principales agentes causales en el sector forestal del Estado de Guanajuato.

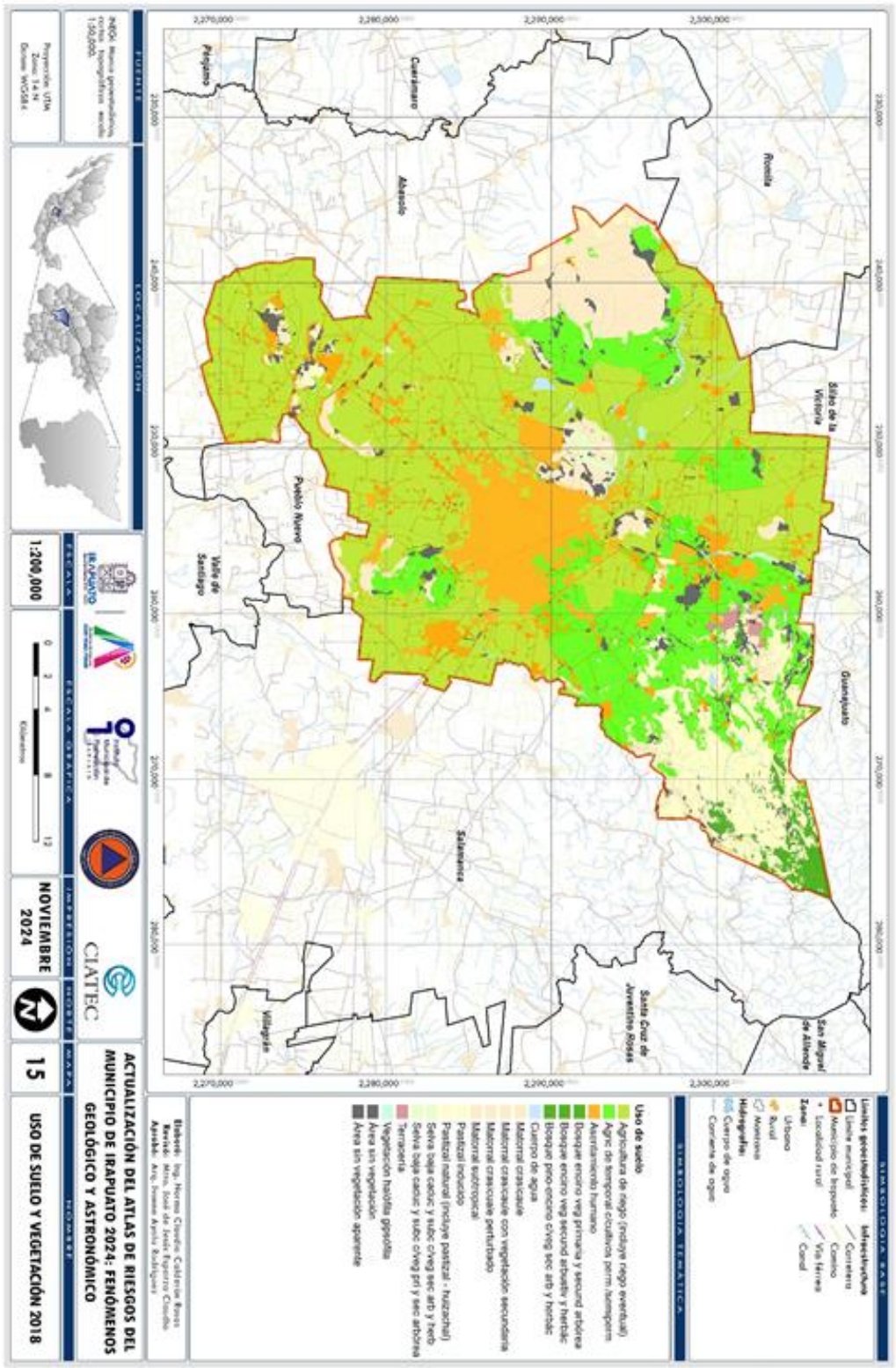
Agente Causal	Descripción	Fuente
Dendroctonus adjuntus	Escarabajo barrenador que perfora la corteza de los pinos, debilitando al árbol y pudiendo matarlo al interrumpir el flujo de agua y nutrientes.	Canadian Forest Service, "Dendroctonus adjuntus" (nrcan.gc.ca)
Psittacanthus calyculatus	Planta parásita que extrae agua y nutrientes de los árboles, debilitándolos y haciéndolos más vulnerables a otras plagas.	Harvard University Herbaria, "Psittacanthus calyculatus" (herbaria.harvard.edu)
Phoradendron velutinum	Planta parásita que se alimenta de los árboles, reduciendo su crecimiento y debilitándolos.	Smithsonian Institution, "Phoradendron velutinum" (si.edu)
Dendroctonus mexicanus	Escarabajo de la corteza que afecta a los pinos, debilitando al árbol al interrumpir el flujo de agua y nutrientes.	Forest Insect & Disease Leaflet, "Dendroctonus mexicanus" (fs.fed.us)
Malacosoma sp.	Oruga defoliadora que afecta a los pinos, causando la pérdida de hojas y debilitando los árboles al interrumpir su capacidad de fotosíntesis.	University of Florida, "Malacosoma" (entomology.ifas.ufl.edu)
Phoradendron sp.	Planta parásita que reduce la capacidad de los árboles hospedadores al competir por agua y nutrientes, debilitándolos con el tiempo.	National Park Service, "Phoradendron" (nps.gov)
Tillandsia recurvata	Planta epífita que crece sobre los árboles y compite por agua y nutrientes, lo que puede debilitar a los árboles cuando hay infestaciones grandes.	Missouri Botanical Garden, "Tillandsia recurvata" (missouribotanicalgarden.org)
Ips pini y Dendroctonus valens	Escarabajos de la corteza que perforan la corteza de los pinos, causando la muerte de los árboles al interrumpir el flujo de agua y nutrientes.	University of California Agriculture and Natural Resources, "Ips pini" y "Dendroctonus valens" (ipm.ucanr.edu)
Psittacanthus sp.	Planta parásita que se adhiere a los árboles y extrae agua y nutrientes, debilitándolos y aumentando su vulnerabilidad a otras plagas.	Smithsonian Institution, "Psittacanthus" (si.edu)
Tillandsia sp.	Planta epífita que crece sobre árboles, debilitando al árbol al competir por recursos como agua y nutrientes, especialmente en áreas con alta infestación.	Missouri Botanical Garden, "Tillandsia" (missouribotanicalgarden.org)
Biscogniauxia atropunctata	Hongo patógeno que causa "canker" o cáncer de tronco, afectando la corteza y la madera de los pinos, interrumpiendo el flujo de agua y nutrientes.	USDA Forest Service, "Biscogniauxia atropunctata" (fs.usda.gov)

A partir de los datos de usos de suelo, se estimó su superficie para determinar si pueden ser afectados, ver la Tabla 67.

Tabla 67. Usos de suelo del municipio de Irapuato, 2018.

Uso de suelo	Superficie (km²)
Agricultura de riego	371.68809
Agricultura de temporal	141.82159
Asentamiento humano	33.00983
Bosque de encino	2.32476
Bosque de encino perturbado	1.62215
Bosque mixto de pino-encino perturbado	9.24947
Cuerpo de agua	4.21182
Frutales	0.83901
Industria	10.49017
Infraestructura mixta	13.90838
Invernaderos	7.91281
Matorral crasicaule	0.31180
Matorral crasicaule perturbado	7.07892
Matorral subtropical	9.78208
Matorral xerófilo	21.80160
Matorral xerófilo perturbado	46.29072
Pastizal inducido	22.83157
Pastizal natural	46.06441
Selva baja caducifolia	1.54380
Selva baja caducifolia perturbada	2.58374
Sitio de disposición final de residuos solidos	0.35069
Sitio de extracción	0.17251
Sitio de extracción de materiales pétreos	4.42731
Terracería	2.53134
Vegetación riparia	3.30386
Vegetación secundaria arbustiva herbácea	22.90140
Vialidad pavimentada	4.76320
Zona inundable	0.02872
Zona sin vegetación	0.00728
Zona sin vegetación aparente	0.63803
Zona urbana	57.16396
Total general	**851.65501**

Fuente: SAMA, 2018.



Mapa 15. Uso de suelo y vegetación 2018.

A partir de los ecosistemas reportados en la carta de uso de suelo y vegetación, se eligieron para el presente estudio los siguientes ecosistemas considerados como forestales. Estos se presentan en la siguiente tabla y destacan el Matorral xerófilo perturbado, Matorral xerófilo, Matorral subtropical, Bosque mixto de pino-encino perturbado, Matorral crasicaule perturbado, Selva baja caducifolia perturbada, Bosque de encino, Bosque de encino perturbado, Selva baja caducifolia, Matorral crasicaule y Vegetación riparia, que en conjunto representan el 12.4% del total de la superficie del municipio.

Tabla 68 Principales ecosistemas forestales del municipio de Irapuato, 2018.

Ecosistema forestal	Superficie (ha)	%
Matorral xerófilo perturbado	4,629.07	43.71%
Matorral xerófilo	2,180.16	20.59%
Matorral subtropical	978.21	9.24%
Bosque mixto de pino-encino perturbado	924.95	8.73%
Matorral crasicaule perturbado	707.89	6.68%
Selva baja caducifolia perturbada	258.37	2.44%
Bosque de encino	232.48	2.20%
Bosque de encino perturbado	162.22	1.53%
Selva baja caducifolia	154.38	1.46%
Matorral crasicaule	31.18	0.29%
Vegetación riparia	330.39	3.12%
Total	**10,589.30**	**100.00%**

Fuente: elaboración propia con datos de la SAMA, 2018

Con base a las plagas reportadas en el Programa Operativo de Sanidad Forestal 2024 del Estado de Guanajuato, se hizo la correlación de las plagas que pudieran a dichos ecosistemas forestales, lo cual se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 69. Relación de plagas y sus potenciales efectos en los ecosistemas forestales de Irapuato.

Nombre de la plaga	Tipo	Ecosistemas susceptibles	Efecto principal
Dendroctonus adjunctus	Escarabajo descortezador	Bosque mixto de pino-encino perturbado	Perforación del floema y xilema; muerte de árboles.
Dendroctonus mexicanus	Escarabajo descortezador	Bosque mixto de pino-encino perturbado	Daños severos al sistema vascular del árbol; mortalidad masiva si no se controla.
Ips pini / Dendroctonus valens	Escarabajos descortezadores	Bosques mixtos, posiblemente en zonas perturbadas	Invasión en árboles debilitados; puede actuar como plaga secundaria.
Psittacanthus calyculatus	Planta parásita (muérdago)	Bosque de encino, vegetación riparia, matorral subtropical	Parasita ramas; reduce fotosíntesis y puede causar muerte de ramas o del árbol.
Psittacanthus sp.	Planta parásita	Similar a la anterior	Impacto similar, aunque puede variar según la especie.
Phoradendron velutinum	Planta parásita (muérdago)	Encinos, bosques riparios, selva baja caducifolia	Absorbe agua y nutrientes, debilitando el árbol huésped.
Phoradendron sp.	Planta parásita	Varias especies leñosas, especialmente en vegetación secundaria y bosques perturbados	Misma acción parasitaria que otras especies del género.
Tillandsia recurvata	Epífita oportunista	Matorral xerófilo, selva baja caducifolia, vegetación riparia	Competencia por luz y humedad; puede debilitar ramas, especialmente en árboles aislados.
Tillandsia sp.	Epífita	Similar a T. recurvata, con distribución más amplia	Incrementa peso en ramas; puede facilitar entrada de patógenos.
Malacosoma sp.	Oruga defoliadora	Matorrales y selvas perturbadas, vegetación secundaria	Defoliación intensa, especialmente en árboles jóvenes o estresados.
Biscogniauxia atropunctata	Hongo patógeno	Encinos y otras especies de bosque templado perturbado	Causa chancros y pudrición del corazón del árbol. Puede ser letal.

Fuente: Elaboración propia con datos de la SAMA, 2018.

Los resultados del cálculo del estadístico para la probabilidad de la presencia de plagas en los ecosistemas forestales de Irapuato a partir de los reportados en la Tabla 65 de estadísticas de afectación por agente de daño 2023, se muestran en la Tabla 70.

Tabla 70. Estadísticos por tipo de plaga considerando los eventos 2023 en el estado de Guanajuato.

Agente de daño (Plaga)	Número registros	Mín. (ha)	Máx. (ha)	Prom. (ha)	σ (ha)	CV (%)
Dendroctonus adjuntus	3	1.96	238.65	127.54	134.52	105.50%
Dendroctonus mexicanus HOPKINS	3	5.53	70.00	46.59	33.66	72.20%
Ips pini y Dendroctonus valens	1	1.60	1.60	1.60	0.00	0.00%
Malacosoma sp.	1	80.06	80.06	80.06	0.00	0.00%
Phoradendron sp. (y combinaciones)	14	11.00	614.45	183.03	164.47	89.80%
Psittacanthus sp. (y combinaciones)	9	14.26	133.71	80.88	37.67	46.60%
Tillandsia recurvata / Tillandsia sp. (y combinadas)	8	0.50	828.00	182.42	271.63	148.90%
Biscogniauxia atropunctata	1	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00%

Los resultados ajustados para el coeficiente de variación se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 71. Ajuste estadístico menos al 10% de coeficiente de variación por tipo de plaga (superficie en ha) considerando los eventos 2023 en el Estado de Guanajuato.

Agente de Daño (Plaga)	Número registros	Mín. (ha)	Máx. (ha)	Prom. (ha)	σ (ha)	Nuevo CV (%)
Dendroctonus adjuntus	3	1.96	238.65	127.54	12.75	10.00%
Dendroctonus mexicanus HOPKINS	3	5.53	70.00	46.59	4.66	10.00%
Ips pini y Dendroctonus valens	1	1.60	1.60	1.60	0.00	0.00%
Malacosoma sp.	1	80.06	80.06	80.06	0.00	0.00%
Phoradendron sp. (y combinaciones)	14	11.00	614.45	183.03	18.3	10.00%
Psittacanthus sp. (y combinaciones)	9	14.26	133.71	80.88	8.09	10.00%
Tillandsia recurvata / Tillandsia sp. (y combinadas)	8	0.50	828.00	182.42	18.24	10.00%
Biscogniauxia atropunctata	1	19.00	19.00	19.00	0.00	0.00%

Para la severidad de daño se generó la siguiente tabla para estimar el nivel de peligro ajustado, ver Tabla 72.

Tabla 72. Tabla de porcentaje de daño que pueden causar las plagas a los ecosistemas forestales.

Plaga	Severidad (%)	Fuente	
Dendroctonus adjuntus	80	Revista Mexicana de Ciencias Forestales	https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/280
Psittacanthus calyculatus	80	Revista Mexicana de Ciencias Forestales	https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1211
Phoradendron velutinum	80	Manual de Plagas y Enfermedades en Viveros y Bosques de Nicaragua	https://www.researchgate.net/publication/344955885_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua
Dendroctonus mexicanus HOPKINS	80	Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente	https://revistas.chapingo.mx/forestales/article/view/r.rchscfa.2020.11.069
Malacosoma sp.	50	Manual de Plagas y Enfermedades en Viveros y Bosques de Nicaragua	https://www.researchgate.net/publication/344955885_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua
Phoradendron sp.	80	Revista Mexicana de Ciencias Forestales	https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1211
Tillandsia recurvata	20	Manual de Plagas y Enfermedades en Viveros y Bosques de Nicaragua	https://www.researchgate.net/publication/344955885_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua
Ips pini y Dendroctonus valens	80	Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente	https://revistas.chapingo.mx/forestales/article/view/r.rchscfa.2020.11.069
Psittacanthus sp.	80	Revista Mexicana de Ciencias Forestales	https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/1211
Tillandsia sp.	20	Manual de Plagas y Enfermedades en Viveros y Bosques de Nicaragua	https://www.researchgate.net/publication/344955885_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua
Biscogniauxia atropunctata	50	Manual de Plagas y Enfermedades en Viveros y Bosques de Nicaragua	https://www.researchgate.net/publication/344955885_Manual_de_Plagas_y_Enfermedades_en_Viveros_y_Bosques_de_Nicaragua

Las plagas que potencialmente pudieran representar un mayor peligro por su impacto y distribución son: *Phoradendron sp., Dendroctonus adjuntus* y *D. mexicanus*, lo que permite priorizar esfuerzos de vigilancia forestal y diseño de programas de manejo fitosanitario, (ver Tabla 73).

Tabla 73. Peligro relativo por agente causal o plaga.

Plaga	Probabilidad ajustada (%)	Severidad del daño	Peligro relativo (Probabilidad x Severidad)	CV ajustado (%)	σ (ha)
Dendroctonus adjuntus	10%	Alta (80%)	8.00%	10%	134.52
Psittacanthus calyculatus	5%	Alta (80%)	4.00%	10%	37.67
Phoradendron velutinum	5%	Alta (80%)	4.00%	10%	164.47
Dendroctonus mexicanus HOPKINS	8%	Alta (80%)	6.40%	10%	33.66
Malacosoma sp.	3%	Media (50%)	1.50%	10%	0.00
Phoradendron sp.	15%	Alta (80%)	12.00%	10%	164.47
Tillandsia recurvata	20%	Baja (20%)	4.00%	10%	271.63
Ips pini y Dendroctonus valens	2%	Alta (80%)	1.60%	10%	0.00
Psittacanthus sp.	7%	Alta (80%)	5.60%	10%	37.67
Tillandsia sp.	3%	Baja (20%)	0.60%	10%	0.00
Biscogniauxia atropunctata	1%	Media (50%)	0.50%	10%	0.00

Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior, se realizó la clasificación de peligro por tipo de agente perturbado o plaga que potencialmente puede presentarse en el municipio de Irapuato (Tabla 74).

Tabla 74 Clasificación del peligro relativo por tipo de agente causal en los ecosistemas forestales.

Plaga	Peligro	Nivel de importancia	Descripción
Phoradendron sp.	0.120	Muy Alto	Muérdago hemiparásito ampliamente distribuido, reduce vigor y mata ramas.
Dendroctonus adjuntus	0.080	Alto	Escarabajo descortezador que mata árboles adultos, especialmente encinos.
Dendroctonus mexicanus HOPKINS	0.064	Alto	Insecto perforador agresivo, causa mortandad rápida en bosques mixtos.
Psittacanthus sp.	0.056	Medio	Parásito vascular que disminuye crecimiento y productividad forestal.
Tillandsia recurvata	0.040	Medio	Epífita que afecta árboles en zonas perturbadas, compite por luz y espacio.
Psittacanthus calyculatus	0.040	Medio	Parásito común en encinos, puede causar daños severos en infestaciones densas.
Phoradendron velutinum	0.040	Medio	Variante de muérdago menos documentada, pero con impactos similares.
Ips pini y D. valens	0.016	Bajo	Escarabajos asociados a árboles debilitados; daño localizado pero severo.
Malacosoma sp.	0.015	Bajo	Defoliador estacional que puede afectar el crecimiento durante brotaciones.

Plaga	Peligro	Nivel de importancia	Descripción
Tillandsia sp.	0.006	Muy Bajo	Epífitas con bajo impacto directo, proliferan en áreas abiertas o degradadas.
Biscogniauxia atropunctata	0.005	Muy Bajo	Hongo endófito oportunista; daño en ramas o árboles muy debilitados.

Los resultados muestran que el peligro por plagas y enfermedades en los ecosistemas forestales del municipio de Irapuato revelan una distribución desigual del peligro relativo, tanto en términos de severidad como de superficie potencialmente afectada, por lo que los ecosistemas más susceptibles combinan una alta concentración de agentes perturbadores con ecosistemas en condiciones de perturbación ecológica lo que favorece la propagación de las plagas (Tabla 75).

Tabla 75. Nivel de peligro relativo de los ecosistemas forestales en Irapuato.

Ecosistema forestal	Superficie (ha)	Plagas principales (Peligro Relativo)	Peligro acumulado	Probabilidad general	Nivel de peligro (Descripción)	Área potencialmente afectada (ha)
Bosque mixto de pino-encino perturbado	924.95	*D. adjunctus* (8.000%), *D. mexicanus* (6.400%), *Ips pini* / *D. valens* (1.600%)	0.160	0.150	🔴 Muy Alto – Plagas descortezadoras con alta letalidad	138.74
Matorral subtropical	978.21	*Malacosoma sp.* (1.500%), *Psittacanthus calyculatus* (4.000%), *Phoradendron sp.* (12.000%)	0.175	0.150	🔴 Muy Alto – Parásitas dominantes, defoliación en vegetación secundaria	146.73
Matorral crasicaule perturbado	707.89	*Tillandsia recurvata* (4.000%), *Malacosoma sp.* (1.500%), *Phoradendron sp.* (12.000%)	0.175	0.150	🔴 Alto – Estrés vegetal por combinación de plagas	106.18
Selva baja caducifolia perturbada	258.37	*Tillandsia recurvata* (4.000%), *Phoradendron velutinum* (4.000%), *Psittacanthus calyculatus* (4.000%)	0.120	0.100	🟠 Alto – Alta carga parasitaria	25.84
Bosque de encino	232.48	*Phoradendron velutinum* (4.000%), *Psittacanthus sp.* (5.600%), *Biscogniauxia atropunctata* (0.500%)	0.101	0.100	🟠 Alto – Múltiples plagas estructurales	23.25
Vegetación riparia	330.39	*Phoradendron velutinum* (4.000%), *Psittacanthus calyculatus* (4.000%), *Tillandsia recurvata* (4.000%)	0.120	0.100	🟠 Alto – Epífitas y parásitas en corredores ecológicos	33.04
Selva baja caducifolia	154.38	*Tillandsia recurvata* (4.000%), *Phoradendron velutinum* (4.000%)	0.080	0.070	🟡 Medio – Parásitas que debilitan gradualmente	10.81
Bosque de encino perturbado	162.22	*Phoradendron velutinum* (4.000%), *Biscogniauxia atropunctata* (0.500%)	0.045	0.050	🟢 Bajo – Parásita vascular y hongo estructural	8.11
Matorral xerófilo perturbado	4,629.07	*Tillandsia recurvata* (4.000%), *Tillandsia sp.* (0.600%)	0.046	0.050	🟢 Bajo – Plagas oportunistas, efecto generalizado	231.45
Matorral xerófilo	2,180.16	*Tillandsia recurvata* (4.000%), *Tillandsia sp.* (0.600%)	0.046	0.050	🟢 Bajo – Afectación localizada, menor severidad	109.01
Matorral crasicaule	31.18	*Tillandsia recurvata* (4.000%)	0.040	0.050	🟢 Bajo – Impacto muy limitado, sin severidad estructural	0.62

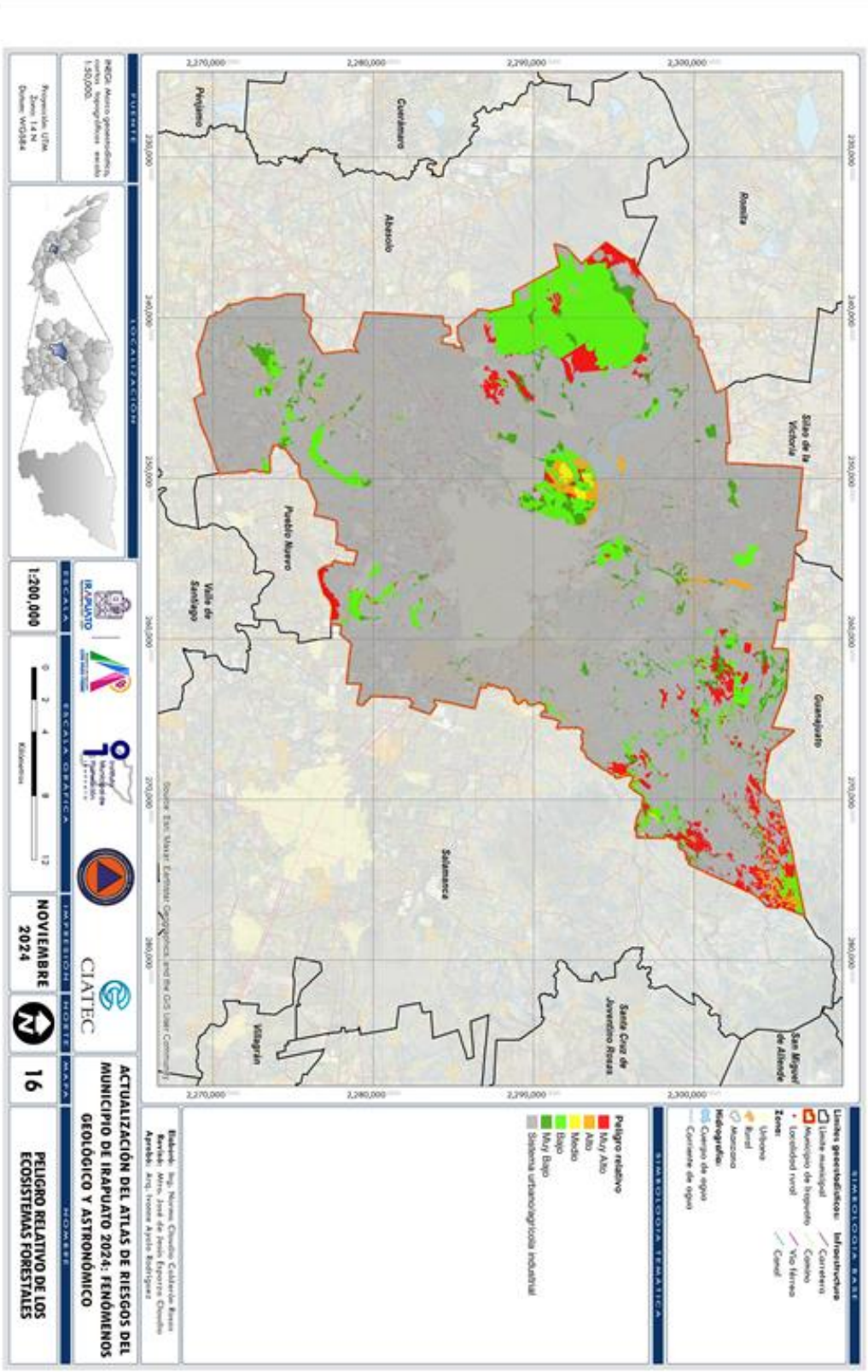
Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de los resultados de peligro, se observa que los ecosistemas con nivel muy alto son el bosque mixto de pino-encino perturbado, el matorral subtropical y el matorral crasicaule perturbado. En estos ecosistemas, se presentan plagas altamente destructivas como los escarabajos descortezadores (*Dendroctonus adjunctus* y *D. mexicanus*), defoliadores (*Malacosoma* sp.), y plantas parásitas (*Phoradendron* sp.), cuya interacción puede generar pérdidas significativas en cobertura forestal. El bosque mixto de pino-encino, en particular, se ve amenazado por plagas que perforan el sistema vascular de los árboles, lo que puede conducir a mortalidad masiva si no son atendidos dentro de los programas fitosanitarios. Estos ecosistemas presentan además una alta proporción de superficie afectada estimada, con más de 100 hectáreas comprometidas en cada caso.

En nivel alto se ubican ecosistemas como la selva baja caducifolia perturbada, el bosque de encino y la vegetación riparia, donde predominan plantas parásitas como *Phoradendron velutinum* y *Psittacanthus calyculatus*, además de epífitas oportunistas como *Tillandsia recurvata*, que, si bien no son letales por sí mismas, reducen significativamente la salud fisiológica de los árboles al competir por luz, agua y nutrientes. Estos ecosistemas muestran una combinación de estrés ambiental y presión biótica que puede incrementar la vulnerabilidad a incendios forestales, plagas secundarias y pérdida de biodiversidad.

Los ecosistemas con nivel de peligro medio a bajo, incluyen la selva baja caducifolia no perturbada, el bosque de encino perturbado, el matorral xerófilo, y el matorral crasicaule. Estos presentan una menor diversidad y severidad de plagas, aunque siguen expuestos a amenazas recurrentes como el muérdago (*Phoradendron*) y epífitas como *Tillandsia* sp. Su estado puede deteriorarse rápidamente si no se manejan los factores de perturbación antrópica, como el cambio de uso de suelo, el sobrepastoreo o la fragmentación del hábitat.

En términos de superficie total afectada, destacan el matorral xerófilo perturbado (con más de 230 ha de ser potencialmente afectadas), seguido por el matorral subtropical y el bosque mixto de pino-encino perturbado. En conjunto, se estima que aproximadamente el 8.2% del total de la superficie forestal del municipio podría ser afectada por plagas y enfermedades forestales si no se aplican medidas de monitoreo, control y restauración (Mapa 16).



Mapa 16. Peligro relativo de los ecosistemas forestales.

VII.2.8 Sistemas expuestos del sector forestal

Los resultados del cálculo de índice compuesto de exposición en el municipio de Irapuato se presentan en la Tabla 76.

Tabla 76. Índice ICE para los sistemas expuestos.

Ecosistema	Plagas P	Superficie (ha)	Cálculo ICE	ICE	Nivel de exposición
Matorral xerófilo perturbado	2	185.16	(2/5)*0.5 + (185.16/185.16)*0.5 = 0.2 + 0.5	0.70	Muy Alto
Bosque mixto pino-encino perturbado.	3	138.74	(3/5)*0.5 + (138.74/185.16)*0.5 = 0.3 + 0.375	0.67	Alto
Matorral subtropical	3	117.39	0.3 + (117.39/185.16)*0.5 = 0.3 + 0.317	0.63	Alto
Matorral crasicaule perturbado	2	77.87	0.2 + (77.87/185.16)*0.5 = 0.2 + 0.210	0.41	Medio
Matorral xerófilo	2	65.4	0.2 + (65.40/185.16)*0.5 = 0.2 + 0.177	0.38	Bajo
Vegetación riparia	3	28.08	0.3 + (28.08/185.16)*0.5 = 0.3 + 0.076	0.38	Bajo
Selva baja caducifolia perturbado	2	25.84	0.2 + (25.84/185.16)*0.5 = 0.2 + 0.070	0.27	Bajo
Bosque de encino	3	19.76	0.3 + (19.76/185.16)*0.5 = 0.3 + 0.053	0.35	Bajo
Selva baja caducifolia	2	9.26	0.2 + (9.26/185.16)*0.5 = 0.2 + 0.025	0.23	Bajo
Bosque de encino perturbado	1	7.3	0.1 + (7.30/185.16)*0.5 = 0.1 + 0.020	0.12	Muy Bajo
Matorral crasicaule	1	0.31	0.1 + (0.31/185.16)*0.5 = 0.1 + 0.001	0.10	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presentan los niveles de exposición por plaga.

Tabla 77. Niveles de exposición compuesta por tipo de agente causal que afectan los ecosistemas forestales.

Rango NEP	Nivel de exposición por plaga	Daño
≥ 0.70	Muy alto	Tillandsia recurvata, Tillandsia sp. → epífitas oportunistas que compiten por luz y humedad, debilitando ramas; aumento de carga

Rango NEP	Nivel de exposición por plaga	Daño
		estructural en árboles. Ecosistemas con gran extensión, por lo que el impacto se multiplica y puede reducir cobertura vegetal de manera considerable.
0.60 – 0.69	Alto	Dendroctonus adjunctus, Dendroctonus mexicanus, Ips pini / D. valens → escarabajos descortezadores que perforan floema y xilema causando muerte de árboles. Ecosistemas densos y fragmentados, vulnerables al avance rápido de plagas si no se controlan. Riesgo de mortalidad masiva en el arbolado. Psittacanthus calyculatus, Phoradendron sp., Malacosoma sp. → parásitos como el muérdago que reducen la fotosíntesis y orugas defoliadoras que afectan árboles jóvenes. Ecosistemas medianamente conservados, pero biológicamente sensibles.
0.40 – 0.59	Medio	Tillandsia recurvata, Phoradendron sp. → epífitas y muérdago afectan árboles aislados o perturbados. Daños localizados, pero pueden comprometer ramas y crecimiento. Ecosistemas secundarios con cobertura variable. Psittacanthus calyculatus, Phoradendron velutinum, Biscogniauxia atropunctata → parásitos y hongos patógenos que causan debilitamiento estructural (pudrición del corazón). Impacto más fuerte en condiciones de estrés ambiental o en árboles viejos.
0.20 – 0.39	Bajo	Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus sp. → plagas oportunistas en vegetación secundaria. Reducción del vigor vegetal, pérdida limitada de ramas o productividad en áreas pequeñas.
< 0.20	Muy bajo	Phoradendron sp., Biscogniauxia atropunctata → parásitos y hongos presentes en áreas pequeñas o marginales. Riesgo muy localizado, poco impacto general. Ecosistemas con escasa cobertura y baja densidad de árboles susceptibles.

Fuente: Elaboración propia.

El Nivel de Exposición Compuesto (NEC), las plagas y sus efectos potenciales sobre los ecosistemas forestales del municipio de Irapuato, se presentan en la Tabla 78.

Tabla 78. Nivel de Exposición Compuesto de los ecosistemas forestales en Irapuato.

Ecosistema	NEC	Nivel de exposición	Plagas principales	Descripción
Matorral xerófilo perturbado	0.70	Muy Alto	*Tillandsia recurvata*, *Tillandsia* sp.	Exposición a epífitas no parasitarias, pertenecientes a la familia Bromeliaceae, aunque no penetran tejidos del árbol, se adhieren a troncos y ramas para competir por luz, humedad y nutrientes del aire. Se destacan por presentar una colonización progresiva, expandiéndose rápidamente en zonas abiertas, fragmentadas o perturbadas, donde hay menos sombra y humedad constante, aunado a que comprometen la estabilidad estructural del arbolado contribuyendo al estrés acumulado, volviendo al árbol más vulnerable a otras plagas (muérdagos, defoliadores, hongos).
Bosque mixto pino-encino perturbado	0.67	Alto	*Dendroctonus* spp., *Ips pini*, *Psittacanthus calyculatus*, *Phoradendron* sp., *Malacosoma* sp.	• Exposición a escarabajos descortezadores (*Dendroctonus* spp.) que perforan la corteza e inyectan hongos simbiontes (oófios), interrumpiendo el flujo de savia, que en condiciones de sequía se propagan rápidamente. • Exposición a escarabajos grabador (Ips pini), que ataca árboles ya debilitados, genera galerías bajo la corteza y transporta hongos que afectan el sistema vascular. • Exposición a muérdago hemiparásito de mayor tamaño (*Psittacanthus* sp.) que causa estrés fisiológico significativo en su hospedero e induce crecimiento desordenado en ramas. • Exposición a muérdago hemiparásito (*Phoradendron* sp.) que reduce vigor, interfiere con la absorción de nutrientes, provoca debilitamiento progresivo y caída de ramas • Exposición a oruga defoliadora (*Malacosoma* sp.) que puede provocar defoliación severa, con impacto en fotosíntesis y regeneración, donde los brotes masivos alteran los ciclos fenológicos del ecosistema, así como potencialmente puede causar desbalance en la fauna entomófaga (aves, insectos depredadores). • La presencia simultánea de estas plagas, pueden causar los siguientes efectos es los ecosistemas forestales: • Descortezadores + muérdagos + defoliadores = Pérdida total de funcionalidad fisiológica (agua, nutrientes, hojas).
Matorral subtropical	0.63	Alto		

Ecosistema	NEC	Nivel de exposición	Plagas principales	Descripción
				• Afectación de plántulas y juveniles por *Malacosoma* y muérdagos, así como menor regeneración natural del bosque. • Pueden acelerar la fragmentación por caída de árboles y apertura del dosel. • Cambios en hábitat y recursos, así como pérdida de especies sensibles, aumento de especies oportunistas o invasoras.
Matorral crasicaule perturbado	0.41	Medio	*Tillandsia recurvata*, *Phoradendron* sp., *Psittacanthus calyculatus*, *Biscogniauxia atropunctata*	• Exposición a epífita oportunista (Tillandsia recurvata) que cubre ramas y copas, reduciendo la fotosíntesis del árbol hospedero, que puede colonizar árboles en desarrollo y limitar su crecimiento. • Exposición a muérdago hemiparásito (Phoradendron sp.) que reduce vigor, interfiere con la absorción de nutrientes, provoca debilitamiento progresivo y caída de ramas • Exposición a muérdago hemiparásito de mayor tamaño (Psittacanthus sp.) que causa estrés fisiológico significativo en su hospedero e induce crecimiento desordenado en ramas. • Exposición a hongo patógeno (Biscogniauxia atropunctata) que puede provocar la "pudrición del corazón" del arbolado, destruyendo la madera interna sin mostrar síntomas externos tempranos. • La presencia simultánea de estas plagas, pueden causar los siguientes efectos es los ecosistemas forestales: • Pérdida acumulativa de nutrientes, agua y capacidad fotosintética. Vigor reducido de forma progresiva. • Daños externos (muérdagos, epífitas) + debilitamiento interno (hongo). Alta probabilidad de quiebre o caída. • Acumulación de biomasa seca (Tillandsia + Psittacanthus seco + ramas muertas). Incremento en la posibilidad de incendios forestales. • Cambios en la composición y estructura del bosque, pérdida de especies sensibles y posible entrada de especies invasoras.
Matorral xerófilo	0.38	Bajo	*Tillandsia recurvata*, *Phoradendron* sp.,	• Exposición a epífita oportunista (Tillandsia recurvata) que cubre ramas y copas, reduciendo la fotosíntesis del árbol hospedero, que puede colonizar árboles en desarrollo y limitar su crecimiento.
Vegetación riparia	0.38	Bajo		

Ecosistema	NEC	Nivel de exposición	Plagas principales	Descripción
Selva baja caducifolia perturbada	0.27	Bajo	*Psittacanthus* sp.	• Exposición a muérdago hemiparásito (Phoradendron sp.) que reduce vigor, interfiere con la absorción de nutrientes, provoca debilitamiento progresivo y caída de ramas. • Exposición a muérdago hemiparásito de mayor tamaño (Psittacanthus sp.) que causa estrés fisiológico significativo en su hospedero e induce crecimiento desordenado en ramas. • La presencia de estas tres plagas en un mismo ecosistema puede provocar los siguientes efectos: • Reducción progresiva del vigor, afectación del crecimiento y fotosíntesis, y estrés fisiológico acumulado. • Las tres especies compiten por luz, agua y espacio; agravan efectos del estrés hídrico o ambiental. • Obstaculizan el crecimiento de árboles jóvenes o regenerantes. • Alteración de la estructura del dosel, reduciendo la cobertura efectiva y cambiando la microestructura del bosque.
Bosque de encino	0.35	Bajo		
Selva baja caducifolia	0.23	Bajo		
Bosque de encino perturbado	0.12	Muy Bajo	*Phoradendron* sp., *Biscogniauxia atropunctata*	• Exposición a muérdago hemiparásito (Phoradendron sp.) que se adhieren a ramas de árboles hospedantes para extraer agua y nutrientes, donde sus efectos se pueden observar en árboles aislados o en zonas perturbadas donde el control natural es limitado. • Exposición a hongo patógeno (Biscogniauxia atropunctata) puede provocar la "pudrición del corazón" del arbolado, destruyendo la madera interna sin mostrar síntomas externos tempranos. • La combinación o la presencia de estas dos plagas pueden generar los siguientes efectos: • Se genera un efecto sinérgico: el muérdago debilita al árbol y el hongo aprovecha ese estrés para colonizarlo. • Esto acelera la degradación del bosque, reduce la resiliencia ecológica y puede fomentar la sustitución por especies oportunistas o invasoras.
Matorral crasicaule	0.10	Muy Bajo		

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de los resultados de exposición se resalta lo siguiente:

VII.2.8.1.1 Matorral xerófilo perturbado

- NEC: **Muy Alto**
- Superficie potencialmente expuesta: 185.16 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Tillandsia* sp.
- Descripción: Ecosistema con la mayor superficie que potencialmente puede ser afectada y exposición a epífitas no parasitarias. Las plantas del género *Tillandsia* colonizan agresivamente árboles en zonas abiertas y perturbadas, reduciendo fotosíntesis y añadiendo peso estructural a las ramas. Este estrés acumulado favorece la vulnerabilidad a otras plagas y acelera procesos de degradación. La alta biomasa seca acumulada también aumenta el riesgo de incendios forestales.

VII.2.8.1.2 Bosque mixto pino-encino perturbado

- NEC: **Alto**
- Superficie potencialmente expuesta: 138.74 ha
- Plagas principales: *Dendroctonus spp., Ips pini, Psittacanthus calyculatus, Phoradendron sp., Malacosoma* sp.
- Descripción: Ecosistema que, derivado al reporte de perturbación, se consideró como de exposición alta ante la posible presencia simultánea de escarabajos descortezadores, muérdagos y defoliadores. El daño combinado puede afectar la funcionalidad fisiológica del arbolado (agua, nutrientes, hojas); puede generar una alta mortalidad y debilita la regeneración natural del este ecosistema. La pérdida de cobertura y apertura del dosel puede favorecer aún más la fragmentación y el cambio en la composición del bosque.

VII.2.8.1.3 Matorral subtropical

- NEC: **Alto**
- Superficie potencialmente expuesta: 117.39 ha
- Plagas principales: *Dendroctonus spp., Ips pini, Psittacanthus calyculatus, Phoradendron sp., Malacosoma* sp.
- Descripción: Se considera como un ecosistema que puede ser impactado por plagas combinadas que atacan tanto árboles maduros como juveniles. La exposición sugiere que en caso de presentar plagas habría debilitamiento fisiológico generalizado, fragmentación estructural y alteración de la dinámica de regeneración. Los brotes de *Malacosoma* y muérdagos afectan el reclutamiento de nuevos individuos, alterando ciclos ecológicos clave.

VII.2.8.1.4 Matorral crasicaule perturbado

- NEC: **Medio**
- Superficie potencialmente expuesta: 77.87 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus calyculatus, Biscogniauxia atropunctata.*
- Descripción: Ecosistema con exposición intermedia a plagas estructurales y fisiológicas. La acción combinada de epífitas, muérdagos y hongos pueden causar pérdida acumulativa de vigor, debilitamiento estructural (externo e interno) y riesgo de colapso físico del arbolado. La acumulación de biomasa seca incrementa el peligro de incendios, y los árboles afectados sirven como puntos de dispersión para más infestaciones.

VII.2.8.1.5 Matorral xerófilo

- NEC: **Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 65.4 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus* sp.
- Descripción: Ecosistema que no reporta perturbación, por lo que se considera con potencial bajo ante la presencia de plagas oportunistas. En caso de presencia se estima que los efectos no son críticos, sin embargo, es necesario el monitoreo, observando si presenta cambios en la reducción del vigor del arbolado y/o afectación de árboles en desarrollo. El estrés ambiental puede amplificar los efectos y favorecer la propagación si no se controla.

VII.2.8.1.6 Vegetación riparia

- NEC: **Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 28.08 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus* sp.
- Descripción: Ecosistema en galería con exposición moderada a plagas epifitas y hemiparásitas. En caso de presencia de plagas, se considera que los impactos pueden son localizados, pero pueden alterar la estructura del dosel y limitar el desarrollo de especies nativas. El estrés hídrico y la fragmentación aumentan la sensibilidad del ecosistema a estos efectos.

VII.2.8.1.7 Selva baja caducifolia perturbada

- NEC: **Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 25.84 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus* sp.

- Descripción: Este se considera como un ecosistema en regeneración que puede estar potencialmente expuesto a plagas que afectarían el crecimiento, fotosíntesis y cobertura vegetal. Aunque el nivel de exposición es bajo, las plagas pueden obstaculizar la restauración natural si no se aplican medidas de manejo.

VII.2.8.1.8 Bosque de encino

- NEC: **Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 19.76 ha
- Plagas principales: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus* sp.
- Descripción: Bosque con menor superficie expuesta a plagas; sin embargo, aunque la superficie sea baja, esto no excluye que el impacto estructural sea reducido, pueden observarse en un escenario más realista una disminución gradual de vigor y una posible pérdida de cobertura si las condiciones ambientales como la sequía empeoran o no se implementan acciones preventivas.

VII.2.8.1.9 Selva baja caducifolia

- NEC: **Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 9.24 ha
- Plagas: *Tillandsia recurvata, Phoradendron sp., Psittacanthus* sp.
- Descripción: Ecosistema con una baja superficie expuesta. En caso se presentar plagas estas pudieran afectar principalmente árboles aislados o en zonas degradadas. Si bien los efectos son limitados, el sistema debe monitorearse ante los efectos del cambio climático como la sequía o a otras perturbaciones como las urbanas y/o rurales.

VII.2.8.1.10 Bosque de encino perturbado

- NEC: **Muy Bajo**
- Superficie potencialmente expuesta: 7.3 ha
- Plagas principales: *Phoradendron sp., Biscogniauxia atropunctata*
- Descripción: Ecosistema reportado como fragmentado, en caso de presencia de plagas pueden generar efectos localizados con impactos generalizados. Sin embargo, es necesario poner atención a la sinergia entre el muérdago y el hongo patógeno en caso de presentarse dado que pueden debilitar árboles marginales y acelerar la sustitución por especies menos deseables si no se interviene

VII.2.8.1.11 Matorral crasicaule

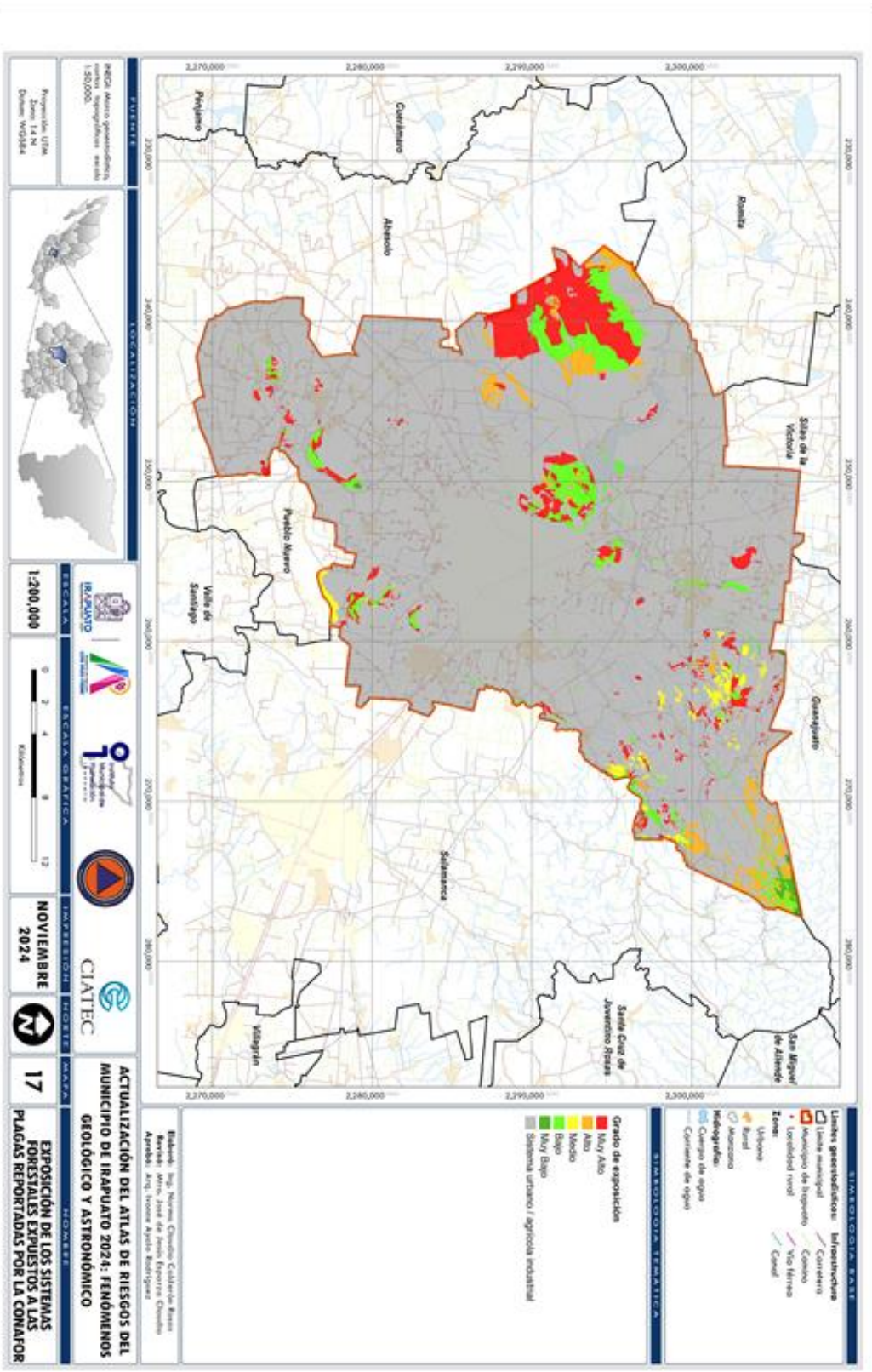
- NEC: **Muy Bajo**

- Superficie potencialmente expuesta: 0.31 ha
- Plagas principales: *Phoradendron sp., Biscogniauxia atropunctata*
- Descripción: Ecosistema marginal con exposición muy limitada a plagas. El efecto potencial sería muy puntual, en árboles aislados o muy vulnerables. Riesgo bajo a nivel de paisaje, que puede ser un indicador de procesos incipientes de deterioro de otros ecosistemas que estén a su alrededor.

En términos generales el nivel de exposición compuesto (NEC) para los ecosistemas forestales de municipio de Irapuato que integra las principales plagas detectadas en el Estado de Guanajuato, muestra un panorama complejo de afectación ecológica diferenciada, determinada tanto por el tipo de vegetación como por el grado de perturbación y extensión territorial. La exposición a organismos fitófagos, hemiparásitas, epífitas y hongos patógenos no se distribuye de forma homogénea, sino que responde a factores estructurales, funcionales y micro climáticos específicos de cada ecosistema.

Los ecosistemas con mayores niveles de exposición, como el matorral xerófilo perturbado y el bosque mixto pino-encino perturbado, muestran una sinergia entre factores de vulnerabilidad estructural y el potencial existente ante la presencia de plagas con mecanismos de afectación complementarios. La combinación de escarabajos descortezadores (*Dendroctonus spp., Ips pini*), muérdagos hemiparásitos (*Phoradendron* y *Psittacanthus* spp.), orugas defoliadoras (*Malacosoma* sp.) y epífitas como *Tillandsia recurvata* genera un escenario de presión multifactorial que pudiera comprometer la funcionalidad fisiológica del arbolado como el debilitamiento de las estructuras de soporte y posible reducción de la capacidad fotosintética de los ecosistemas expuestos, (Mapa 17).

En conclusión, los resultados muestran que la exposición a plagas no solo refleja la presión biótica sobre un ecosistema, sino que también funciona como un indicador del estado de conservación y la resiliencia ecológica. La interacción entre las especies de plagas y las condiciones estructurales de los ecosistemas puede amplificar los efectos negativos a niveles paisajísticos, afectando no solo la biodiversidad vegetal, sino también la fauna asociada, los servicios ecosistémicos (como la captación de agua, retención de suelo y captura de CO_2) y el equilibrio funcional del sistema forestal.



Mapa 17. Grado de exposición de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR.

VII.2.9 Vulnerabilidad del sector forestal

A continuación, se describen las variables para cada ecosistema del municipio.

VII.2.9.1 Capacidad adaptativa (CA) de los ecosistemas

Con base en lo explicado en la sección de vulnerabilidad forestal, se generó la Tabla 79.

Tabla 79. Capacidad adaptativa de los ecosistemas del municipio a las plagas y sequía.

Ecosistema	Resistencia a plagas (1–5)	Resistencia a sequía (0.7–0.8)	CA	Nivel CA	Justificación general (CA)	Referencia
Matorral xerófilo perturbado	2	0.8	2	Baja	Adaptado a clima árido, pero la perturbación y presión biótica limitan la recuperación.	(Muñoz- Robles & Bonilla Moheno, 2021
Matorral xerófilo	3	0.8	3	Media	Alta adaptación morfofisiológica, cobertura estable.	(Muñoz- Robles & Bonilla Moheno, 2021
Matorral subtropical	3	0.7	3	Media	Vegetación más sensible a estrés hídrico, especialmente en años secos.	(Canales, 2023)
Bosque mixto pino-encino perturbado	2	0.7	2	Baja	Fragmentado, vulnerabilidad ante estrés hídrico y plagas.	(Conservacion de Bosques, 2022)
Matorral crasicaule perturbado	2	0.7	2	Baja	Moderada adaptación a sequía, pero perturbado y vulnerable estructuralmente.	(Canales, 2023)
Selva baja caducifolia perturbado	2	0.7	2	Baja	La caducidad ofrece cierta ventaja, pero el ecosistema está degradado.	(Gómez-Guerrero, Correa-Díaz, & Castruita-Esparza, 2023)
Bosque de encino	4	0.7	4	Alta	Buen estado estructural, resiliencia frente a estrés moderado.	(Muñoz- Robles & Bonilla Moheno, 2021)
Bosque de encino perturbado	3	0.7	3	Media	Capacidad de recuperación limitada por fragmentación.	(Gómez-Guerrero, Correa-Díaz, & Castruita-Esparza, 2023)
Selva baja caducifolia	3	0.7	3	Media	Menor afectación que en áreas perturbadas, pero sensible a sequía prolongada.	(Canales, 2023)
Matorral crasicaule	5	0.8	5	Muy alta	Alta tolerancia hídrica y resistencia biótica; ecosistema bien adaptado.	(Muñoz- Robles & Bonilla Moheno, 2021
Vegetación riparia	3	0.7	3	Media	Alta dependencia hídrica, vulnerable en sequías severas.	(Conservacion de Bosques, 2022)

Fuente: Elaboración propia con datos de la columna "Referencia"

VII.2.9.2 Estimación de la sensibilidad del ecosistema a la sequía (w)

Este indicador se generó ponderando la resistencia ecológica de cada uno de los ecosistemas forestales en el municipio que se multiplica por la intensidad promedio de sequía en el estado de Guanajuato (Q=0.75 fijado por sequía de intensidad moderada-severa según el IMTA, 2024), (Tabla 28).

Tabla 80. Sensibilidad de los ecosistemas presentes en Irapuato a la sequía.

Ecosistema	w	Justificación w	Q	w * Q
Matorral xerófilo perturbado	0.8	Adaptado a sequía, pero degradado.	0.75	0.60
Matorral xerófilo	0.9	Alta tolerancia hídrica, estructura conservada.	0.75	0.68
Matorral subtropical	0.7	Sensible a estrés hídrico prolongado.	0.75	0.53
Bosque mixto pino-encino perturbado	0.6	Vulnerable a sequía por perturbación y densidad.	0.75	0.45
Matorral crasicaule perturbado	0.7	Adaptado parcialmente, pero estructura degradada.	0.75	0.53
Selva baja caducifolia perturbado	0.6	Estructura joven y fragmentada, débil ante estrés.	0.75	0.45
Bosque de encino	0.8	Resiliencia funcional y fisiológica buena.	0.75	0.60
Bosque de encino perturbado	0.7	Estructura alterada, menor eficiencia hídrica.	0.75	0.53
Selva baja caducifolia	0.7	Conservada, pero sensible a estrés prolongado.	0.75	0.53
Matorral crasicaule	1.0	Máxima resiliencia por fisiología xerofítica.	0.75	0.75
Vegetación riparia	0.5	Alta dependencia hídrica, muy sensible a sequía.	0.75	0.38

Fuente: Elaboracion propia.

VII.2.9.3 Sensibilidad (S) de los ecosistemas

El valor de sensibilidad asignado para cada uno de los ecosistemas presentes o reportados en el municipio de Irapuato se encuentra en la Tabla 81.

Tabla 81. Sensibilidad (S) por ecosistema forestal en el municipio de Irapuato.

Ecosistema	(S)	Nivel (S)	Justificación
Matorral xerófilo perturbado	0.60	Alto	Ecosistema alterado, con retroceso ecológico moderado; pérdida de especies estructurales.
Matorral xerófilo	0.40	Medio	Conservado y adaptado; baja estructura, sensible sólo ante cambios extremos.
Matorral subtropical	0.50	Medio	Ecosistema intermedio en cobertura y estructura; con perturbaciones moderadas.

Ecosistema	(S)	Nivel (S)	Justificación
Bosque mixto pino-encino perturbado.	0.85	Muy Alto	Ecosistema primario, con alta densidad estructural y sensibilidad al disturbio.
Matorral crasicaule perturbado	0.50	Medio	Ecosistema de baja altura perturbado; moderada sensibilidad por fragilidad estructural.
Selva baja caducifolia perturbado.	0.65	Alto	Ecosistema secundario fragmentado, sensibilidad alta por estructura intermedia y perturbación.
Bosque de encino	0.70	Alto	Ecosistema primario bien estructurado, aunque más resistente que el pino-encino.
Bosque de encino perturbado	0.55	Medio	Perturbado, con menor densidad estructural y aumento en especies oportunistas.
Selva baja caducifolia	0.60	Alto	Ecosistema parcialmente conservado, sensible por densidad estructural y estacionalidad.
Matorral crasicaule	0.35	Bajo	Ecosistema xerófilo bien adaptado, estructura simple y resistente a estrés.
Vegetación riparia	0.90	Muy Alto	Alta sensibilidad por su dependencia directa de cuerpos de agua; gran impacto por sequías.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la vulnerabilidad por cada ecosistema forestal, los resultados se muestran la siguiente tabla.

Tabla 82. Estimación de la vulnerabilidad para ecosistema forestal de Irapuato

Ecosistema	E	S	W*Q	CA	Cálculo	V	Nivel V
Matorral xerófilo perturbado	0.70	0.60	0.60	0.5	0.70 + 0.60 + 0.60 − 0.50	1.4	Muy Alta
Matorral xerófilo	0.38	0.40	0.68	0.7	0.38 + 0.40 + 0.68 − 0.65	0.8	Alta
Matorral subtropical	0.63	0.50	0.53	0.6	0.63 + 0.50 + 0.53 − 0.55	1.1	Muy Alta
Bosque mixto pino-encino perturbado	0.67	0.85	0.45	0.4	0.67 + 0.85 + 0.45 − 0.40	1.6	Muy Alta
Matorral crasicaule perturbado	0.41	0.50	0.53	0.6	0.41 + 0.50 + 0.53 − 0.60	0.8	Alta
Selva baja caducifolia perturbado	0.27	0.65	0.45	0.5	0.27 + 0.65 + 0.45 − 0.45	0.9	Alta
Bosque de encino	0.35	0.70	0.60	0.6	0.35 + 0.70 + 0.60 − 0.55	1.1	Muy Alta
Bosque de encino perturbado	0.12	0.55	0.53	0.6	0.12 + 0.55 + 0.53 − 0.60	0.6	Media
Selva baja caducifolia	0.23	0.60	0.53	0.7	0.23 + 0.60 + 0.53 − 0.65	0.7	Alta
Matorral crasicaule	0.10	0.35	0.75	0.7	0.10 + 0.35 + 0.75 − 0.70	0.5	Media
Vegetación riparia	0.38	0.90	0.38	0.4	0.38 + 0.90 + 0.38 − 0.40	1.3	Muy Alta

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la vulnerabilidad normalizada se encuentran en la Tabla 83.

Tabla 83. Vulnerabilidad normalizada para los ecosistemas forestales de Irapuato

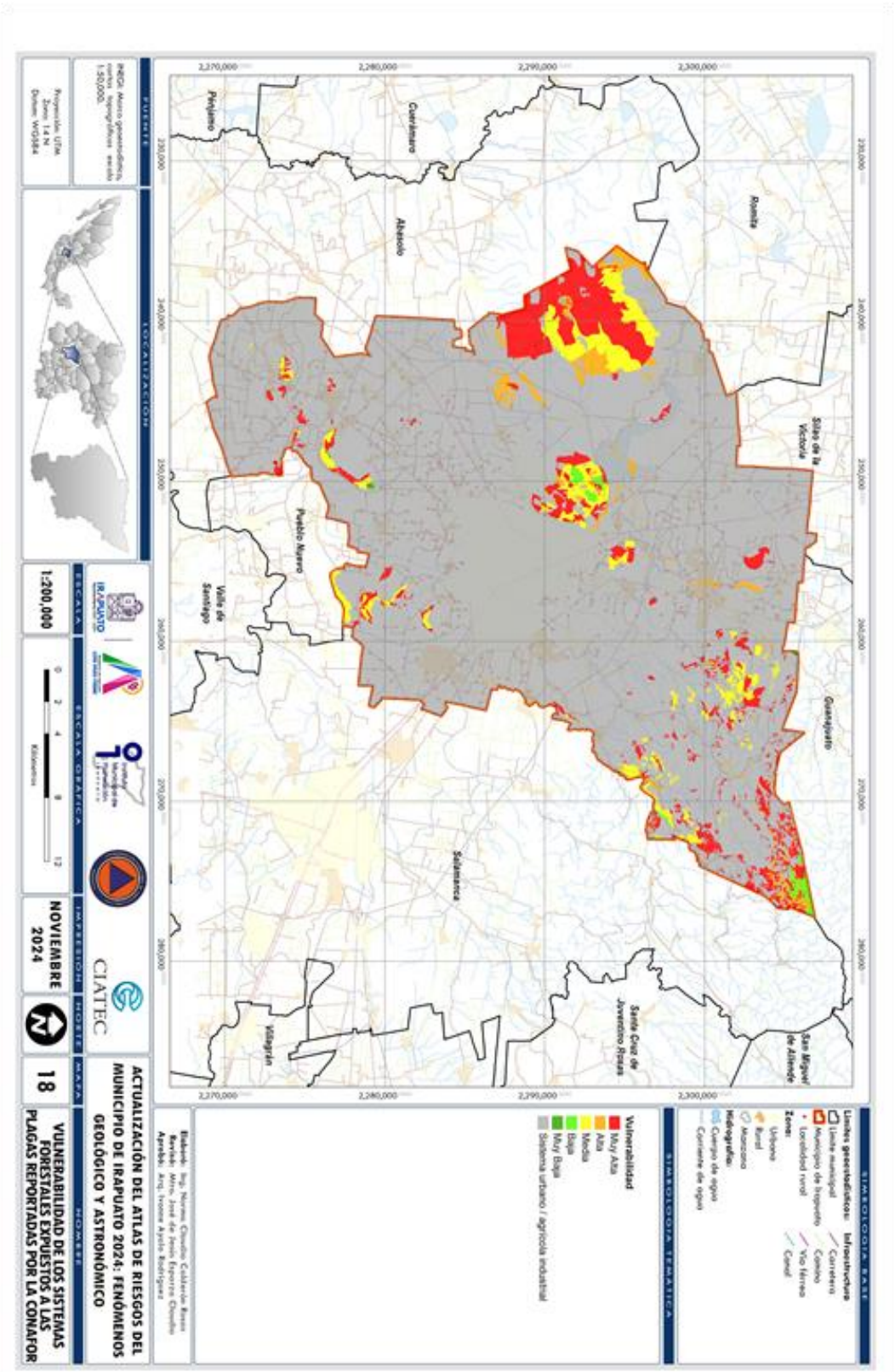
Ecosistema	V	V_{norm}	Vulnerabilidad
Bosque mixto pino-encino perturbado	1.57	1.00	Muy alta
Matorral xerófilo perturbado	1.40	0.86	Muy alta
Vegetación riparia	1.26	0.72	Alta
Matorral subtropical	1.11	0.58	Alta
Bosque de encino	1.10	0.56	Alta
Selva baja caducifolia perturbado.	0.92	0.40	Media
Matorral crasicaule perturbado	0.84	0.31	Media
Matorral xerófilo	0.81	0.29	Media
Selva baja caducifolia	0.71	0.20	Baja
Bosque de encino perturbado	0.60	0.10	Baja
Matorral crasicaule	0.50	0.00	Muy baja

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de vulnerabilidad de los ecosistemas presentes en el municipio de Irapuato permitió identificar con claridad el grado relativo de amenaza que enfrenta cada uno, al integrar componentes ecológicos (sensibilidad), presión biótica (exposición a plagas), condiciones climáticas (sequía), y resiliencia estructural (capacidad adaptativa), los cuales se describen a continuación. Los resultados se observan en el Mapa 18.

VII.2.10 Ecosistemas con vulnerabilidad Muy Alta

- Bosque mixto de pino-encino perturbado: Es el ecosistema más vulnerable; su estructura densa, composición arbórea compleja y alto nivel de perturbación lo hacen muy sensible a plagas como los descortezadores (*Dendroctonus* spp.), y a la sequía. Puede presentar una baja capacidad adaptativa y alta exposición que pueden afectar a este tipo de ecosistemas.
- Matorral xerófilo perturbado: A pesar de ser un ecosistema xerófilo, su estado de perturbación reduce su resistencia estructural. La alta superficie afectada y la presencia de plagas lo hacen particularmente expuesto, superando incluso a otros ecosistemas más complejos en vulnerabilidad relativa.



Mapa 18. Vulnerabilidad de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR.

VII.2.11 Ecosistemas con vulnerabilidad Alta

- Vegetación riparia: Ecosistema que requiere altas condiciones de humedad que es dependiente del régimen de agua superficial. Su alta sensibilidad y exposición a la sequía severa (IMTA, 2024) incrementan considerablemente su grado de vulnerabilidad, a pesar de tener cierta capacidad adaptativa.
- Matorral subtropical: Ecosistema de transición con sensibilidad intermedia; la combinación de fragmentación, exposición a plagas y menor resistencia a sequías lo ubica entre los más vulnerables.
- Bosque de encino: Aunque estructuralmente es más resistente que el pino-encino, su alta sensibilidad y exposición a condiciones de estrés ambiental y presión humana lo mantienen en una categoría elevada de vulnerabilidad.

VII.2.12 Ecosistemas con vulnerabilidad Media

- Selva baja caducifolia perturbada: Ecosistema fragmentado con sensibilidad alta y mediana capacidad adaptativa; aunque no alcanza los niveles críticos de otros ecosistemas presentes en el estado de Guanajuato, su situación es preocupante por el efecto acumulativo de sequías y plagas como el muérdago (*Phoradendron* sp.).
- Matorral crasicaule perturbado: ecosistema reportado como perturbado, pero estructuralmente más resistente que otros matorrales. Su nivel de vulnerabilidad es intermedio, influenciado por exposición moderada y cierta capacidad de adaptación al clima seco.
- Matorral xerófilo: Ecosistema en mejor estado de conservación; aunque enfrenta exposición a plagas, su baja sensibilidad y buena adaptación a la sequía lo protegen, reflejando un nivel medio-bajo de vulnerabilidad.

VII.2.13 Ecosistemas con vulnerabilidad Baja a Muy Baja

- Selva baja caducifolia: Ecosistema estacional, aun parcialmente conservado; la baja exposición y resistencia a plagas lo colocan en la frontera entre media y baja vulnerabilidad.
- Bosque de encino perturbado: Aunque presenta disturbio, mantiene rasgos de resiliencia estructural; su exposición y sensibilidad relativamente bajas lo mantienen en una categoría de baja vulnerabilidad.
- Matorral crasicaule: Ecosistema más resistente del conjunto; alta capacidad adaptativa, baja exposición y sensibilidad lo hacen ecológicamente robusto frente a amenazas actuales.

En conclusión, la vulnerabilidad de los ecosistemas forestales de Irapuato revela un panorama complejo en el que confluyen factores ecológicos, climáticos y antrópicos. Los

resultados muestran que los ecosistemas con mayor grado de perturbación, como el bosque mixto de pino-encino perturbado y el matorral xerófilo perturbado, presentan los niveles más altos de vulnerabilidad. Estos sistemas enfrentan una combinación crítica de alta exposición a plagas, sensibilidad estructural y una capacidad adaptativa limitada frente a condiciones climáticas adversas, como la sequía severa registrada en 2024.

Por lo anterior, será necesario que en su momento se realice trabajo de campo de monitoreo de forma más precisa los ecosistemas para identificar los ecosistemas que requieren intervención urgente en términos de manejo forestal, restauración ecológica y adaptación al cambio climático. Los resultados destacan la necesidad de estrategias diferenciadas, que reconozcan la diversidad estructural y funcional de los ecosistemas de Irapuato, así como sus respectivas capacidades de respuesta frente a amenazas ambientales crecientes.

VII.2.14 Riesgo del sector forestal

A continuación, se presentan los resultados de riesgo de los 11 ecosistemas forestales reportados para el municipio de Irapuato, (Tabla 34).

Tabla 84. Estimación del riesgo para los ecosistemas considerados como forestales en el municipio de Irapuato.

Ecosistema	Peligro (P)	Exposición (E)	Vulnerabilidad (V)	Riesgo R=(P*E*V)	Nivel de Riesgo
Bosque mixto pino-encino perturbado	0.15	0.67	1.00	0.101	Muy Alto
Matorral subtropical	0.15	0.63	0.58	0.055	Alto
Vegetación riparia	0.10	0.43	0.72	0.031	Medio
Matorral xerófilo perturbado	0.05	0.70	0.86	0.030	Medio
Bosque de encino	0.10	0.35	0.56	0.020	Medio
Matorral crasicaule perturbado	0.15	0.41	0.31	0.019	Bajo
Selva baja caducifolia perturbada	0.10	0.27	0.40	0.011	Bajo
Matorral xerófilo	0.05	0.38	0.29	0.006	Bajo
Selva baja caducifolia	0.07	0.23	0.20	0.003	Muy Bajo
Bosque de encino perturbado	0.05	0.12	0.10	0.001	Muy Bajo
Matorral crasicaule	0.05	0.10	0.01	0.000	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de los resultados se puede interpretar los siguiente:

VII.2.14.1 Bosque mixto de pino-encino perturbado (Riesgo Muy Alto)

- Área total: 924.95 ha
- Impacto esperado: Riesgo extremadamente alto por presencia de plagas descortezadoras (*Dendroctonus* spp.) en un ecosistema con alta vulnerabilidad y exposición.
- Servicios comprometidos: Captura de carbono, hábitat para fauna, infiltración hídrica, biodiversidad.
- Implicación: Alta prioridad para manejo como área natural protegida, que requiere control biológico y restauración.

VII.2.14.2 Matorral subtropical (Riesgo Alto)

- Área total: 978.21 ha
- Impacto esperado: Ecosistema denso y posiblemente afectado con defoliadoras y parásitos. Riesgo significativo por exposición continua y posible retroceso estructural.
- Servicios comprometidos: Regulación térmica, estabilización del suelo, conectividad biológica.
- Implicación: Requiere monitoreo activo y estrategias de conservación pasiva.

VII.2.14.3 Vegetación riparia (Riesgo Medio)

- Área total: 330.39 ha
- Impacto esperado: Riesgo medio por exposición a parásitas y epífitas en corredores biológicos cercanos a zonas urbanizadas.
- Servicios comprometidos: Control de erosión, calidad de agua, zonas de retención de humedad.
- Implicación: Alta sensibilidad hidrológica, importante para protección de cuencas y restauración ribereña.

VII.2.14.4 Matorral xerófilo perturbado (Riesgo Medio)

- Área total: 4,629.07 ha
- Impacto esperado: Aunque con plagas menos agresivas, su gran extensión y vulnerabilidad lo colocan en riesgo significativo.
- Servicios comprometidos: Protección de suelos, barrera contra desertificación, microclima.
- Implicación: Prioridad media con enfoque en monitoreo y control comunitario de plagas.

VII.2.14.5 Bosque de encino (Riesgo Medio)

- Área total: 232.48 ha
- Impacto esperado: Plagas estructurales afectan la salud del arbolado; vulnerabilidad moderada.
- Servicios comprometidos: Provisión de leña, conservación de suelos, paisaje.
- Implicación: Requiere intervención moderada y conservación del bosque remanente.

VII.2.14.6 Matorral crasicaule perturbado (Riesgo Bajo)

- Área total: 707.89 ha
- Impacto esperado: Efectos moderados por parásitas oportunistas y defoliadoras.
- Servicios comprometidos: Conservación del microhábitat[3], fauna menor, retención de humedad.
- Implicación: Riesgo bajo, pero monitoreo continuo necesario en zonas perturbadas.

VII.2.14.7 Selva baja caducifolia perturbada (Riesgo Bajo)

- Área total: 258.37 ha
- Impacto esperado: Ecosistema secundario con alta carga parasitaria, pero superficie limitada.
- Servicios comprometidos: Vigor vegetal, regeneración natural, microhábitat.
- Implicación: Restauración asistida y prevención de expansión de plagas.

VII.2.14.8 Matorral xerófilo (Riego Bajo)

- Área total: 2,180.16 ha
- Impacto esperado: Baja densidad vegetal y menor susceptibilidad; riesgo localizado.
- Servicios comprometidos: Erosión eólica, microfauna[4] especializada.
- Implicación: No se requiere intervención inmediata, pero se recomienda monitoreo.

VII.2.14.9 Selva baja caducifolia (Riesgo Muy Bajo)

- Área total: 154.38 ha

[3] Los microhábitats se definen como áreas específicas que rodean las raíces de las plantas y que crean condiciones favorables para el crecimiento de microorganismos beneficiosos para las plantas.
[4] La microfauna se refiere a la fauna edáfica unicelular con un ancho corporal inferior a 100 µm, que incluye taxones importantes como nematodos y protozoos, que habitan principalmente en poros llenos de agua y se alimentan de otros microbios del suelo. Son predominantemente heterótrofos y se encuentran principalmente en la capa superficial del suelo.

- Impacto esperado: Afectación mínima por plagas generalistas; ecosistema relativamente estable.
- Servicios comprometidos: Productividad primaria, conectividad biológica.
- Implicación: Vigilancia fitosanitaria básica.

VII.2.14.10 Bosque de encino perturbado (Riesgo Muy Bajo)

- Área total: 162.22 ha
- Impacto esperado: Perturbación avanzada reduce relevancia ecológica; plagas de bajo impacto.
- Servicios comprometidos: Reciclaje de nutrientes, refugio de especies arbustivas.
- Implicación: Sin urgencia, pero debe evitarse su conversión total a usos secundarios.

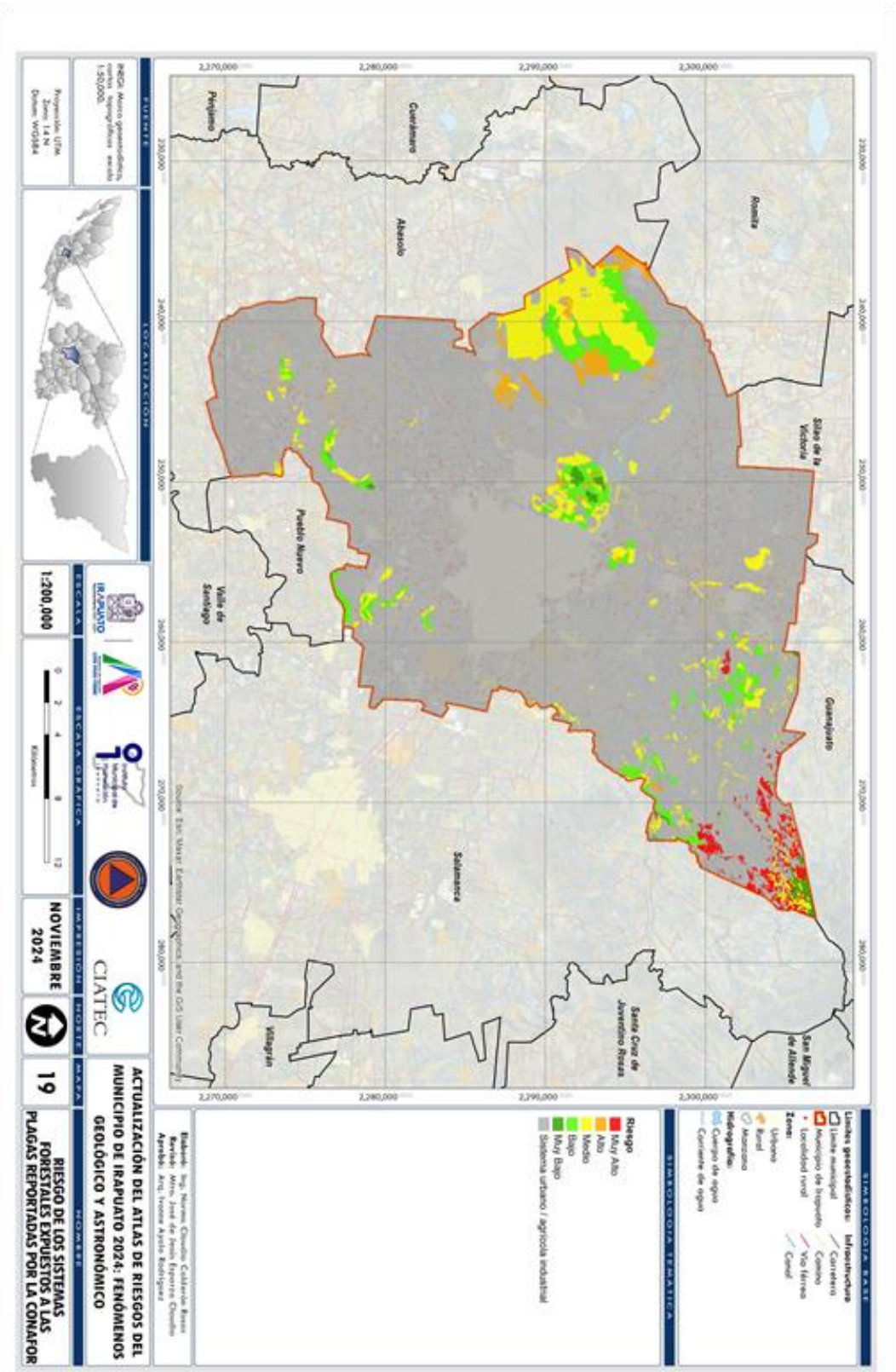
VII.2.14.11 Matorral crasicaule (Riesgo Muy Bajo)

- Área total: 31.18 ha
- Impacto esperado: Ecosistema pequeño, resistente y con plagas oportunistas de bajo impacto.
- Servicios comprometidos: Pocos; reservas genéticas locales.
- Implicación: Conservación pasiva suficiente.

En conclusión, el análisis de riesgo realizado para los ecosistemas forestales del municipio de Irapuato revela una situación diferenciada y compleja, donde la interacción entre el peligro biológico (principalmente plagas), la exposición y la vulnerabilidad estructural y funcional de cada ecosistema determina la prioridad de intervención.

En general, este primer estudio dentro de la actualización del Atlas de Riesgos de Irapuato, evidencia la necesidad de establecer estrategias de gestión diferenciadas, priorizando los ecosistemas con mayor riesgo ecológico, pero sin descuidar los que, aunque presenten bajo riesgo, cumplen funciones ecológicas críticas a escala local. La integración de variables como el peligro fitosanitario, la exposición espacial y la capacidad adaptativa permite construir una visión más realista y útil para la planificación ambiental y la toma de decisiones.

Lo anterior, resalta la importancia de fortalecer los mecanismos de restauración ecológica, manejo forestal sostenible, control de plagas y vigilancia ambiental en un contexto donde los efectos del cambio climático, como la sequía, podrían intensificar las amenazas actuales. Así, se propone utilizar este diagnóstico como base técnica para definir áreas prioritarias de intervención y orientar políticas públicas de conservación ambiental en el municipio (ver siguiente mapa).



Mapa 19. Riesgo de los sistemas forestales expuestos a las plagas reportadas por CONAFOR.

VII.2.15 Identificación de plagas urbanas relacionadas con el arbolado urbano

Las plantas parásitas son aquéllas que obtienen parcial o totalmente sus nutrientes de otras plantas o árboles, a los cuales invaden mediante estructuras especializadas llamadas haustorios (López-García *et al*, 2024). Dichas plantas se adhieren a sus hospederos para extraer agua, minerales y, en algunos casos, productos fotosintéticos, lo que puede debilitarlas e incluso matarlas en casos muy extremos.

Existen dos tipos principales de plantas parásitas: a) las hemiparásitas, que aún realizan fotosíntesis, pero dependen del huésped para agua y minerales, ejemplos de ellas son los muérdagos *Psittacanthus calyculatus* y *Struthanthus interruptus*, y b) las holoparásitas, que carecen de clorofila y dependen completamente del hospedero, como *Cuscuta sp*., la cual es similar a un fideo amarillo, por su forma y color característicos (Aguilar-Venegas *et al*, 2023). Son sorprendentes para sobrevivir y prosperar en distintos ecosistemas, convirtiéndose en problemas municipales por las infecciones a diferentes árboles urbanos.

Adicionalmente, las plantas invasoras urbanas son especies que se establecen y proliferan agresivamente en nuevos ecosistemas, como ciertas hierbas y pastos, desplazando a la vegetación nativa y alterando el equilibrio ecológico (Hitchmough, 2004). Suelen tener un crecimiento rápido, alta capacidad reproductiva y resistencia a condiciones adversas, lo que les permite dominar grandes áreas en poco tiempo (Hitchmough, 2004). Ejemplos de pastos invasores incluyen al *Frijolillo (Polygonum convolvulus)* y *Fingergrass (Digitaria velutina)*, que afectan la biodiversidad al competir por nutrientes, agua y luz tanto en plantas agrícolas como ornamentales y arbolados urbanos (Williams, 2005). Otra planta invasora es el heno o paxtle (*Tillandsia recurvata*), una epifita que vive sobre las ramas de otras sin ser parásita (Flores-Palacios, 2016). En las últimas décadas se ha convertido en un problema ya que provoca la muerte de las yemas imposibilitando el crecimiento de las ramas, segrega compuestos químicos que inhiben el crecimiento del follaje y provoca la mortandad de árboles de mezquite principalmente, (Pérez-Noyola *et al*, 2021).

El control de las plantas invasoras es un desafío, ya que pueden propagarse mediante semillas, rizomas o fragmentos vegetativos, requiriendo estrategias integradas de manejo para prevenir su expansión y proteger los ecosistemas nativos (Scordia & Cosentino, 2019).

El municipio de Irapuato no está exento de plantas parásitas o invasoras que atacan a diferentes plantas urbanas y cultivos agrícolas, (Tabla 85). Por ejemplo, el muérdago (*Psttacanthus calyculatus*) es una planta parásita multi hospedera, que puede infectar diferentes tipos de árboles de interés ecológico y agronómico como son mezquites, árboles

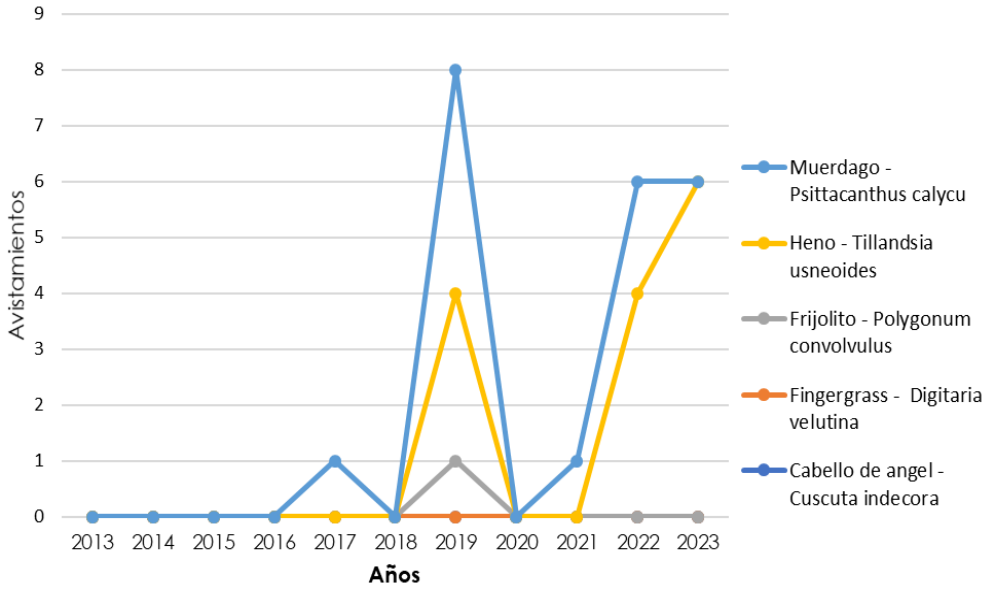
madereros, guayabas, cítricos entre otros. La planta parásita *Cuscuta* sp. tiene capacidad de infectar desde árboles urbanos de todo tipo, así como cultivos muy importantes como el jitomate, chiles, maíz, hortalizas, principalmente. El heno (*Tilandsia usneoides*), puede hospedarse sobre mezquites, y árboles frutales, afectando su crecimiento, por lo que su atención es prioritaria. Por otro lado, malezas como el pasto (*Digitaria velutina*) y frijolillo (*Polygonum convolvulus*) tienen efectos negativos en cultivos como maíz, hortalizas, gramíneas como trigo, sorgo, papas entre otros.

Tabla 85. Plantas parásitas y malezas de Irapuato.

Género	Nombre común	Zona de daños	Rango de hospederos
Psittacanthus calyculatus	Muérdago, injerto	Agrícola forestal y urbana	Rango amplio de árboles leñosos y frutales, multi hospedera
Tillandsia usneoides	Heno, barba de niño, musgo	Agrícola forestal y urbana	Rango amplio de árboles leñosos y frutales
Polygonum convolvulus	Frijolillo, enredadera, maleza	Agrícola y urbana	Hortalizas, papa, trigo, cebada, avena y alpiste
Digitaria velutina	Pasto terciopelo	Agrícola y urbana	Trigo, maíz, cacahuate, soya, ajonjolí, bosques, áreas urbanas.
Cuscuta indecora	Fideo, cabello de ángel	Agrícola y urbana	Maíz, frijol, jitomate, hortalizas, arboles urbanos, multi hospedera

Fuente: CONABIO

En la Gráfica 20, se muestran los cambios temporales de apariciones de las plantas parásitas, malezas y pastos entre los años 2013 y 2023 en la ciudad de Irapuato. Como puede observarse en la gráfica, las cuantificaciones de infecciones del muérdago *P. calyculatus* y *Cuscuta sp.* incrementan ligeramente en el año 2017, alcanzando su punto máximo en el año 2019. Posteriormente, las infecciones disminuyen a un punto muy bajo en 2020, volviendo a incrementar en ligeramente en 2021, y aumentando significativamente en el año 2022.



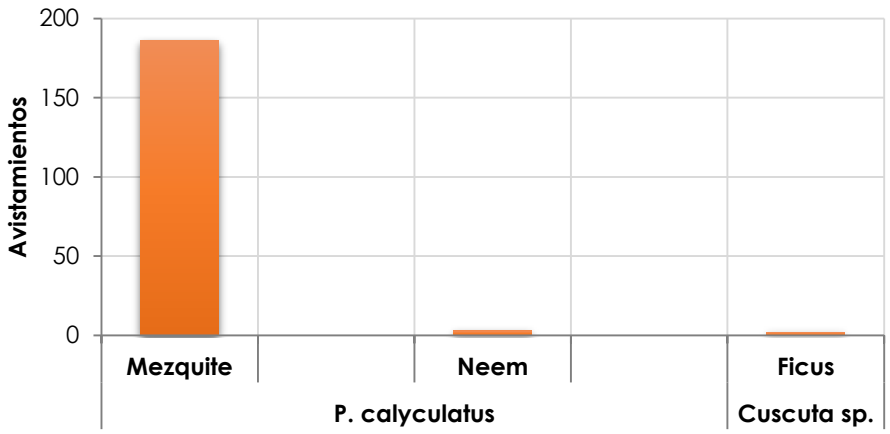
Gráfica 20. Cuantificación de plantas parasitas y malezas en diferentes zonas urbanas y agrícolas.
Fuente: Elaboración propia a partir de bases de datos de la CONABIO. 2013-2023.

Para el caso de la planta epifita denominada Heno (*Tilandsia usneoides*), los caos de infección se mantienen relativamente bajos para los primeros años, incrementando en el año 2019, disminuyendo en el año 2020 y con una máxima de infecciones en el año 2022 y 2023.

La línea temporal detectada para malezas y hierbas, muestra líneas de aparición bajas ente los años 2013 y 2019 para el *fingergrass*; en cambio para las hierbas como el frijolito, este aumentó en el año 2019 y disminuyó drásticamente en los años subsecuentes.

Se realizaron varios levantamientos de las diferentes infecciones en el arbolado urbano de camellones y calles de la ciudad de Irapuato. Con base en los datos del muestreo realizados en distintas zonas urbanas del municipio de Irapuato, se observó una alta incidencia de infección por muérdago del género *Psittacanthus calyculatus* sobre árboles de *Prosopis laevigata* y *Azadirachta*, así como por *Cuscuta sp.* en *Ficus benjamina*.

Como puede observarse en la Gráfica 21, los árboles de mezquite (*Prosopis laevigata*) muestran una mayor proporción de infecciones, seguido por árboles de neem (*Azadarichta indica*) y de ficus (*Ficus* spp.). Los mezquites y neems fueron infectados por la especie de muérdago *Psittacanthus calyculatus* y los árboles de ficus por la planta parásita *Cuscuta* spp. No se encontró otro tipo de planta parasita en géneros o especies arbóreas diferentes a los reportados aquí.



Gráfica 21. Avistamientos de plantas parasitas en el arbolado de Irapuato en los meses de febrero de 2025.
Fuente: Elaboración propia a partir de conteos de campo.

VII.2.16 Peligro del sector urbano relacionado con plagas relacionadas con el arbolado urbano

El análisis de peligro se enfocó en las especies del muérdago *Psittacanthus calyculatus* y plantas parásitas como *Cuscuta sp*. que representan un peligro para el arbolado urbano de Irapuato debido a su capacidad de parasitar y debilitar árboles, especialmente hospederos como neem, ficus y mezquite.

En general, los resultados de los avistamientos en campo reflejan una gran diferencia en la susceptibilidad de los árboles al muérdago, siendo el mezquite el más afectado, seguido por el árbol de ficus y finalmente por el árbol del neem los menos comprometidos para la zona de Irapuato.

El árbol de Mezquite (*Prosopis laevigata*) presentó una tasa de infección extremadamente alta (97%), indicando que casi la totalidad de los individuos de esta especie están afectados por el muérdago *Psittacanthus calyculatus*. Esto sugiere que el mezquite es altamente susceptible a la infestación, probablemente debido a su ecología, estructura de copa o interacción con aves dispersoras de semillas del muérdago, así como a la composición de su corteza y a las condiciones ambientales del entorno.

El árbol Ficus (*Ficus* spp.), resultó en una baja tasa de infección (1.0%), lo que sugiere que esta especie tiene una resistencia natural al muérdago o que las condiciones ambientales

en las que crece no favorecen la propagación del parásito en esta especie en particular. No obstante, fue altamente susceptible a la planta parásita *Cuscusta*.

El árbol del Neem (*Azadirachta indica*), registró una leve infección del 1.5%, lo que indica una susceptibilidad mínima. Dado que el neem es conocido por sus propiedades insecticidas y antifúngicas[5], es posible que posea también mecanismos de defensa que limiten la infestación de muérdago.

VII.2.16.1 Identificación de zonas afectadas

Basado en los recorridos de campo que se realizaron en las 18 zonas del municipio de Irapuato, se muestrearon 191 árboles infestados por muérdagos. El análisis de nivel de daño se basó en la Tabla 5. Este levantamiento y el análisis se resumen en la Tabla 86.

Tabla 86. Promedio de infecciones y nivel de daño del arbolado en el municipio de Irapuato.

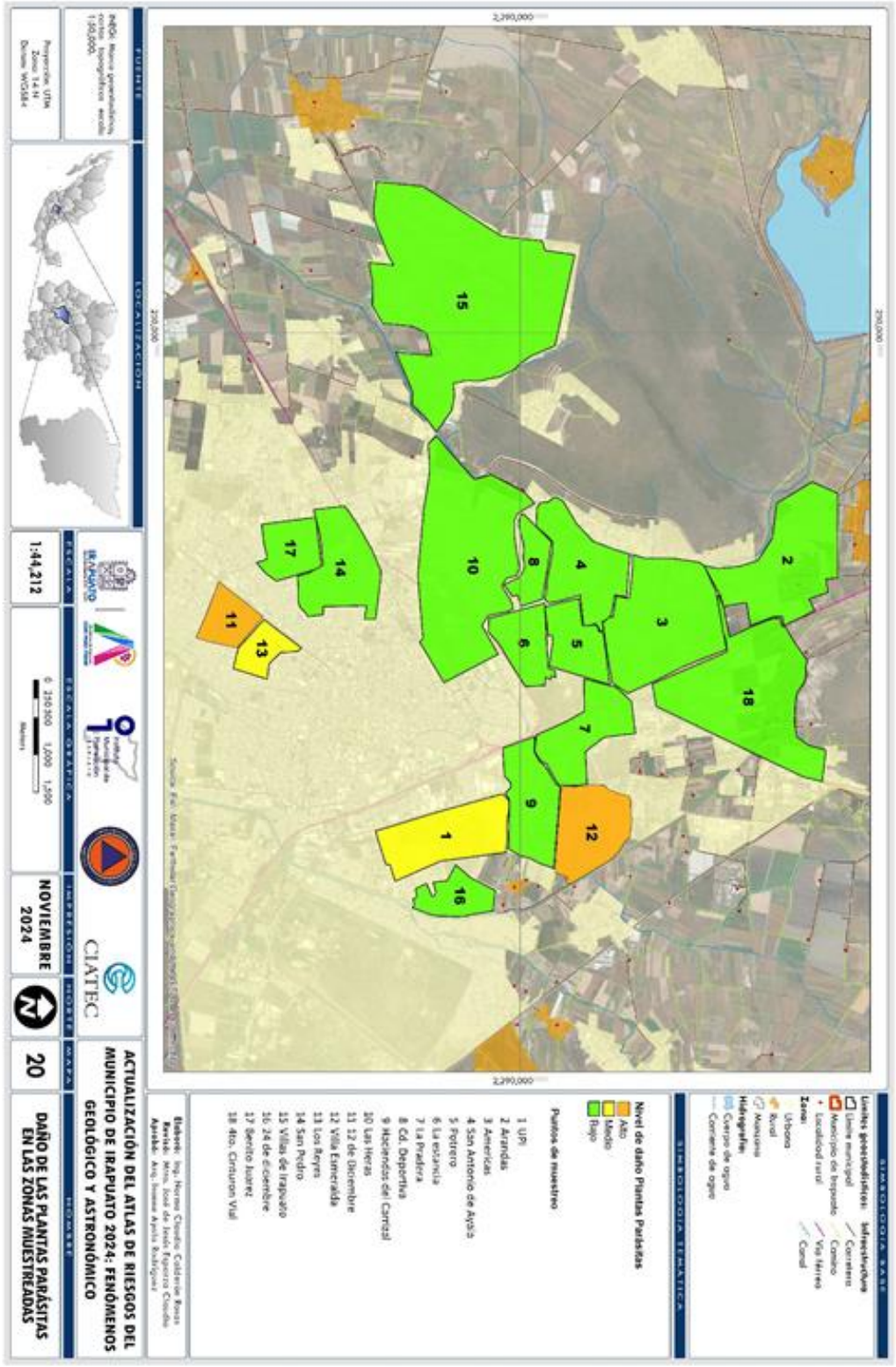
No	Zona de muestreo	Número de árboles muestreados	Promedio parásitas por árbol	Promedio de infecciones por hospedero			Nivel de daño del árbol
				Neem (*Azadirachta indica*)	Ficus (*Ficus benjamina*)	Mezquite (*Prosopis laevigata*)	
1	12 de diciembre	3	44			44	Medio
2	24 de diciembre	5	12			12	Bajo
3	4to Cinturón	9	14			14	Bajo
4	Américas	37	6			6	Bajo
5	Arandas	23	9	15		8	Bajo
6	Benito Juárez	1	10			10	Bajo
7	Cd. Deportiva	2	8			8	Bajo
8	Haciendas del Carrizal	8	10			10	Bajo
9	La Estancia	11	6			6	Bajo
10	La Pradera	4	12	1		16	Bajo
11	Las Heras	17	8			8	Bajo
12	Los Reyes	17	23			23	Bajo
13	Potrero	17	11			11	Bajo
14	San Antonio de Ayala	20	6			6	Bajo

[5] Antifúngico es el término que designa a cualquier sustancia, natural o sintética, con capacidad para inhibir el crecimiento de hongos o destruirlos.

No	Zona de muestreo	Número de árboles muestreados	Promedio parásitas por árbol	Promedio de infecciones por hospedero			Nivel de daño del árbol
				Neem (*Azadirachta indica*)	Ficus (*Ficus benjamina*)	Mezquite (*Prosopis laevigata*)	
15	San Pedro	1	20			20	Bajo
16	UPI	8	34			34	Medio
17	Villa Esmeralda	2	76		76		Alto
18	Villas de Irapuato	6	7			7	Bajo
	Total general	**191**	**18**	**10**	**38**	**14**	

Fuente: Elaboración propia.

El promedio general de infecciones varía significativamente entre zonas. En la zona de Villa Esmeralda, y 44 en la colonia 12 de diciembre, clasificándose como zonas de daño alto y medio, respectivamente. Las demás zonas muestran niveles de infección entre 6 y 23 muérdagos por árbol, lo cual representa una afectación baja pero generalizada (Mapa 20).



Mapa 20. Daño de las plantas parásitas en las zonas muestreadas.

La especie hospedera más afectada es *Prosopis laevigata*, lo que sugiere una susceptibilidad particular a la infestación por *Psittacanthus calyculatus*. En contraste, aunque el *Ficus benjamina* aparece menos frecuentemente, presenta altos niveles de infección cuando se asocia con *Cuscuta sp*., superando las 60 infecciones por árbol. Esta diferencia puede indicar patrones ecológicos diferenciados en la interacción parásito-hospedero.

Además, las cargas parasíticas elevadas pueden afectar la estructura y función fisiológica de los árboles, reduciendo la provisión de servicios ecosistémicos, incrementando la posibilidad de caídas de ramas y generando riesgos para la población. Por lo tanto, el fenómeno representa un peligro biológico significativo, que requiere atención en términos de monitoreo, control fitosanitario y planificación de manejo del arbolado urbano.

Los resultados del muestreo muestran que, por cada mil metros cuadrados de área verde que contenga alguno de los tres hospederos, al menos habrá 1 árbol infestado con muérdago, (Tabla 87).

Tabla 87. Indicador de número de hospederos por cada 1,000 m² de área verde en el municipio.

Parque o área verde	Sup. (m²)	Árboles infectados			Total de árboles infestados	Árboles infectados c/1,000 m²
		Azadarichta indica	*Ficus benjamina*	*P. laevigata*		
Parque Irekua 1	45,000	0	2	4	6	0.13
Parque Irekua 2	7,455	1	1	2	4	0.54
Parque de las Fresas	1,580	0	0	3	3	1.90
Parque de las Rosas	2,856	1	1	4	6	2.10
Parque de las Misiones	2,546	0	1	3	4	1.57
Parque Familiar	3,530	0	1	0	1	0.28
Área recreativa Valle del Sol	6,511	0	1	0	1	0.15
					Promedio	0.954

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos del cálculo de la vaiable PRE (ver Tabla 90) derivaron del trabajo de campo realizado en el municipio. Los casos encontrados fueron mayores en *Ficus benjamina (6 casos)* seguido de *Prosopis laevigata* (5), y finalmente *Azadirachta indica* (2). A partir de éstos, es claro que existe la probabilidad de que algún parque o área verde, contenga dentro de su inventario alguna de las especies.

Tabla 88. Resultados de variable PRE para el muérdago en áreas verdes del municipio.

Especie hospedera	Probabilidad relativa (%)
Ficus benjamina	46%
Prosopis laevigata	39%
Azadirachta indica	15%
Total	100%

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, esta información fue cruzada con los resultados del muestreo de campo donde de observó el nivel e incidencia del muérdago o planta parasita para cada tipo de hospedero. Se destacaron los siguientes hallazgos del nivel de daño:

- El 97% de los árboles de *Prosopis laevigata* presentaron un nivel Muy Alto de infección por muérdago.
- El 1.5% de los árboles del *Azadirachta indica*, con un nivel bajo de infección por muérdagos y,
- El 1.0% de los árboles de *Ficus benjamina* presentaron nivel Bajo de infección por *Cuscuta*.

Posteriormente, con los datos previamente obtenidos, se calculó el nivel de peligro considerando la probabilidad de presencia del hospedero en función del daño observado en campo, ver Tabla 89:

Tabla 89. Peligro por especie hospedera de muérdago en parques urbanos de Irapuato.

Especie hospedera	Probabilidad ajustada (%)	Nivel de daño (% de árboles infestados)	Peligro (PRE × Daño)	Peligro compuesto (%)
Prosopis laevigata	39%	97.0%	0.385 × 0.97 = 0.373	37.30%
Azadirachta indica	15%	1.5%	0.154 × 0.015 = 0.0023	0.23%
Ficus benjamina	46%	1.0%	0.461 × 0.01 = 0.0046	0.46%

Fuente: Elaboración propia.

Al calcular el peligro compuesto, se concluye que el 38.0% de los árboles de estas tres especies en parques urbanos están en peligro por infestación de muérdago. La contribución específica por especie al peligro total es:

- *Prosopis laevigata*: 37.30% del peligro total.
- *Ficus benjamina*: 0.46%.
- *Azadarichta indica*: 0.23%.

En conclusión, la determinación del peligro por la presencia de muérdagos en el arbolado urbano del municipio de Irapuato, representa un riesgo fitosanitario importante en las áreas verdes de la zona urbana y periurbana. Basados en el trabajo de campo se puede decir que existe una alta posibilidad de que exista al menos un árbol infestado por cada 1,000 metros cuadrados de área verde, lo que indica una distribución generalizada del problema en la infraestructura verde del municipio.

Para trasladar este indicador a las áreas consideras como verdes dentro de la zona urbana y periurbana del municipio, se tomó la información de la carta de zonificación del municipio proporcionada por el Instituto Municipal de Planeación (IMPLAN, 2020), la cual agrupa las 6 clases: área verde, equipamiento urbano, jardín público, parque urbano, turístico o recreativo y vialidad, la cuales conforman 298 polígonos que en suma cubren una superficie de 642.829 hectáreas de área verde, (Tabla 90).

Tabla 90. Parques y/o áreas verdes consideradas dentro de la zona urbana y periurbana del municipio.

Clasificación	Numero de áreas verdes	Superficie (Ha)
Área verde	29	35.41
Equipamiento urbano	117	356.72
Jardín publico	1	0.20
Parque urbano	1	0.81
Turístico o recreativo	4	7.60
Vialidad	146	242.10
Total	**298**	**642.83**

Fuente: (IMPLAN, 2020)

Con base a lo anterior, se calcularon los indicadores para cada tipo de área verde, los cuales se muestran en la Tabla 91, los cuales reflejan una distribución significativa del muérdago en áreas verdes urbanas de Irapuato, con un total estimado de 6,428 árboles con potencial de ser infestados en una superficie aproximada de 642.83 hectáreas.

Tabla 91. Estimación de árboles infestados por muérdago por tipo de área verde en el municipio.

Tipo de Área	Número de áreas	Superficie (Ha)	Árboles infestados estimados	*Prosopis laevigata*	*Ficus benjamina*	*Azadirachta indica*
Área verde	29	35.41	354	345	2	1
Equipamiento urbano	117	356.72	3,567	3,472	16	8
Jardín público	1	0.2	2	2	0	0
Parque urbano	1	0.81	8	8	0	0
Turístico o recreativo	4	7.6	76	74	0	0
Vialidad	146	242.1	2,421	2,358	11	6
Total general	**298**	**642.83**	**6,428**	**6,251**	**30**	**15**

Fuente: Elaboración propia con datos de campo y del (IMPLAN, 2020)

Con la clasificación de peligro por árboles infestados, ésta se asignó de acuerdo con el número potencial de árboles infectado por tipo de área verde, como se observa en la Tabla 92.

Tabla 92. Clasificación del peligro

Tipo de área	Árboles infestados estimados	Clase	Nivel de peligro
Equipamiento urbano	3,567	1	Muy Alto
Vialidad	2,421	2	Alto
Área verde	354	3	Medio
Turístico o recreativo	76	4	Bajo
Parque urbano	8	5	Muy Bajo
Jardín público	2	5	Muy Bajo

Fuente: Elaboración propia.

El análisis sobre la presencia de muérdago en el arbolado urbano del municipio de Irapuato muestra que, en general, los niveles de infestación se encuentran en un rango de **Muy Bajo** a **Medio**, lo que sugiere una situación controlable en términos de sanidad vegetal, sin embargo, hay que poner atención a ciertas áreas que han sido reportadas como críticas.

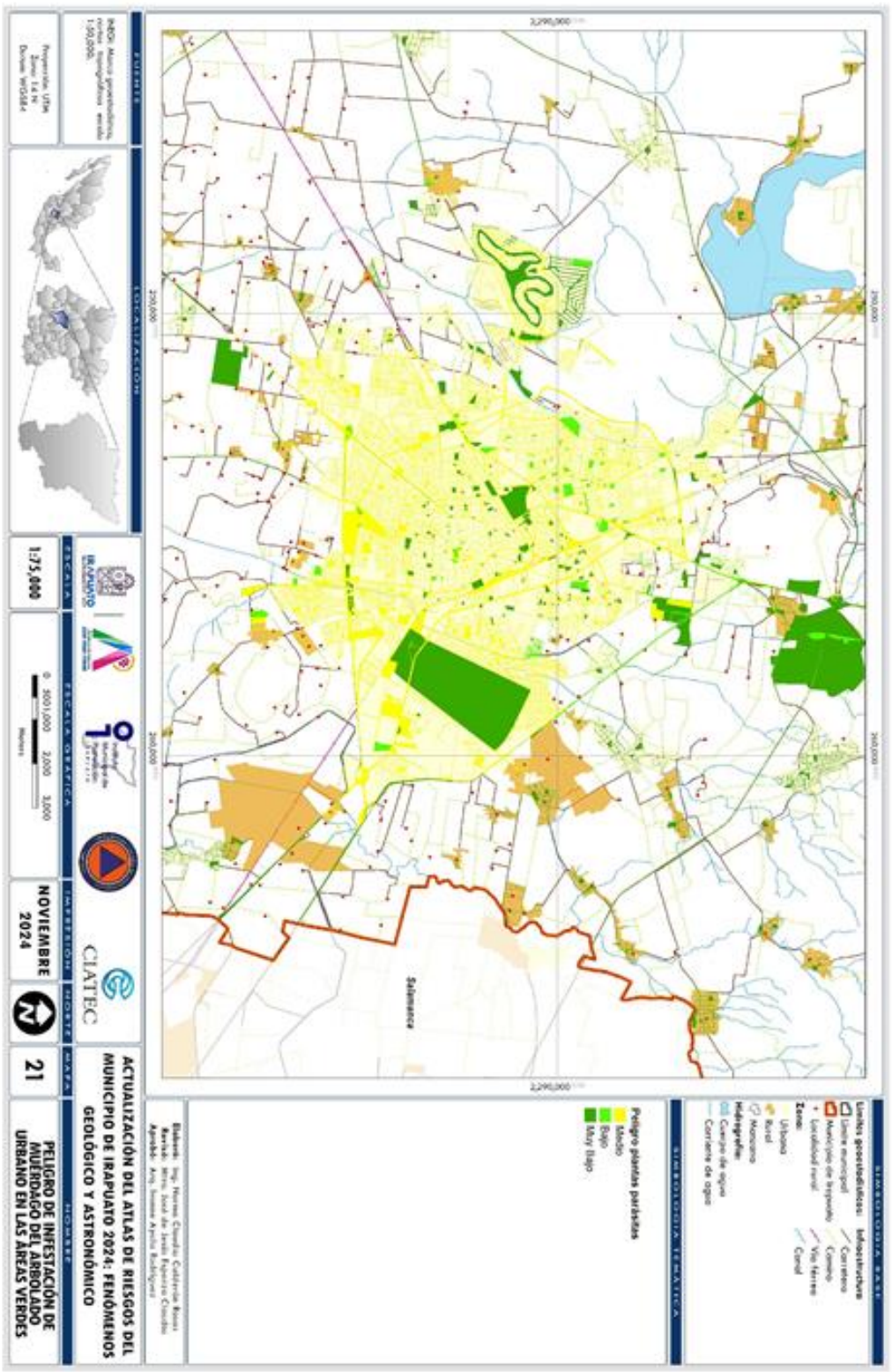
La categoría con el mayor número de árboles estimados como infestados corresponde al equipamiento urbano, con 3,567 ejemplares afectados y un índice normalizado de 0.555. Este resultado se traduce en un nivel de peligro **Medio**, el cual indica que, si bien se debe

prestar atención a esta zona, no representa una amenaza grave. Espacios como centros escolares, deportivos o administrativos, que pueden entrar dentro de esta categoría, podrían beneficiarse de actividades de monitoreo y mantenimiento periódico, sin que sea necesaria una intervención urgente o masiva.

Por su parte, las vialidades, presentan un índice de 0.377 y han sido clasificadas con un nivel de peligro **Bajo**. Esto señala que, aunque existe presencia de muérdago, la situación no compromete gravemente el estado general del arbolado en estas zonas, y puede ser manejada mediante programas regulares de poda y seguimiento.

Las demás categorías (como áreas verdes, zonas turísticas o recreativas, parques urbanos y jardines públicos) muestran niveles de infestación menores. En todos estos casos, el nivel de peligro ha sido clasificado como **Muy Bajo**, lo cual indica una presencia limitada del muérdago.

En conjunto, el análisis revela que el índice de peligro del muérdago en general es de **Medio** a **Bajo**, concentrado en determinadas especies y áreas con grandes superficies. Esto permite proponer una estrategia de control focalizada, priorizando zonas de vialidad y equipamiento urbano, y enfocando esfuerzos en la remoción, tratamiento o sustitución de *Prosopis laevigata* cuando sea necesario. Además, la información proporciona una base para programas de monitoreo continuo y restauración ecológica urbana en el municipio, (ver siguiente mapa).



Mapa 21. Peligro de infestación de muérdago del arbolado urbano en las áreas verdes.

VII.2.17 Vulnerabilidad de los sistemas urbanos relacionado al sistema arbolado urbano

VII.2.17.1 Sistemas expuestos a contaminación

De acuerdo con el Informe de Estado y Tendencia 2021 del Estado de Guanajuato, el dióxido de azufre (SO_2) forma parte de un grupo de gases reactivos conocidos como "óxidos de azufre" y su formación está asociada a la combustión de combustibles fósiles con alto contenido de azufre como refinerías, plantas termoeléctricas y vehículos pesados que usan diésel, entre otros. Con respecto al dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (NO_2), es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno, uno de los principales contaminantes entre varios tipos de óxidos de nitrógeno. Se forma como subproducto en los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas (SMAOT S. T., 2021).

Por otro lado, menciona que el ozono (O_3) es un contaminante secundario (no se emite directamente a la atmósfera) que se forma en la tropósfera a partir de reacciones entre óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COVs) en presencia de radiación solar. Su permanencia en el ambiente urbano está en función de sus precursores y las condiciones meteorológicas, presentando su concentración más elevada durante las horas y meses de mayor radiación solar. A continuación, se muestran las concentraciones que reporta el informe estatal para estos tres contaminantes en el municipio de Irapuato, (Tabla 93).

Tabla 93. Concentraciones de contaminantes criterio en el municipio de Irapuato.

Contaminante	Estación	Mínimo µg/m³	Máximo µg/m³	Promedio µg/m³
SO_2	Bomberos	1.50	82.44	3.00
	Teódula	1.10	138.54	3.93
	Secundaría	1.60	81.67	4.41
O_3	Bomberos	1.30	87.16	20.52
	Teódula	2.10	98.51	23.61
	Secundaría	1.20	103.22	23.79
NO_2	Bomberos	0.30	89.15	8.78
	Teódula	0.20	54.10	7.89
	Secundaría	0.10	66.39	8.12

Fuente: (SMAOT S. T., 2021).

Con base en los registros que fueron reportados por SAMA en su informe 2021 sobre la calidad del aire, se observa que las concentraciones promedio registradas de ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2) y dióxido de azufre (SO_2) revelan un entorno urbano con

presencia constante de contaminantes, destacando que el ozono es el contaminante más agresivo para la vegetación urbana, dado que las concentraciones promedio de ozono se encuentran por encima del umbral de seguridad de la OMS (22.6 µg/m³ en promedio frente a un límite recomendado de 100 µg/m³ en 8 h, lo cual representa una exposición crónica), por lo que se considera un factor ambiental crítico que acentúa el deterioro del arbolado urbano.

Respecto dióxido de nitrógeno (NO_2), aunque las concentraciones promedio de NO_2 (8.26 µg/m³) se consideran bajas o moderadas, no debe subestimarse, ya que es un precursor clave en la formación del ozono, por lo que su presencia contribuye indirectamente al estrés vegetal.

En referencia al dióxido de azufre (SO_2), se reportó en niveles bajos (promedio de 3.78 µg/m³); sin embargo, es un contaminante de origen principalmente industrial y está muy ligado la refinería de Salamanca, por lo existen las condiciones de presentarse picos que se puedan la calidad del aire del municipio de Irapuato. Este contaminante en contacto con la humedad, puede dar lugar a lluvia ácida, alterando el pH del suelo y debilitando las raíces de los árboles.

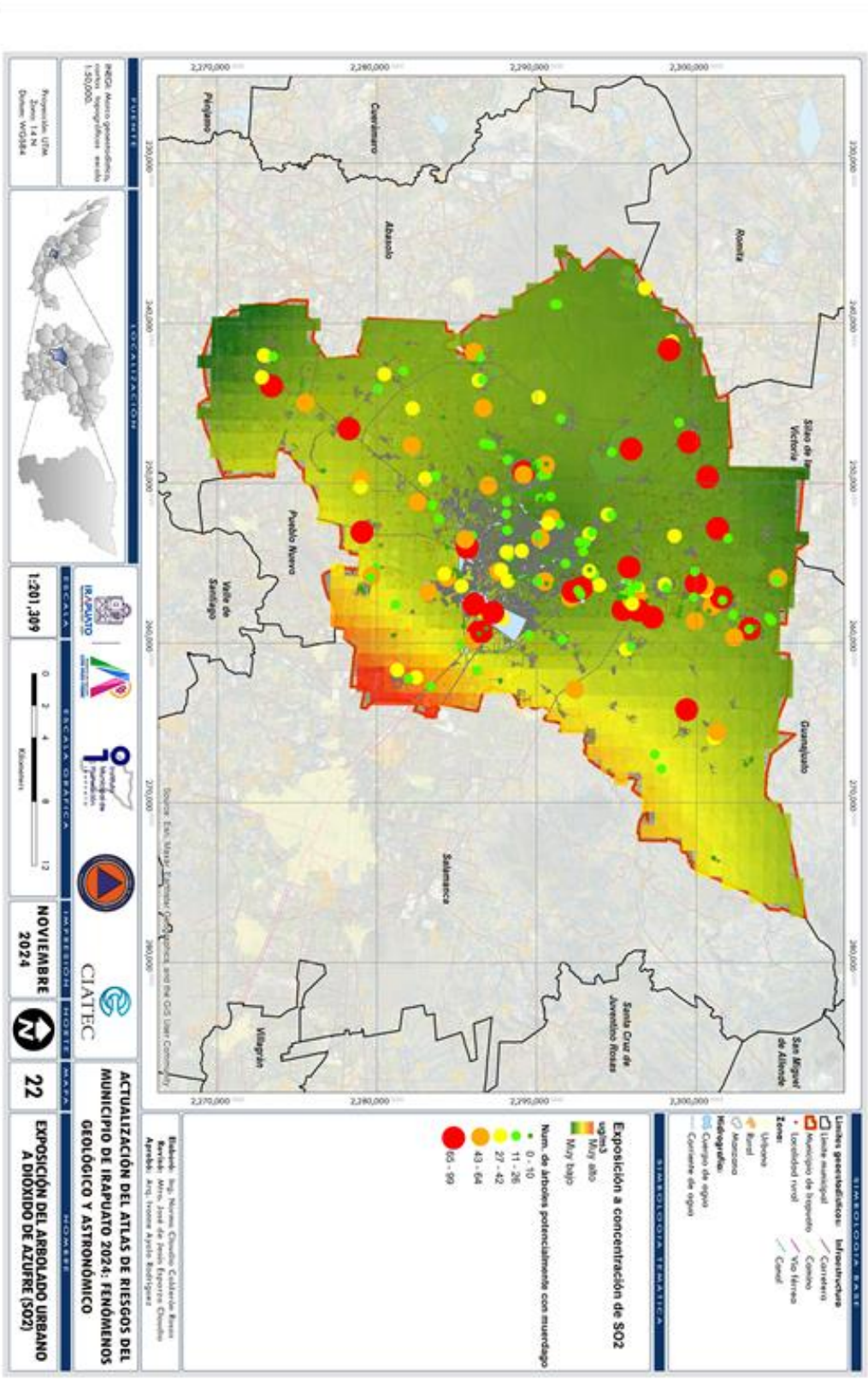
Es importante mencionar, que el muérdago es una planta hemiparásita que se adhiere a las ramas de los árboles para extraer agua y nutrientes. No suele infestar árboles sanos con alta vitalidad, por lo que el estrés ambiental juega un rol fundamental en su propagación.

El escenario actual en Irapuato combina:

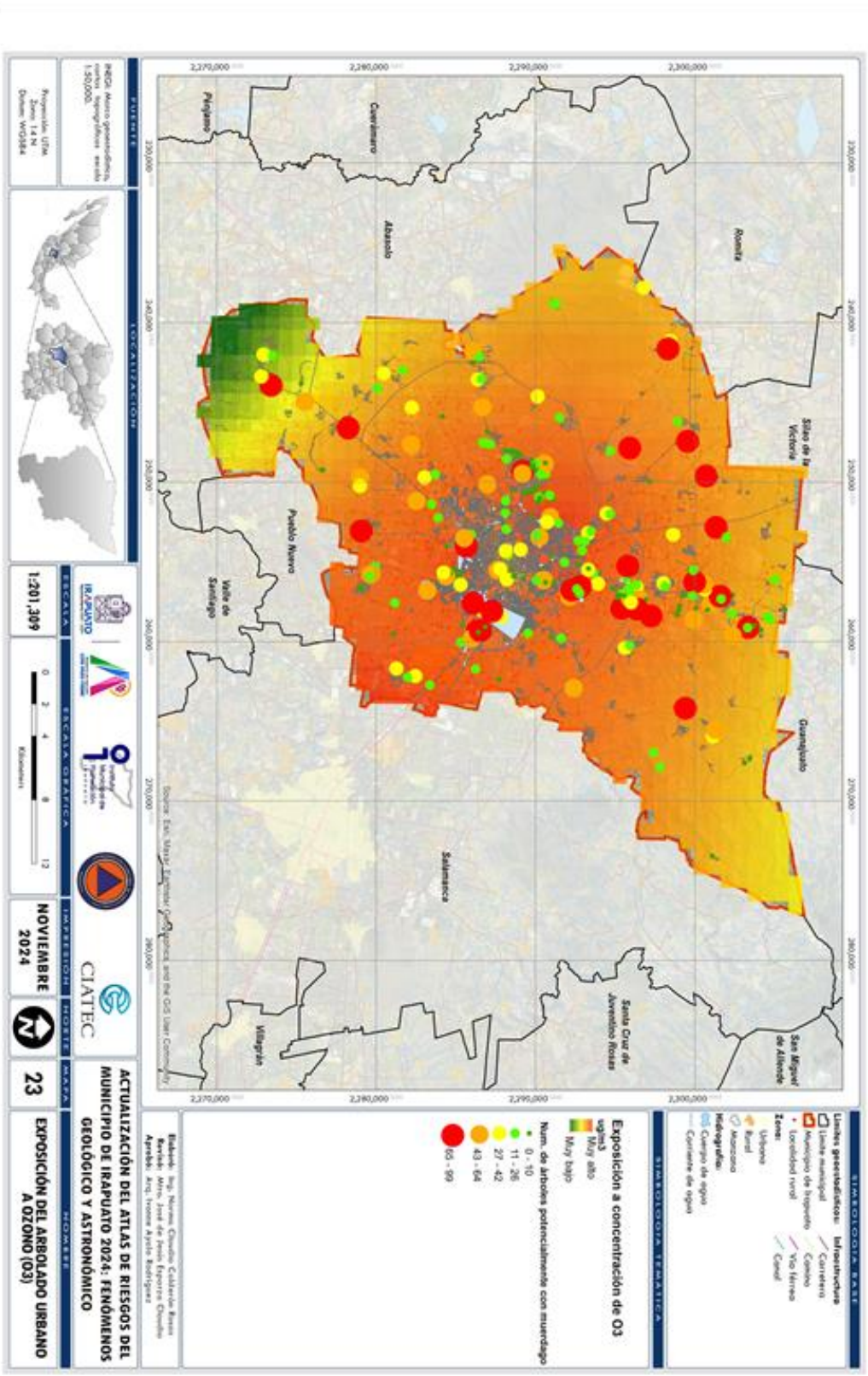
- Altos niveles de ozono (estrés oxidativo crónico),
- Presencia constante de NO_2 (formación secundaria de ozono),
- Infestaciones documentadas en zonas urbanizadas y con alta presión vehicular,
- Zonas verdes expuestas a condiciones calidad del aire mala a regular y con limitada renovación biológica del arbolado.

Este contexto permite observar que la calidad del aire está actuando como un facilitador ecológico de la expansión del muérdago, al reducir la capacidad de defensa del arbolado urbano.

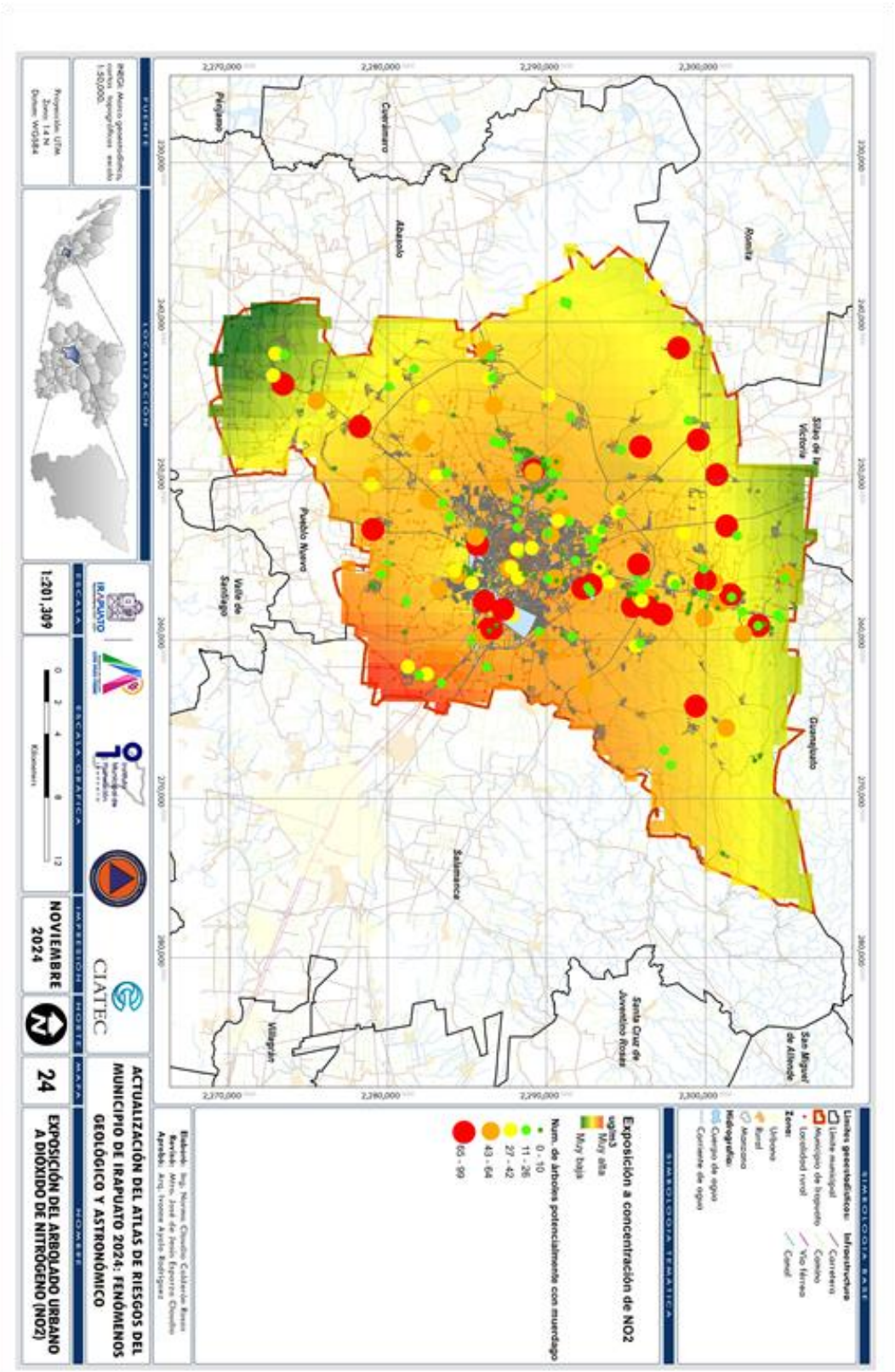
A continuación, se muestran los mapas de exposición generados en el Sistema de Información de Contaminantes y Gases de Efecto Invernadero (SICGEI) del estado de Guanajuato, referente a los contaminantes de interés que influyen en el debilitamiento del arbolado y que generan las condiciones de que el muérdago prospere.



Mapa 22. Exposición a dióxido de azufre (SO_2) del arbolado urbano.



Mapa 23. Exposición a ozono (O_3) del arbolado urbano.



Mapa 24. Exposición a dióxido de nitrógeno u óxido de nitrógeno (NO_2) del arbolado urbano.

Para generar el Índice de Exposición Ambiental a Contaminantes (IEAC), que integre los valores de SO_2, O_3 y NO_2 reportados por zona con base en los mapas de exposición y los datos presentados en la Tabla 94, y se propuso una metodología que combina la ponderación y normalización de dichos contaminantes.

Tabla 94. Valores en toneladas anuales por contaminante de interés agrupado por zonas.

Zona	SO_2 µg/m³ promedio al año	O_3 µg/m³ promedio al año	NO_2 µg/m³ promedio al año
1	249	102	86
2	208	95	72
3	158	75	57
4	108	55	42
5	58	35	27

El cálculo del IEAC se realizó con base en la siguiente formula:

$$IEAC = (w_1 * SO_{2_n}) + (w_2 * O3_n) + (w_3 * NO2_n)$$

Donde:

SO_{2_n}, $O3_n$ y $NO2_n$ = valores normalizados

w_1, w_2 y w_3 = pesos (proporciones asignadas a cada contaminante)

Criterios de peso

- SO_2 = 0.3 → impacto crónico (lluvia ácida, debilitamiento general)
- O_3 = 0.4 → mayor daño directo al follaje y tejidos vegetales
- NO_2 = 0.3 → precursor del ozono, afecta por acumulación

Posterior al cálculo de la ponderación de los contaminantes, se realizó la normalización del mediante la siguiente fórmula, para representar los datos en un rango de 0 a 1:

$$Valor\ Normalizado = \frac{Valor\ de\ la\ Zona}{Valor\ maximo\ del\ IEAC}$$

Donde:

Valores máximos del IEAC = 156.00 µg/m³

Los resultados que se muestran en la Tabla 95, permitieron cuantificar de manera integrada la presión ambiental ejercida por contaminantes atmosféricos clave sobre el arbolado urbano. Cabe señalar como se menciona en el párrafo anterior, los valores de cada IEAC de dividieron en función del valor máximo observado, y ponderados de acuerdo con su impacto conocido en la vegetación y observados en el trabajo de campo.

Tabla 95. Índice de Exposición Ambiental a Contaminantes (IEAC) para el municipio.

Zona	Valores ponderados			IEAC	
	SO_2	O_3	NO_2	µg/m³ promedio al año	Normalizado
1	99.6	30.6	25.8	156.00	1.00
2	83.2	28.5	21.6	133.30	0.85
3	63.2	22.5	17.1	102.80	0.66
4	43.2	16.5	12.6	72.30	0.46
5	23.2	10.5	8.1	41.80	0.27

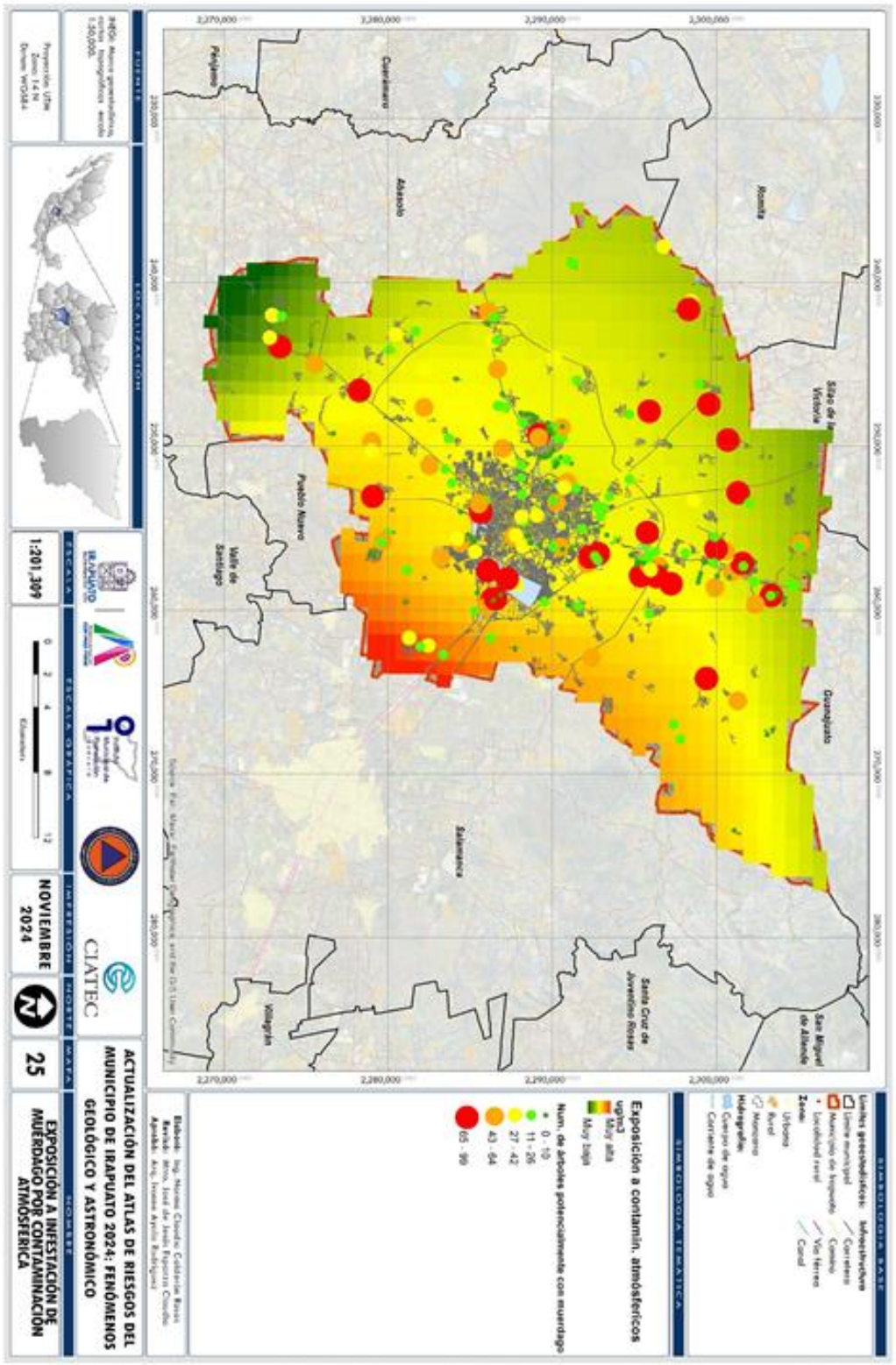
Con base a lo anterior, se generó la clasificación del grado de exposición para la elaboración del mapa de exposición general para el arbolado urbano del municipio, integrando las emisiones anuales de los tres contaminantes atmosféricos clave (SO_2, O_3 y NO_2), normalizados y ponderados según su impacto potencial en la salud del arbolado urbano. La Tabla 96 muestra la clasificación de las zonas con mayor presión ambiental que podrían favorecer la proliferación de agentes parasitarios como el muérdago.

Tabla 96. Grado de exposición del arbolado urbano a los contaminantes atmosféricos que afectan e influyen en la proliferación del muérdago.

Zona	IEAC	Clasificación	Comentarios
1	1.00	Muy Alto	Esta zona presenta el máximo nivel de exposición ambiental. Los tres contaminantes están en su punto más alto, lo que indica una presión combinada intensa sobre el arbolado, con un entorno altamente acidificante (SO_2), oxidante (O_3) y fotosintéticamente limitante (NO_2). La susceptibilidad del arbolado a infestaciones parasitarias, como el muérdago, es crítica.
2	0.85	Alto	Zona ligeramente menor que la zona 1, esta área mantiene una presión ambiental alta. La exposición acumulativa a oxidantes y precursores del ozono sugiere potencial de deterioro fisiológico en árboles, especialmente en corredores urbanos con alta movilidad vehicular e infraestructura.
3	0.66	Medio	Zonas con una disminución relativa de contaminantes, aunque la exposición sigue presente. En estas zonas es esperable encontrar síntomas moderados de estrés oxidativo en especies sensibles, con potencial debilitamiento en individuos maduros.
4	0.46	Bajo	Zonas donde la presión ambiental es intermedia. El nivel de SO_2 es bajo comparado con otras zonas, reduciendo la potencial

Zona	IEAC	Clasificación	Comentarios
			exposición de acidificación del entorno. El arbolado aquí podría aún sostener su funcionalidad ecológica, aunque especies sensibles podrían presentar manifestaciones leves de estrés.
5	0.27	Muy Bajo	Esta zona presenta la menor carga contaminante. La exposición combinada es baja, lo cual sugiere buenas condiciones para la salud del arbolado urbano. Sin embargo, será necesario observar o monitorear estas áreas ente una potencial acumulación de ozono, ya que incluso a concentraciones menores puede generar efectos crónicos a largo plazo en el arbolado.

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 25, Índice de exposición a infestación de muérdago por contaminación atmosférica.

VII.2.17.2 Vulnerabilidad del sector urbano (arbolado)

En el cálculo de la vulnerabilidad del arbolado urbano al muérdago, se observó una estrecha relación entre el número de árboles o del uso del suelo con la interacción entre exposición ambiental, sensibilidad de especies hospedadoras y capacidad institucional. Los resultados se muestran en la Tabla 97.

Tabla 97. Índice de vulnerabilidad de sistemas expuestos a la presencia de muérdago.

Índice de vulnerabilidad	Categoría
0.352	Muy Alta
0.254	Media
0.250	Media
0.209	Media
0.185	Baja
0.083	Muy baja

Fuente: Elaboración propia.

El análisis revela que la mayor vulnerabilidad se encuentra en las zonas de equipamiento urbano, que incluyen las áreas verdes con las que cuentan los hospitales, escuelas, entre otras. A pesar de contar con una capacidad institucional Media, pueden presentar un potencial importante de árboles infestados (3,567), con la presencia de especies altamente susceptibles como *Prosopis laevigata* (mezquite), junto con la exposición a condiciones ambientales adversas (contaminantes urbanos), elevan significativamente su vulnerabilidad.

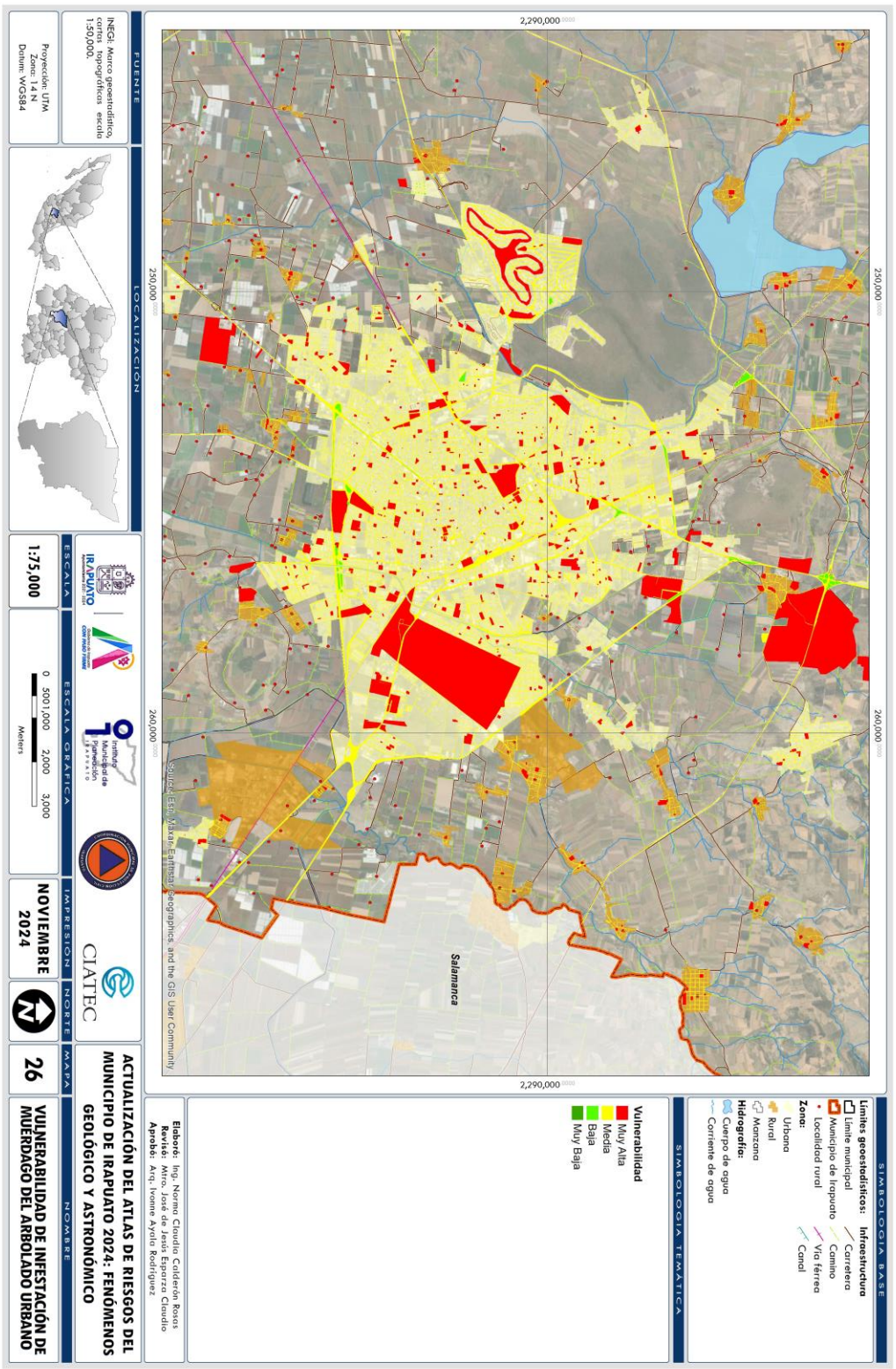
Las áreas turísticas o recreativas y los parques urbanos, presentan una vulnerabilidad Media. Aunque potencialmente pueden presentar pocos árboles infestados, su importancia social y ecológica, junto con la presencia de especies sensibles y la presión ambiental por el uso intensivo del espacio, justifica su inclusión en planes de manejo preventivo. La capacidad institucional alta en estas zonas es un factor positivo, pero no garantiza por sí sola el control del muérdago si no se mantiene una vigilancia activa.

Las vialidades muestran también una vulnerabilidad Media, pero con características preocupantes: a pesar de que tiene el potencial de presentar más de 2,400 árboles infestados, su capacidad institucional es Baja, dado que en el trabajo de campo se observó que son las áreas con más infestación por el muérdago. Esto, sumado a la Alta conectividad de estas áreas, puede facilitar la rápida dispersión del muérdago, actuando

como corredores biológicos no gestionados, por lo que requiere de acciones focalizadas, incluyendo podas estratégicas y monitoreo lineal.

Las áreas verdes generales presentan una vulnerabilidad Baja. Aunque cuentan con un potencial intermedio de árboles infestados, la presión ambiental es menor y la capacidad de respuesta institucional es aceptable. Sin embargo, estas zonas no deben ser ignoradas, ya que un manejo pasivo puede permitir la expansión del muérdago en el mediano plazo.

Por último, los jardines públicos son las zonas de menor vulnerabilidad. Con potencial mínimo de árboles infestados y una baja presión ambiental, actualmente no representan un riesgo significativo. Sin embargo, su limitada atención institucional puede representar un punto débil a largo plazo si no se integran en políticas de mantenimiento básico o vigilancia vecinal.



Mapa 26. Vulnerabilidad del arbolado urbano.

VII.2.18 Riesgo del sistema urbano relacionado con plagas del arbolado urbano

A continuación, se muestran los resultados de la evaluación de riesgo por tipo de área verde, donde se observa una distribución heterogénea entre los distintos tipos de áreas urbanas evaluadas, ver Tabla 98**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**.

Tabla 98. Grado de riesgo para las diferentes áreas verdes en el municipio.

Tipo de área	Riesgo total	Nivel de riesgo	Descripción
Equipamiento urbano	0.18530	Bajo	Requiere atención preventiva moderada; alto número de árboles infestados.
Vialidad	0.07340	Muy Bajo	Riesgo bajo, pero debe monitorearse por la alta exposición en vialidades.
Área verde	0.00830	Muy Bajo	Riesgo muy limitado; mantener vigilancia básica y control fitosanitario.
Turístico o recreativo	0.00240	Muy Bajo	Riesgo bajo pese a infestaciones; es importante dar seguimiento por ser zonas públicas.
Parque urbano	0.00028	Muy Bajo	Riesgo casi nulo; intervención mínima requerida.
Jardín público	0.00002	Muy Bajo	Sin riesgo relevante; revisión ocasional suficiente.

Fuente: Elaboración propia.

En el análisis del riesgo se describe los siguiente:

VII.2.18.1 Especie de muérdago y naturaleza del daño

Psittacanthus calyculatus es un muérdago hemiparásito, conocido por afectar severamente la fisiología del árbol hospedero. Este parásito se fija en ramas principales y secundarias mediante estructuras especializadas llamadas haustorios, que le permiten extraerles agua y nutrientes, provocando clorosis foliar, pérdida de follaje, disminución de crecimiento, reducción de floración y fructificación, y, en etapas avanzadas, la muerte de ramas y eventual colapso del árbol hospedero. Su propagación ocurre principalmente por aves, lo cual potencia su expansión en áreas urbanas y periurbanas con arbolado conectado.

VII.2.18.2 Especies hospederas afectadas

El análisis de composición florística y datos de infestación recaudados de campo indican que dos especies de árboles urbanos son las principales hospederas del muérdago, y que uno es hospedero de plantas parasitas como *Cuscusta sp.*:

- *Prosopis laevigata* (mezquite): 97% de los árboles infestados. Es el principal hospedero y altamente susceptible, debido a su arquitectura ramificada y corteza favorable a la penetración haustorial.
- *Azadirachta indica* (neem): 1.5% de los individuos infestados. Aunque es menos susceptible, en condiciones de estrés ambiental también puede ser colonizado.
- *Ficus benjamina* (laurel de la India): 1.0%. Generalmente resistente, pero puede verse afectado en zonas con alta carga de contaminantes. Este árbol es hospedero especifico de *Cuscuta sp.*

VII.2.18.3 Superficie y número potencial de árboles infestados

- Superficie urbana evaluada: 643.84 hectáreas.
- Árboles con potencial de ser infestados: 6,428 árboles (suma de todas las categorías).
- Densidad promedio estimada de infestación: ~10 árboles infestados por hectárea en zonas críticas (equipamiento urbano y vialidad).
- Estos valores permiten proyectar qué zonas, como el equipamiento urbano (356.72 ha) y vialidades (242.1 ha), concentran la mayor carga de infestación y potencial de dispersión, lo que eleva significativamente el riesgo a nivel metropolitano.

VII.2.18.4 Factores de exposición

- El riesgo está intensificado por la alta carga de contaminantes atmosféricos en zonas urbanas, especialmente dióxido de azufre (SO_2), ozono troposférico (O_3) y dióxido de nitrógeno (NO_2). Estos contaminantes generan:
  a) Estrés oxidativo en el follaje (O_3).
  b) Acidificación del entorno foliar y del suelo (SO_2).
  c) Inhibición fotosintética (NO_2).
- Estas condiciones reducen la capacidad de defensa del arbolado, volviéndolo más susceptible a infecciones parasitarias como las causadas por el muérdago.

VII.2.18.5 Factores de vulnerabilidad

- Sensibilidad del arbolado: Las especies hospedantes dominantes, como *Prosopis laevigata*, son altamente susceptibles por su fisiología y estructura. Además, el estrés hídrico y el envejecimiento del arbolado aumentan esta sensibilidad.
- Capacidad institucional: Las áreas con menor mantenimiento, bajo presupuesto forestal urbano y escasa intervención técnica muestran una alta vulnerabilidad al no contar con mecanismos eficaces de monitoreo, control mecánico o campañas de reforestación con especies no hospedantes.

Con base a lo anterior, se generó el escenario de los costos económicos y ambientales que tendría el no establecer un programa fitosanitario para atender el problema del muérdago en el municipio de Irapuato.

Se estima que se perdería un número importante de árboles, esto basado en los 6,428 árboles con potencial de ser infestados, considerando que sin control un porcentaje significativo se perdería entre el 40 y 60% podría morir en un periodo de 5 años:

- Árboles potencialmente perdidos: ≈ 2,571 – 3,857 unidades.
- Costo promedio de tala y disposición por árbol urbano: $2,500 – $4,000 MXN.
- Costo total estimado: $6.4 a $15.4 millones de pesos.

La reposición de estos árboles seria la siguiente:

- Costo promedio de reforestación urbana por árbol (incluye plantación y cuidados iniciales): $3,000 – $5,000 MXN.
- Costo total por reponer al menos 50% de los árboles perdidos: $3.8 a $9.6 millones de pesos.
- Subtotal económico (tala + reposición): $10.2 a $25 millones MXN.

Los costos ambientales por perdida de servicios ecosistémicos serían los siguientes:

- Captura de CO_2.
- Regulación térmica y micro climática.
- Reducción de contaminantes atmosféricos.
- Retención de escorrentía (infiltración de agua).
- Conservación de biodiversidad local.

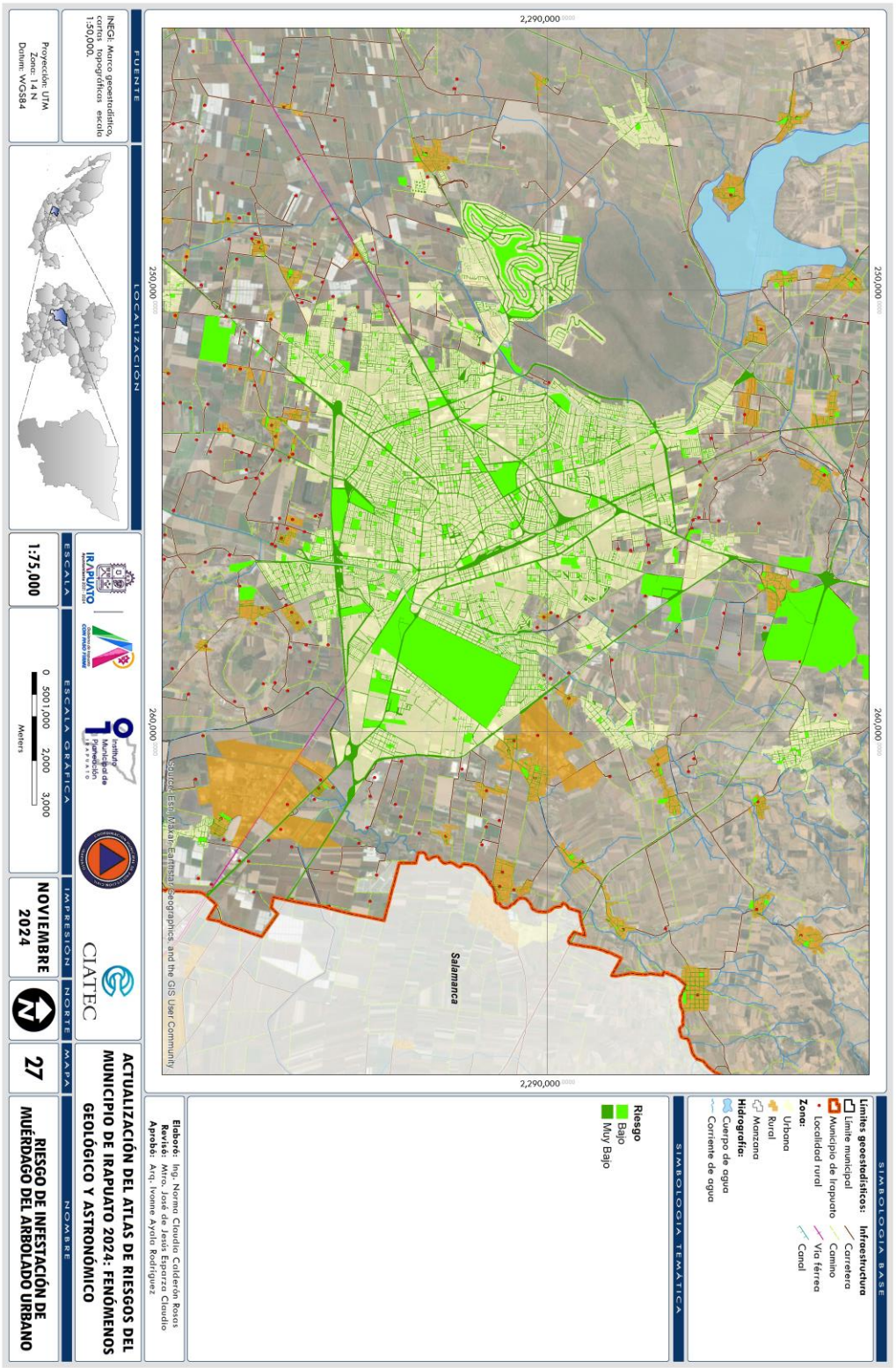
Según el modelo i-Tree Eco, un árbol urbano promedio aporta entre $900 y $1,500 MXN/año en servicios ecosistémicos.

- Pérdida por 2,500 árboles anuales: $2.25 a $3.75 millones por año.
- Pérdida acumulada a 10 años (sin reforestación): $22.5 a $37.5 millones de pesos.

Por último, el costo social sería el siguiente:

- Reducción de sombra y confort térmico (hasta +5 °C en zonas sin arbolado).
- Aumento en costos de salud pública por calor extremo y mala calidad del aire.
- Pérdida de valor paisajístico y psicológico (impacto en bienestar psicosocial).
- Aumento de conflictos comunitarios/urbanos por deterioro de espacios públicos.
- Aunque es difícil de monetizar, estudios urbanos sugieren que la degradación de áreas verdes puede reducir el valor inmobiliario hasta en un 10–15%, y aumentar costos en salud hasta en $500 a $1,000 MXN por persona/año en zonas urbanas vulnerables.

En conclusión, el riesgo fitosanitario para el control de *Psittacanthus calyculatus* en el arbolado de las áreas verdes del municipio, podría tener consecuencias económicas, ecológicas y sociales significativas. Por ende, el costo de inacción supera ampliamente la inversión necesaria para desarrollar un programa integral de manejo, que incluya diagnóstico, poda, control biológico, reforestación con especies resistentes y educación ambiental.



Mapa 27. Riesgo del arbolado urbano en el municipio.

VII.2.19 Identificación de plagas del sector urbano

El crecimiento urbano acelerado de Irapuato durante las últimas décadas, junto con la transformación de sus espacios verdes y la expansión de sus áreas agrícolas, ha generado condiciones propicias para la proliferación de diversas especies de aves e insectos que actualmente son consideradas plagas potenciales en el municipio y se describen a continuación.

VII.2.19.1 Aves

Según los registros de la plataforma Naturalista para Irapuato (iNaturalistMX, 2024), existe una presencia significativa de diversas especies de aves que, por sus características ecológicas y comportamentales, pueden considerarse potenciales plagas urbanas en el municipio. El análisis de estos datos proporciona una perspectiva valiosa sobre la composición avifaunística local y los desafíos que estas especies representan para la gestión urbana.

VII.2.19.1.1 Zanate Mayor (Quiscalus mexicanus)

El Zanate Mayor constituye una de las especies problema más prominentes en Irapuato. Su abundancia refleja su exitosa adaptación al ecosistema urbano local. Estas aves de plumaje negro iridiscente en los machos y marrón en las hembras forman colonias numerosas, particularmente visibles en plazas, parques y zonas arboladas del municipio.

Su distribución en Irapuato abarca prácticamente todas las zonas urbanas, con mayor concentración en áreas con presencia de árboles altos como el Parque Irekua, la Plaza de los Fundadores y zonas residenciales con vegetación abundante. El impacto de esta especie incluye contaminación acústica por sus vocalizaciones estridentes, especialmente durante las primeras horas del día, competencia con aves nativas y potencial transmisión de patógenos como Salmonella, particularmente en áreas de producción alimentaria y restaurantes al aire libre (Figura 19).

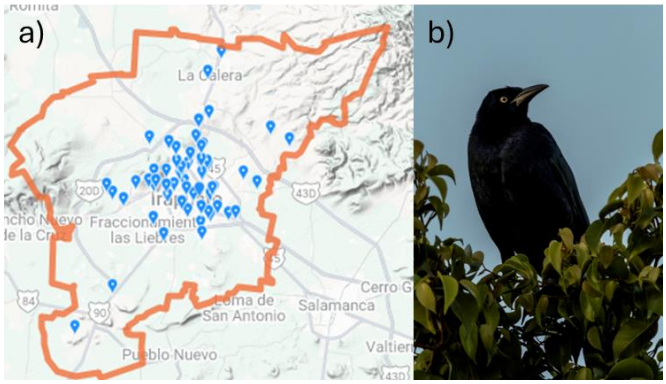


Figura 5. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Zanate Mayor.

Fuente: a) Recuperado de (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: cesarmispasospormexico, Fecha: Febrero 2, 2024 a las 06:51 PM CST, Lugar: Irapuato, Gto., México, (Google, OSM).

VII.2.19.1.2 Gorrión Doméstico (Passer domesticus)

Esta especie exótica registra presenta una amplia distribución en el municipio. Introducido en México durante el siglo XIX, el gorrión doméstico ha encontrado en Irapuato condiciones ideales para su proliferación, adaptándose a prácticamente cualquier entorno con presencia humana (Figura 20).

Su distribución es particularmente densa en zonas comerciales como el Centro Histórico, áreas residenciales y alrededores de mercados y establecimientos de comida. Su impacto incluye desplazamiento de especies nativas por competencia por sitios de anidación, daños a cultivos en zonas periurbanas y problemas asociados a sus nidos en estructuras arquitectónicas, instalaciones eléctricas y sistemas de ventilación de edificios.

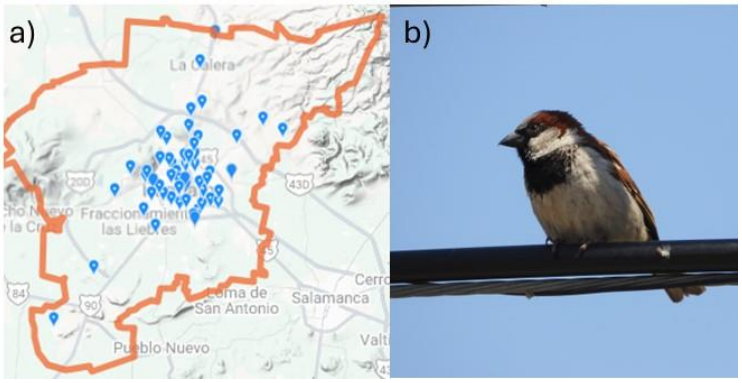


Figura 6. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Gorrión Doméstico.

Fuente: a) Recuperado de (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: efrenbiologia, Fecha: Abril 5, 2024, Lugar: Calzada de los Chinacos, Irapuato (Google, OSM).

VII.2.19.1.3 Paloma Alas Blancas (Zenaida asiática)

Aunque es una especie nativa, la Paloma Alas Blancas ha incrementado significativamente sus poblaciones en entornos urbanos del municipio de Irapuato. Su adaptabilidad a los recursos alimenticios disponibles en la ciudad ha favorecido su explosión demográfica en años recientes (Figura 21).

Estas palomas se concentran principalmente en parques, jardines residenciales y áreas con árboles frutales. Aunque generan menos problemas que la paloma doméstica, sus grandes congregaciones pueden ocasionar acumulaciones de excrementos y ser potenciales vectores de enfermedades zoonóticas.

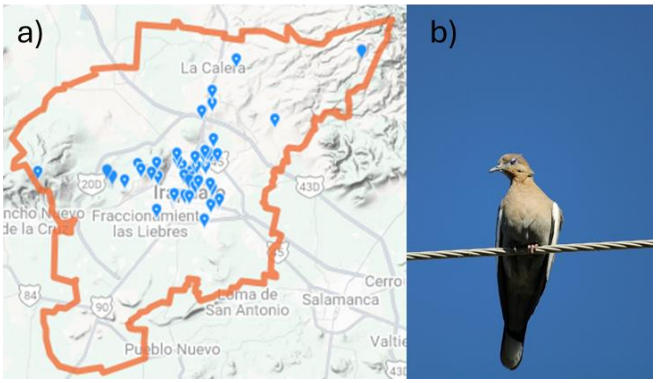


Figura 7. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Paloma de alas blanca.

Fuente: a) Recuperado de (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: viajes_biologia, Fecha: Marzo 6, 2024 a las 05:02 PM CST, Lugar: PM9C+P6, 36824 Gto., México (Google, OSM).

VII.2.19.1.4 Paloma Doméstica (Columba livia)

La Paloma Doméstica representa uno de los problemas más serios por su tendencia a formar colonias densas en edificios históricos y estructuras urbanas. Esta especie introducida se ha establecido firmemente en el Centro Histórico de Irapuato, particularmente en edificios gubernamentales, iglesias y monumentos, (ver Figura 22). Sus excrementos altamente corrosivos ocasionan deterioro significativo en fachadas y estructuras históricas, además de representar un riesgo sanitario como potencial transmisor de enfermedades como histoplasmosis, criptococosis y ornitosis. Su control representa un desafío constante para las autoridades municipales, particularmente en edificios de valor patrimonial.

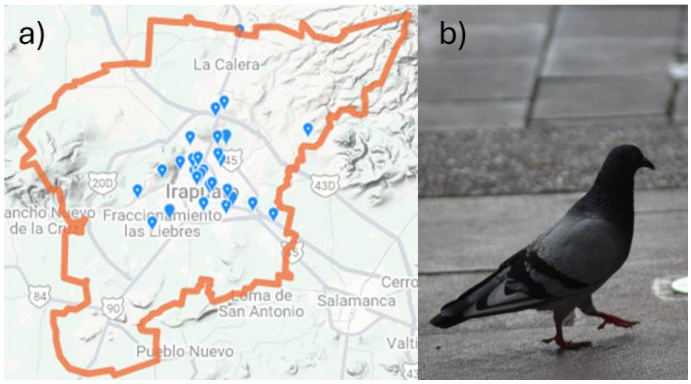


Figura 8. a) Distribución geográfica, b) Ejemplar de Paloma doméstica.

Fuente: a) Recuperado de iNaturalistMX (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: nancy-cardenas19, Fecha: Mayo 22, 2023 a las 05:08 PM CST, Lugar: Centro Histórico Irapuato (Google, OSM).

VII.2.19.1.5 Estornino Pinto (Sturnus vulgaris)

Esta especie invasora está ganando terreno en Irapuato. Introducido en Norteamérica a finales del siglo XIX, el estornino pinto ha demostrado una capacidad invasiva extraordinaria, desplazando a especies nativas por su comportamiento agresivo y territorial, (ver Figura 23). Su presencia en Irapuato se concentra principalmente en zonas periurbanas y áreas con árboles maduros donde forman dormideros comunales que pueden albergar gran cantidad de individuos. El ruido generado por estas concentraciones, junto con la acumulación de excrementos, constituye su principal impacto negativo.

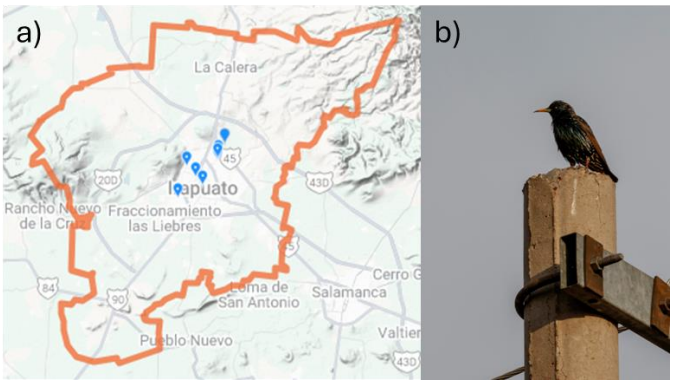


Figura 9. a) Distribución geográfica, b) Especie de Estornino pinto.

Fuente: a) Recuperado de iNaturalistMX (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: cesarmispasospormexico, Fecha: Enero 22, 2024 a las 08:38 AM CST, Lugar: Rincón de los Arcos, 36633 Irapuato, Gto., México (Google, OSM).

VII.2.19.1.6 Perico Monje Argentino (Myiopsitta monachus)

La presencia del Perico Monje Argentino, o Cotorra Argentina en Irapuato, es particularmente preocupante por su carácter invasor y su potencial expansión. Esta especie, liberada accidental o intencionalmente por el comercio de mascotas, ha establecido colonias reproductivas en varias zonas de la ciudad, (ver Figura 24).

Sus enormes nidos comunales, construidos principalmente en torres de electricidad, antenas de telecomunicaciones y árboles altos, pueden generar riesgos de incendios en infraestructura eléctrica y daños a la vegetación urbana. Aunque todavía en fase inicial de colonización en comparación con otras ciudades mexicanas, su rápida tasa reproductiva sugiere un potencial problema creciente para el municipio.

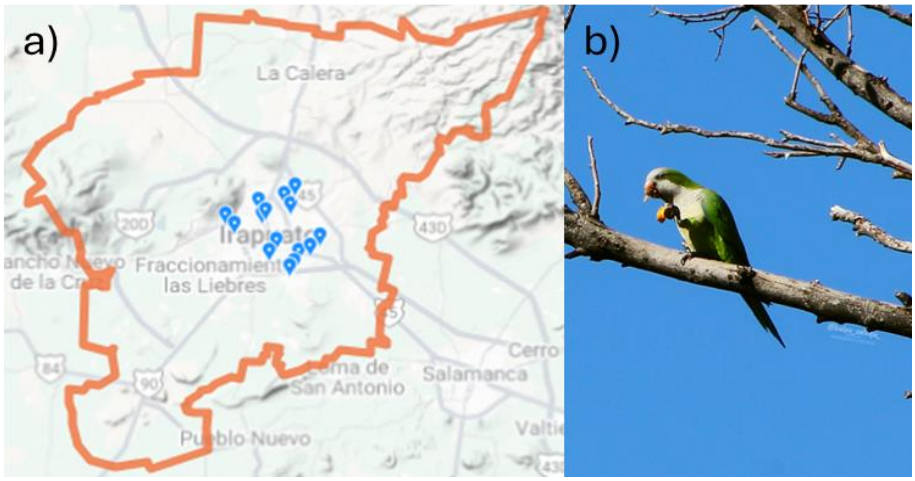


Figura 10. a) Distribución geográfica, b) Especie de Perico Monje Argentino.
Fuente: a) Recuperado de iNaturalistMX (iNaturalistMX, 2024), b) Autor: baloo_sc, Fecha: Febrero 18, 2024 a las 12:41 PM CST, Lugar: Tabachines, 36615 Irapuato, Gto., México (Google, OSM).

La gestión efectiva de estas aves requiere un enfoque integral que contemple tanto el control poblacional como la modificación de las condiciones urbanas que favorecen su proliferación, incluyendo el manejo adecuado de residuos, la educación ciudadana y la implementación de estrategias disuasorias en edificios y espacios públicos. Solo mediante un abordaje multidisciplinario será posible mitigar el impacto de estas especies en el entorno urbano de Irapuato.

VII.2.19.1.7 Piojos

La Pediculosis Capitis, es una ectoparasitosis causada por *Pediculus humanus* var. *Capitis* (piojo de la cabeza), que afecta principalmente a niños en edad escolar (3-15 años), con mayor incidencia en poblaciones en condiciones de vulnerabilidad socioeconómica. Estos parásitos hematófagos se transmiten por contacto directo persona-persona, o a través de objetos personales contaminados, (NIH, 2022). Los factores de riesgo y transmisión, es decir la diseminación de la pediculosis se facilita por:

- Factores sociales: Hacinamiento, bajo nivel socioeconómico e higiene deficiente.
- Factores biológicos: Los piojos sobreviven aproximadamente una semana sin alimentarse y abandonan huéspedes febriles.
- Factores ambientales: Espacios de convivencia cerrados como aulas escolares (SSA, 2020).

Los piojos de la cabeza sobreviven aproximadamente una semana sin alimentarse y abandonan a los huéspedes con fiebre. Factores como el hacinamiento, el bajo nivel socioeconómico, y los hábitos higiénicos deficientes aumentan considerablemente la posibilidad de transmisión entre individuos, (SSA, 2020).

Cabe señalar que el municipio de Irapuato carece de registros epidemiológicos sistemáticos sobre Pediculosis capitis. Esta limitación, presente tanto a nivel estatal como nacional, impide dimensionar adecuadamente la magnitud del problema y su distribución territorial.

Por lo anterior, existe una notable carencia de información epidemiológica sistemática sobre esta parasitosis. La revisión de literatura científica y bases de datos de acceso público revela que ni a nivel estatal (Guanajuato) ni nacional se mantienen registros actualizados y completos sobre la incidencia de *Pediculosis Capitis*. Esta ausencia de datos epidemiológicos oficiales dificulta la compresión real de la magnitud de problema en el municipio y sus áreas de mayor incidencia.

A pesar de esta carencia de registros formales, existen reportes no oficiales de brotes periódicos en escuelas primarias y preescolares de Irapuato, particularmente en zonas de mayor vulnerabilidad socioeconómica. Esta situación representa una oportunidad para incluir la vigilancia y mapeo de la *Pediculosis Capitis* dentro de un atlas de riesgo municipal,

lo que permitiría identificar focos prioritarios de atención, implementar medidas preventivas eficaces y desarrollar políticas públicas basadas en evidencia para su control.

Por lo anterior, la ausencia de datos oficiales sobre pediculosis representa una oportunidad estratégica para desarrollar un sistema de vigilancia específico que permita:

1. Mapeo de focos de riesgo: Identificar escuelas y comunidades con mayor incidencia.
2. Intervenciones focalizadas: Implementar medidas preventivas basadas en evidencia territorial.
3. Políticas públicas dirigidas: Desarrollar estrategias específicas para poblaciones vulnerables.
4. Indicadores de vulnerabilidad social: Utilizar la pediculosis como marcador de condiciones socio-sanitarias deficientes. Contaminación de agua.

VII.3 Contaminación del agua

VII.3.1 Sitios contaminados identificados

VII.3.1.1 Inventario y ubicación de descargas

La información referente a las descargas de aguas registradas y/o identificadas se obtuvo de tres dependencias: JAPAMI, IMPLAN y CONAGUA. JAPAMI reportó dos descargas correspondientes a las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) identificadas como 1 y 2, de la siguiente tabla.

Por otro lado, IMPLAN reportó 11 descargas de PTAR identificadas como 3 a 14. Finalmente, la información que aparece en el sitio oficial de CONAGUA reporta la presencia de cuatro descargas identificadas como 15 a 19. En el Mapa 28, se muestra la localización geográfica de cada descarga identificada. Los cuerpos de agua receptores de las descargas corresponden a: Río Silao, Río Temascatío y Canal Pueblo Nuevo.

Tabla 99. Listado de descargas de agua identificadas en el análisis de la información de las dependencias.

Número	Tipo	Nombre	Cuerpo receptor	Latitud	Longitud
1	PTAR[1]	Salida a Pueblo Nuevo	Canal Pueblo Nuevo	20,645461	-101,358731
2	PTAR[1]	Primero de Mayo	Río Silao	20,650250	-101,400253
3	PTAR[2]	Villas de San Ángel	S.D.	20,656778	-101,300158

Número	Tipo	Nombre	Cuerpo receptor	Latitud	Longitud
4	PTAR[2]	San Roque	S.D.	20,597140	-101,344497
5	PTAR[2]	Rastro Municipal	S.D.	20,628340	-101,389892
6	PTAR[2]	Paso Blanco	S.D.	20,739554	-101,405048
7	PTAR[2]	Santa Bárbara	S.D.	20,793471	-101,399948
8	PTAR[2]	Vista Hermosa	S.D.	20,750180	-101,514967
9	PTAR[2]	San Agustín de los Tordos	S.D.	20,782780	-101,439545
10	PTAR[2]	Cuchicuato	S.D.	20,659687	-101,456742
11	PTAR[2]	Purísima de Covarrubias	S.D.	20,618222	-101,485311
12	PTAR[2]	Venado de Yóstiro	S.D.	20,576805	-101,434048
13	PTAR[2]	Tinaja de Bernales	S.D.	20,547694	-101,418276
14	RIO[3]	DLGUA1076M1	Río Temascatío	20,585418	-101,458053
15	EMPRESA[3]	DLGUA1133	Río Temascatío	20,615103	-101,285988
16	EMPRESA[3]	DLGUA1134	Río Temascatío	20,624590	-101,298100
17	EMPRESA[3]	DLGUA1135	Río Temascatío	20,645890	-101,290160

Fuente: [1] JAPAMI, [2] IMPLAN, [3] CONAGUA, y S.D.: Sin dato.

VII.3.1.2 Descargas industriales, materias primas y procesos analizados para identificar sustancias tóxicas que pudieran contaminar el cuerpo de agua

Los posibles contaminantes presentes en las descargas dependen de la naturaleza del proceso productivo que lo genera, en particular están relacionadas con los sectores productivos de las unidades económicas.

El origen de las descargas identificadas fue: 14 de agua residual urbana y rural, y tres de origen industrial. Las que provienen de industrias se identifican aledañas al Parque Central Industrial y una se ha identificado como proveniente de una importante empresa de productos lácteos

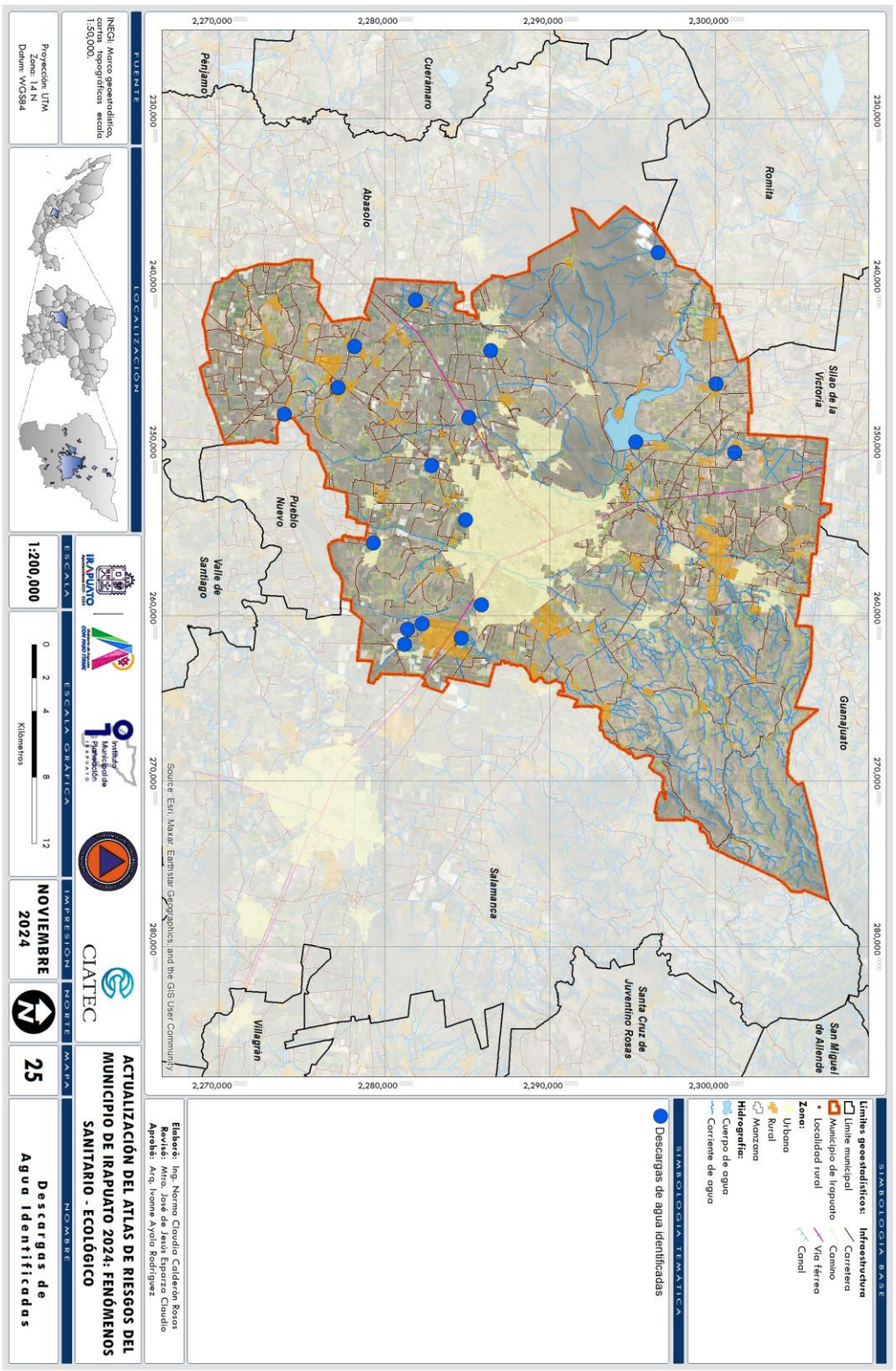
En el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RECT 2022) existen tres empresas que tienen transferencia de contaminantes al agua, a través del alcantarillado; su ubicación se puede observar en Mapa 29 y las cantidades anuales en la siguiente tabla.

Tabla 100. Transferencia de sustancias al agua en Kg/año

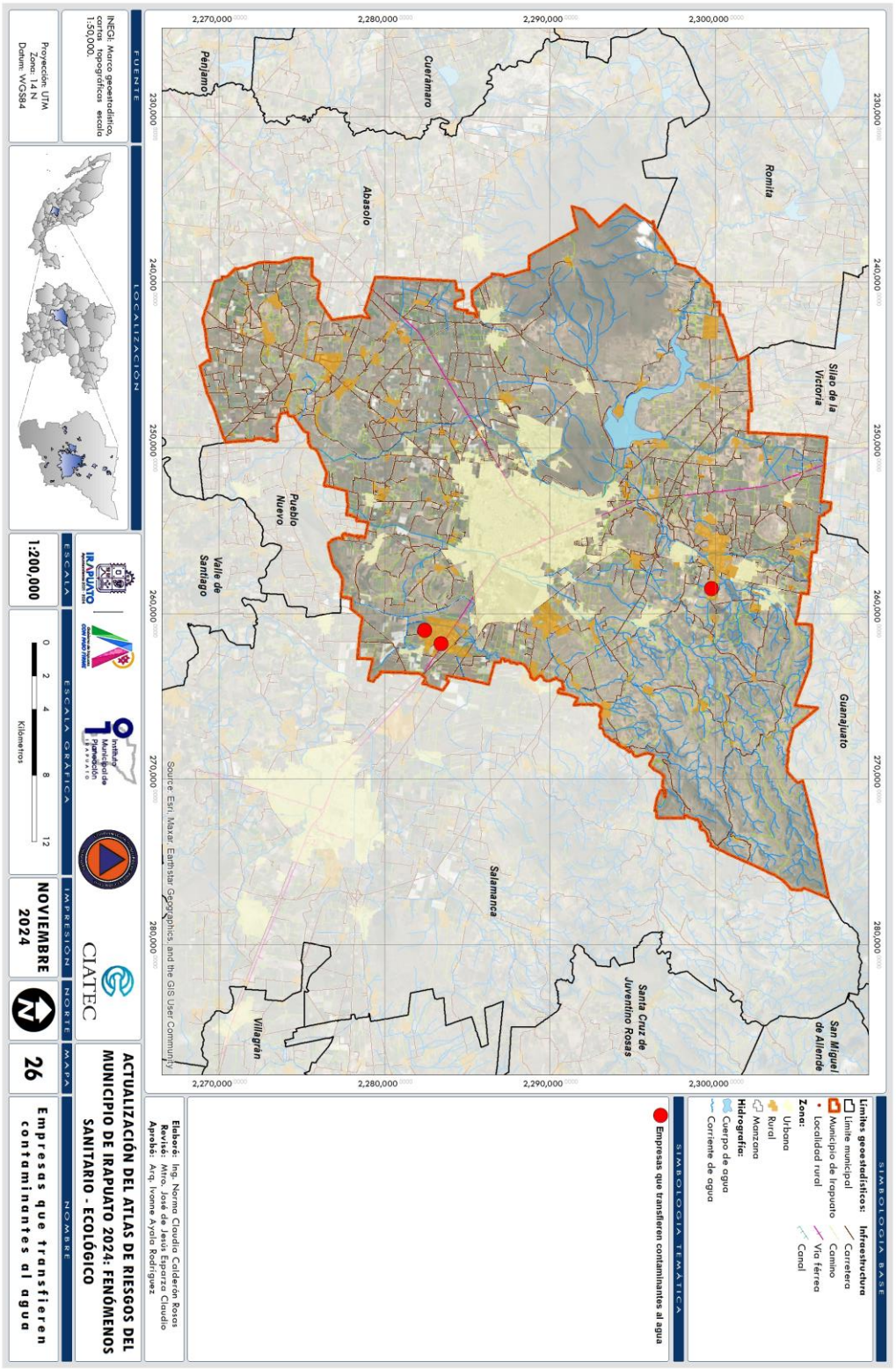
Sustancia RETC	Empresa 1	Empresa 2	Empresa 3
Arsénico	2.24	0.02	0.14
Cadmio	17.29	0.13	0.54
Cromo	179.65	0.26	1.81

Mercurio	1.79	0.03	0.07
Plomo	44.91	0.52	3.26
Níquel	269.48	0.47	4.53
Cianuro	11.22	0	0.36

Fuente: RECT, 2022 ID 154, 222 y 440.



Mapa 28. Descargas de agua identificadas.



Mapa 29. Ubicación de las empresas registradas en el RECT 2022, que transfieren contaminantes al agua.

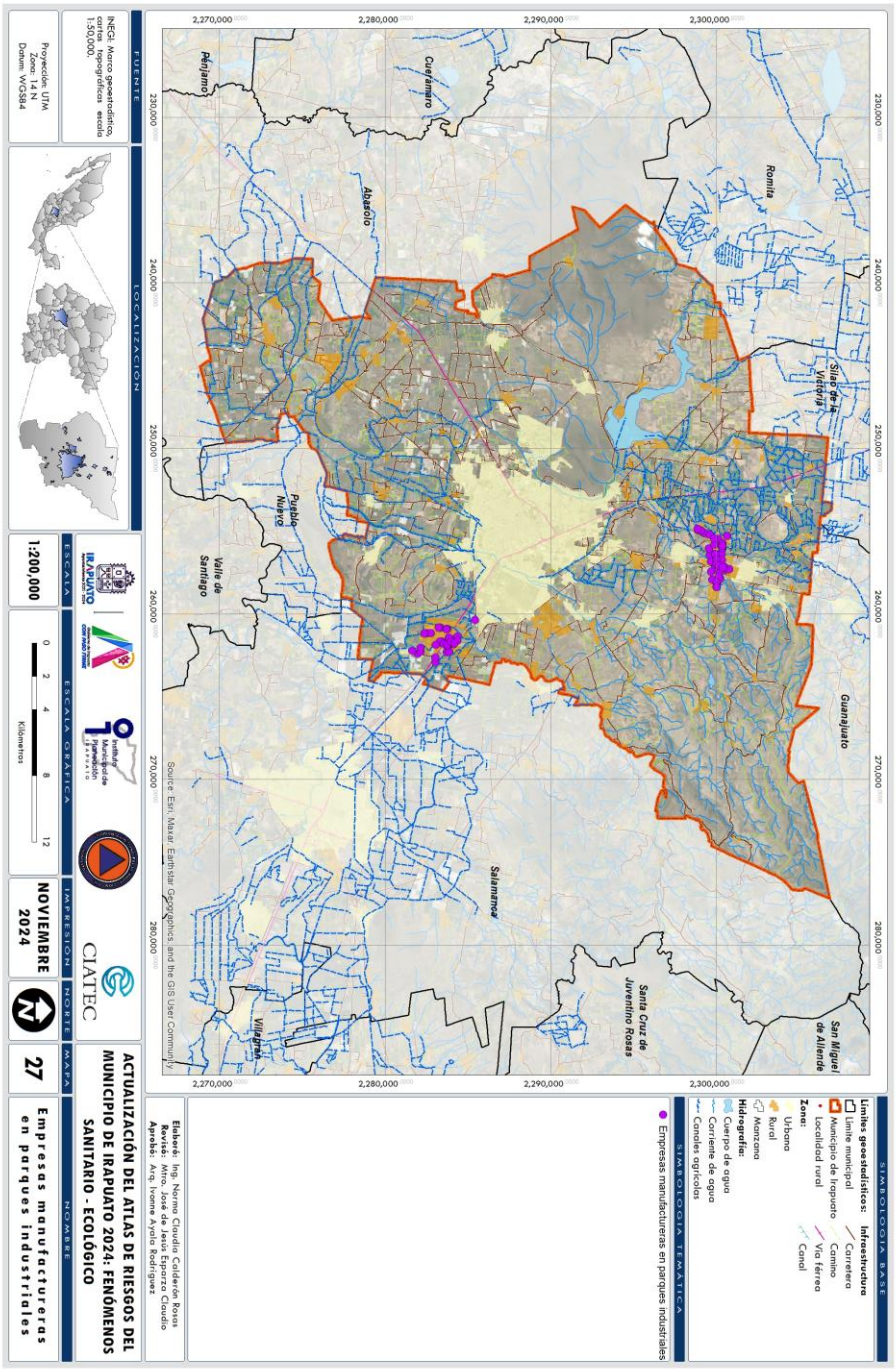
Por otro lado, se identificaron las actividades económicas de otras empresas (ver Tabla 101) y sus ubicaciones (Mapa 30) que pudieran tener alguna influencia en drenaje o descargas.

Tabla 101. Actividades económicas de las empresas ubicadas en el parte central Guanajuato.

Código	Identificador de la actividad	Castro del Río	Ciudad Industrial
311110	Elaboración de alimentos para animales		2
311340	Elaboración de dulces, chicles y productos de confitería que no sean de chocolate	1	
311411	Congelación de frutas y verduras	2	
311513	Elaboración de derivados y fermentos lácteos		2
311613	Preparación de embutidos y otras conservas de carne de ganado, aves y otros animales comestibles		1
314110	Fabricación de alfombras y tapetes	1	
323119	Impresión de formas continuas y otros impresos	1	
324120	Fabricación de productos de asfalto		2
325190	Fabricación de otros productos químicos básicos orgánicos		3
325212	Fabricación de hules sintéticos	1	1
325310	Fabricación de fertilizantes		1
325520	Fabricación de adhesivos		1
325610	Fabricación de jabones, limpiadores y dentífricos		1
326110	Fabricación de bolsas y películas de plástico flexible	1	
326160	Fabricación de botellas de plástico		1
326192	Fabricación de autopartes de plástico con y sin reforzamiento	8	
326193	Fabricación de envases y contenedores de plástico para embalaje con y sin reforzamiento	1	
326290	Fabricación de otros productos de hule	1	
327211	Fabricación de vidrio	1	
327219	Fabricación de otros productos de vidrio	1	
327320	Fabricación de concreto		2
331220	Fabricación de otros productos de hierro y acero		1
331310	Industria básica del aluminio	2	
331520	Moldeo por fundición de piezas metálicas no ferrosas	1	
332110	Fabricación de productos metálicos forjados y troquelados	3	
332720	Fabricación de tornillos, tuercas, remaches y similares	2	1
332810	Recubrimientos y terminados metálicos	3	
332991	Fabricación de baleros y rodamientos	1	
332999	Fabricación de otros productos metálicos		1
333411	Fabricación de equipo de aire acondicionado y calefacción	2	1
334410	Fabricación de componentes electrónicos	1	
335311	Fabricación de motores y generadores eléctricos	1	

Código	Identificador de la actividad	Castro del Río	Ciudad Industrial
335312	Fabricación de equipo y aparatos de distribución de energía eléctrica	1	
335920	Fabricación de cables de conducción eléctrica	1	
336210	Fabricación de carrocerías y remolques	1	
336320	Fabricación de equipo eléctrico y electrónico y sus partes para vehículos automotores	3	1
336330	Fabricación de partes de sistemas de dirección y de suspensión para vehículos automotrices	1	
336350	Fabricación de partes de sistemas de transmisión para vehículos automotores	2	
336360	Fabricación de asientos y accesorios interiores para vehículos automotores	2	
336370	Fabricación de piezas metálicas troqueladas para vehículos automotrices	3	
336390	Fabricación de otras partes para vehículos automotrices	4	1
339994	Fabricación de velas y veladoras		4

Fuente: (DENUE, 2024)



Mapa 30. Empresas manufactureras en Parque Central Guanajuato y Castro del Río.

La información de los servicios que se ofrecen dentro del Parque Central Industrial se consultaron en su página web, la cual se mencionan a continuación:

> …"*Drenajes. Se tienen dos redes de drenaje independientes; una para agua pluvial y otra separada para el manejo de agua sanitaria. Cada empresa instalará su propia planta de tratamiento de aguas residuales adecuada a sus procesos industriales y descargará el agua tratada de acuerdo a la NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-2021, que establece los límites permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en cuerpos receptores propiedad de la nación. La red de drenaje sanitaria es de 38 pulgadas de diámetro con acometidas a los lotes industriales de 10 pulgadas de diámetro en PVC. La red de drenaje pluvial es de 48 pulgadas de diámetro con acometidas a los lotes industriales de 20 pulgadas de diámetro en PVC. Contamos con dos cárcamos de rebombeo de agua sanitaria y uno de agua pluvial. (Parque Central Guanajuato, 2024)*"...

De la información consultada, se deduce que el Parque tiene capacidad instalada y suficiente para la correcta gestión de las aguas residuales. Asimismo, las empresas declaradas en el RETC también se registraron que descargan a un alcantarillado. Por lo tanto, las descargas reportadas deberían provenir de empresas en el parque con plantas de tratamiento de agua que cumplen con los parámetros indicados en la Norma Oficial Mexicana NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-001-SEMARNAT-2021 para descarga a bienes nacionales.

VII.3.1.3 Fuentes de contaminación por agua residual doméstica más importantes

El gasto de las PTARs, entre los años 2019 a 2023 se reporta en la Tabla 102. Se identifica que hay dos plantas de mayor gasto que corresponden a las descargas con salida a Pueblo Nuevo (Descarga No. 1) y Primero de Mayo (Descarga No. 2), las cuales representan el 99 % del efluente liberado durante el 2023 en el municipio.

Tabla 102. Flujo de las descargas de agua de las PTAR del 2019 al 2023.

No.	Nombre de la descarga	Gasto (L/s)				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Salida a Pueblo Nuevo	721.17	781.00	815.55	937.94	890.39
2	Primero de Mayo	257.56	213.77	141.74	185.57	216.56
3	Villas de San Ángel	1.22	1.06	1.53	1.39	1.27
4	San Roque	0.51	0.53	0.51	0.49	0.10

No.	Nombre de la descarga	Gasto (L/s)				
		2019	2020	2021	2022	2023
5	Rastro Municipal	1.03	0.39	0.80	0.93	0.92
6	Paso Blanco	S.D	S.D	S.D	2.08	2.31
7	Santa Bárbara	S.D	S.D	S.D	0.16	0.07
8	Vista Hermosa	S.D	S.D	S.D	0.25	1.08
9	San Agustín de los Tordos	S.D	S.D	S.D	0.31	0.15
10	Cuchicuato	S.D	S.D	S.D	0.43	0.16
11	Purísima de Covarrubias	S.D	S.D	S.D	0.25	0.67
12	Venado de Yóstiro	S.D	S.D	S.D	0.44	1.39
13	Tinaja de Bernales	S.D	S.D	S.D	0.08	0.21

Fuente: Elaboración propia, con datos de IMPLAN, 2024 y JAPAMI, 2024.
S.D. Sin datos.

Por otro lado, los valores de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las plantas se observan en la Tabla 103. La descarga con mayor concentración de DBO es la correspondiente al Rastro Municipal (descarga 5), lo cual es característico de este tipo de actividades económicas, ya que sus efluentes son ricos en materia orgánica por la liberación de entrañas, piel, grasa, sangre, etc. Su elevado valor sugiere que el efluente es liberado sin tratamiento alguno o que el tratamiento aplicado no es suficiente para dar cumplimiento a la Normativa Oficial Mexicana.

Tabla 103. Concentración de DBO en descargas de agua.

Número de descarga de PTAR	Nombre de la descarga	Concentración de DBO (mg/L)				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Salida a Pueblo Nuevo	247.29	207.70	201.94	227.43	166.96
2	Primero de Mayo	214.68	204.72	160.13	257.93	165.94
3	Villas de San Ángel	122.00	301.13	285.63	222.48	215.42
4	San Roque	353.07	580.51	196.42	S.D.	S.D.
5	Rastro Municipal	1,695.31	968.00	732.36	1,269.03	5,531.65
6	Paso Blanco	S.D.	S.D.	S.D.	593.33	190.67
7	Santa Bárbara	S.D.	S.D.	S.D.	411.33	S.D.
8	Vista Hermosa	S.D.	S.D.	S.D.	740.00	479.33
9	San Agustín de los Tordos	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
10	Cuchicuato	S.D.	S.D.	S.D.	680.00	425.33
11	Purísima de Covarrubias	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	95.33
12	Venado de Yóstiro	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	132.67
13	Tinaja de Bernales	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	226.00

Fuente: Elaboración propia, con datos de IMPLAN, 2024 y JAPAMI, 2024.

S.D. Sin datos.

En las descargas de agua es sumamente importante determinar el flujo másico de contaminantes hacía los cuerpos de agua. El flujo másico representa la carga contaminante y permite priorizar las descargas. Este se calculó multiplicando la concentración de DBO por el gasto que se descarga al cuerpo de agua, de esta forma es posible determinar la cantidad de oxígeno requerido para la degradación bioquímica de la totalidad de contaminantes liberados en un día de operación (Kg/día). Los resultados del cálculo se presentan en la Tabla 104. Es evidente que las descargas 1 y 2 son responsables de la mayor emisión de materia orgánica a los cuerpos de agua arriba mencionados (> 95 % en todos los años).

Tabla 104. Flujo másico de las descargas de agua

Número de descarga de PTAR	Nombre de la descarga	Flujo másico DBO (kg/día)				
		2019	2020	2021	2022	2023
1	Salida a Pueblo Nuevo	1,495.42	14,015.26	14,229.40	18,430.48	12,844.18
2	Primero de Mayo	4,777.31	3,781.12	1,961.01	4,135.46	3,104.87
3	Villas de San Ángel	12.86	27.58	37.76	26.72	23.64
4	San Roque	15.56	26.58	8.66	S.D.	S.D.
5	Rastro Municipal	150.87	32.62	50.62	101.97	439.70
6	Paso Blanco	S.D.	S.D.	S.D.	106.63	38.05
7	Santa Bárbara	S.D.	S.D.	S.D.	5.69	S.D.
8	Vista Hermosa	S.D.	S.D.	S.D.	15.98	44.73
9	San Agustín de los Tordos	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.
10	Cuchicuato	S.D.	S.D.	S.D.	25.26	5.88
11	Purísima de Covarrubias	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	5.52
12	Venado de Yóstiro	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	15.93
13	Tinaja de Bernales	S.D.	S.D.	S.D.	S.D.	4.10

Fuente: Elaboración propia, con datos de IMPLAN, 2024 y JAPAMI, 2024.

S.D. Sin datos.

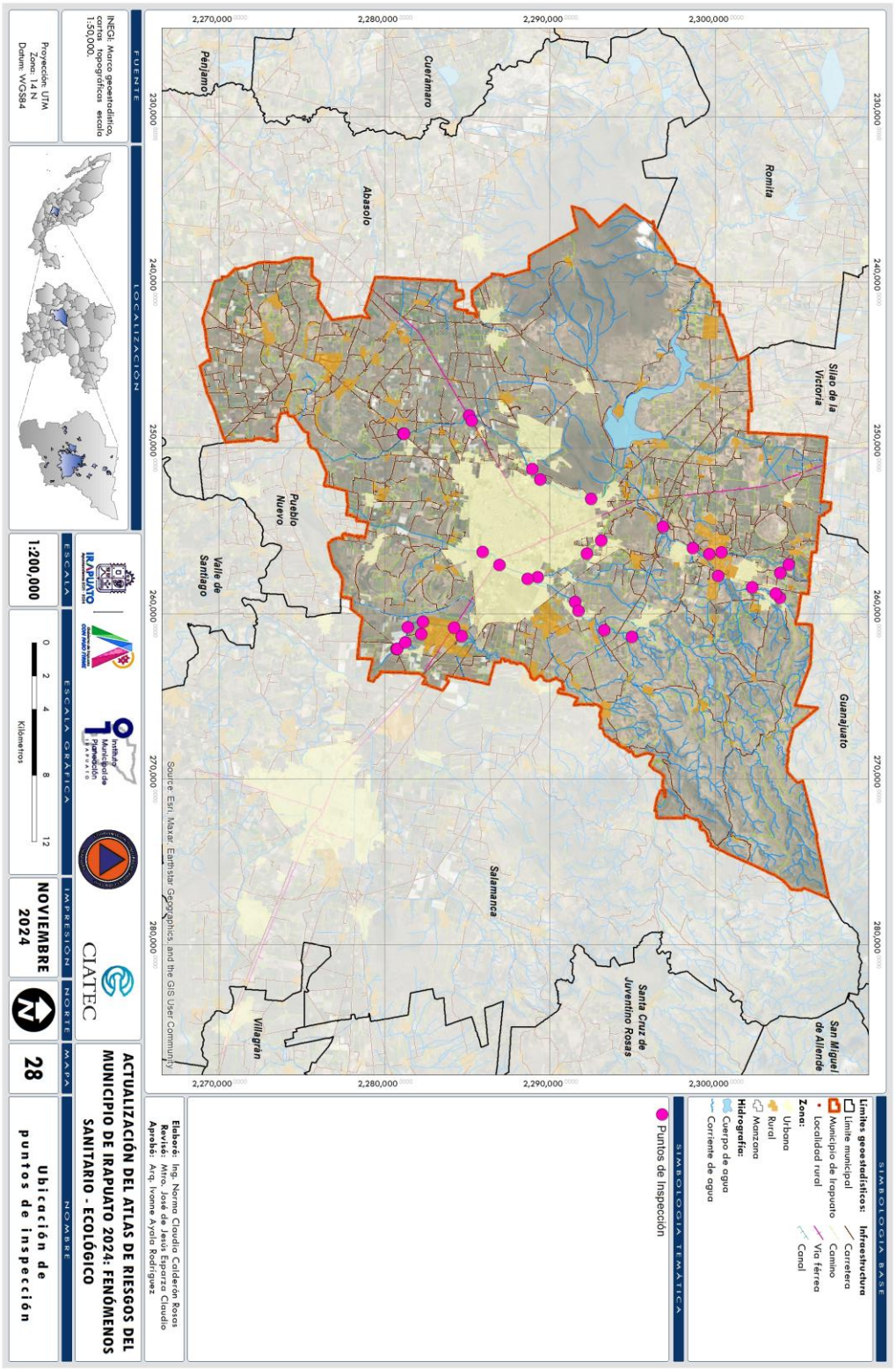
VII.3.1.4 Muestreo de agua

Se ejecutó una visita de inspección en 35 puntos de río y descargas (Mapa 31), y siete de drenes. Los registros se encuentran en el **Anexo 4**. De la visita se descartaron seis puntos dado que no había caudal para muestreo (2), por inaccesibilidad al punto (2) y por ser alternos, en caso de que los principales puntos de muestreo no tuvieran agua (2). El resumen de las inspecciones se observa en la Tabla 105. Por cada punto de muestreo se realizaron registros de inspección y de muestreo.

Tabla 105. Resultados de la inspección a los 35 puntos originalmente planteados.

No	Referencia	Caudal	Acceso	Maniobras	Seguridad
1	Autop. LN-SLMC A2	Si	No		
2	1 R. Guanajuato	Si	Si	Si	Si
3	1 Guanajuato	Si	Si	Si	Si
4	Dren agrícola	Si	Si	Si	Si
5	Castro del Río A1 Guanajuato	Si	No	Si	Si
6	2 Guanajuato	Si	Si	Si	Si
7	Silao	Si	Si	Si	Si
8	Silao	Si	Si	Si	Si
9	5 Guanajuato	Si	Si	Si	Si
10	6 Guanajuato	Si	Si	Si	Si
11	Dren agrícola	Si	Si	Si	Si
12	7 Guanajuato	Si	Si	Si	Si
13	Dren agrícola	Si	Si	Si	Si
14	3 R. Guanajuato	Si	Si	Si	Si
15	2 R. Guanajuato	Si	Si	Si	Si
16	San Cayetano A4 R. Gto	Si	Si	Si	Si
17	3 A. Santa Rita	No	Si	Si	Si
18	INFORUM A3 R. Gto.	No	Si	Si	Si
19	2 A. Santa Rita	Si	Si	Si	Si
20	1 Temascatío	Si	Si	Si	Si
21	Temascatío	Si	Si	Si	Si
22	2 Temascatío	Si	Si	Si	Si
23	Temascatío	Si	Si	Si	Si
24	Temascatío	Si	Si	Si	Si
25	5 Temascatío	Si	Si	Si	Si
26	4 Temascatío	Si	No	Si	Si
27	3 Temascatío	Si	Si	Si	Si
28	Arroyo Santa Rita	Si	Si	Si	Si
29	Arroyo Santa Rita	Si	Si	Si	Si
30	Río Zarco	No	No	Si	Si
31	Arroyo Santa Rita	Si	Si	Si	Si
32	Río Zarco (San Lorenzo)	Si	Si	Si	Si
33	Castro del Río	Si	Si	Si	Si
34	Río Zarco (San Lorenzo)	Si	Si	Si	Si
35	Río Guanajuato	Si	Si	Si	Si

Fuente: Elaboración propia



Mapa 31. Ubicación de los puntos de inspección.

El muestreo de agua de río se realizó en 25 puntos incluyen a los ríos Silao, Guanajuato, Temascatío, Zarco, Arroyo Santa Rita (Tabla 106), en una descarga municipal en Río Silao y una descarga industrial en el Río Temascatío (Tabla 107) y los nueve drenes agrícolas (Tabla 108).

Tabla 106. Identificación de los puntos muestreados de cuerpo de agua.

ID	Cuerpo de agua
1	Río Guanajuato
2	
3	
4	
3D	
5	
6	
7	
8	
9	
10	Río Silao
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	Río Temascatío
19	
20	
22	
23	Arroyo Santa Rita
24	
25	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 107. Identificación de los puntos de descarga.

ID	Cuerpo de agua
21	Río Temascatío
2D	Río Silao

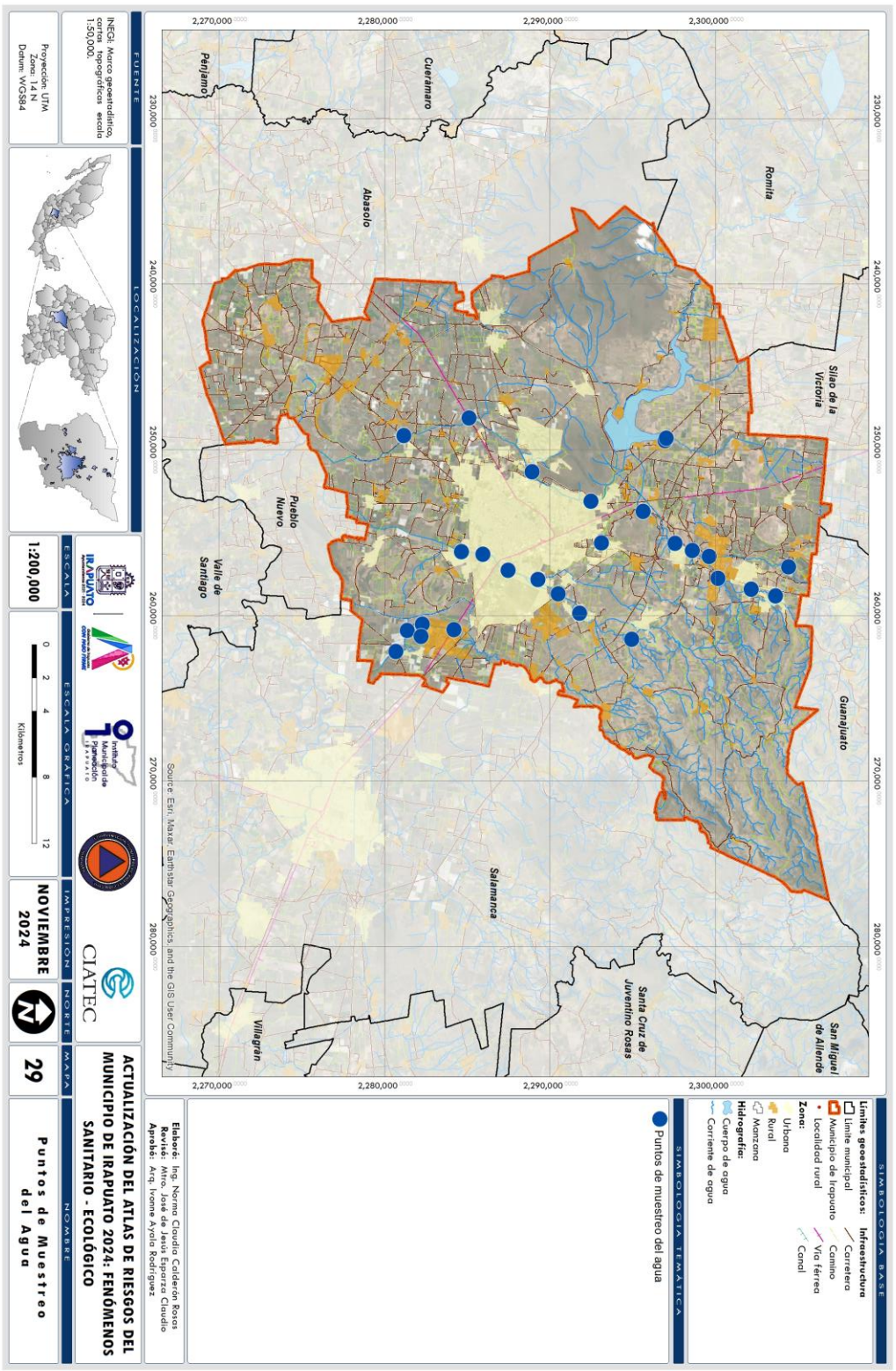
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 108. Identificación de los puntos de canales agrícolas.

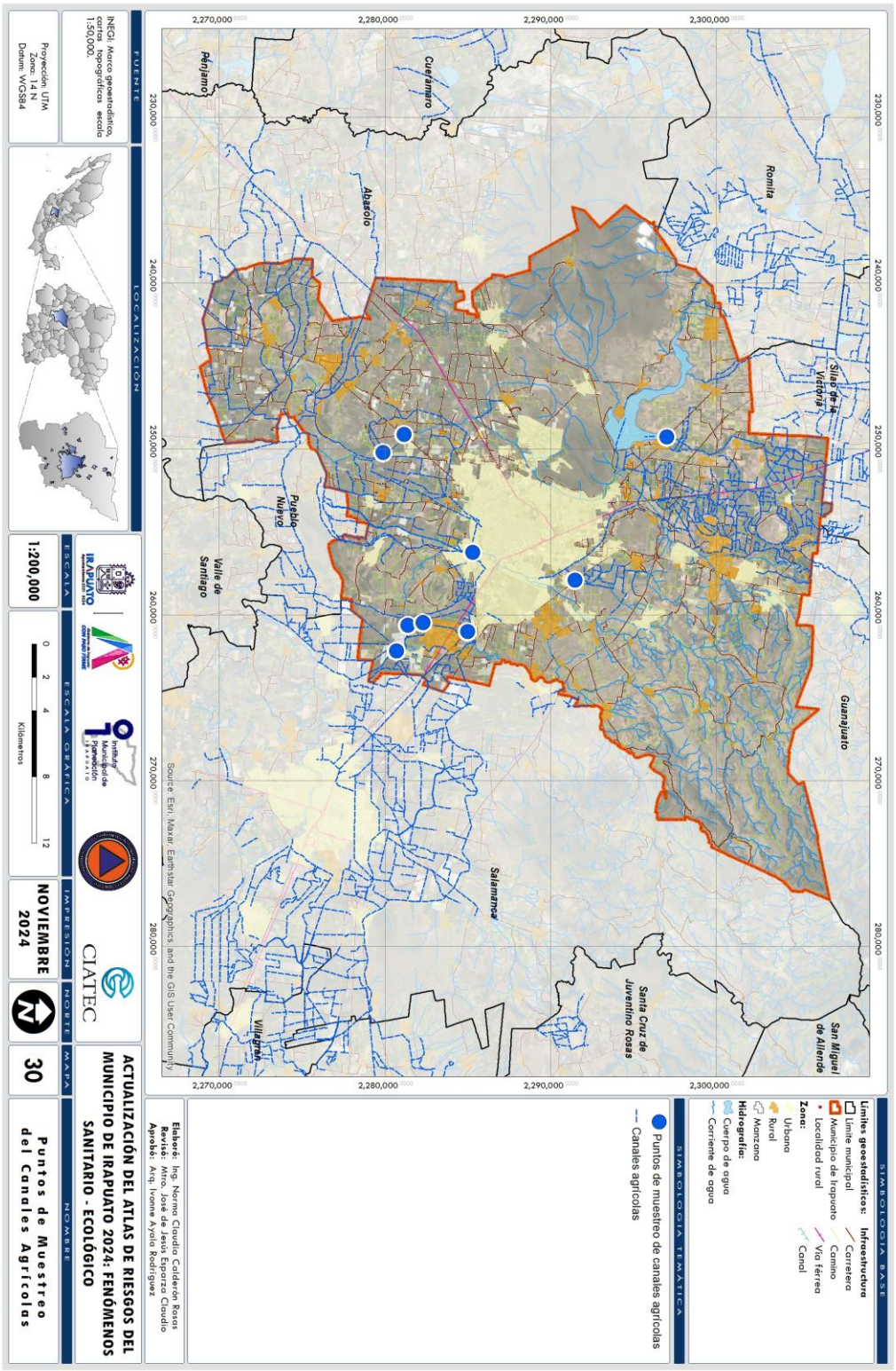
ID	Cuerpo de agua
1D	Río Silao
4 D	
6	Silao
3	Guanajuato
14	
15	Temascatío
13	
17	
12	

Fuente: Elaboración propia.

En el Mapa 32, se observa la ubicación de los puntos de muestreo de agua y en el Mapa 33, los puntos de muestreo de los canales agrícolas.



Mapa 32. Puntos de muestreo de agua.



Mapa 33. Ubicación de los puntos de muestreo en canales agrícolas.

VII.3.1.5 Análisis de la calidad del agua en cuerpos lóticos

En el municipio de Irapuato, Guanajuato, CONAGUA tiene registro de 10 puntos de monitoreo de los cuáles seis están el subtipo de "Río" y cuatro como "Descargas", se pueden visualizar en Figura 11. Para la consulta del nombre de los puntos de monitoreo y coordenadas ver Tabla 109.

Tabla 109. Claves de puntos de monitoreo de calidad el agua superficial en Irapuato, Gto.

Clave CONAGUA	Sitio
DLGUA1025M1	ARROYO SANTA RITA 2
DLGUA1026M1	ARROYO SANTA RITA (COLONIA VILLAS DE SAN CAYETANO)
DLGUA1136	AGUAS ARRIBADE CONFL.CON EL RIO LERMA
DLGUA1137	IRAPUATO (A) AGUAS ARRIBA
DLGUA1138	RIO GUANAJUATO
DLGUA1143M1	ARROYO SANTA RITA 1

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de calidad de agua del SINA 3.0, en cuerpos lóticos, y de manera anual, presentan poca información, como se aprecia en la Tabla 110. Por tanto, se procede a analizar las bases de datos agregados por periodos, 2012-2019 y 2012-2023.

Tabla 110. Datos encontrados en bases de datos anuales.

Año	Datos encontrados
2020	Se presenta problema que impide descargar base de datos.
2021	Sin datos de Irapuato
2022	Datos de 1 punto de monitoreo
2023	Sin datos de monitoreo

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de los monitoreos presentan en su mayoría valores similares del 2019 al 2023, excepto en los puntos de monitoreo que se muestrearon en el 2020. También se observa que el año 2020, fue un año atípico por la pandemia COVID-19.

Estos puntos de monitoreo reflejan una disminución considerable en las concentraciones por ejemplo en el punto de monitoreo con clave DLGUA1136, los valores del 2020 en el parámetro de DQO, DBO y SDT, tuvieron una reducción del 60 al 90% de la concentración respecto al 2019.

Tabla 111. Escala de clasificación de la Calidad del agua

Clave	Año	DBO	DQO	SDT	CF	OD%
DLGUA1025M1	2018	25	69	30	24000	34.5
	2019	36.5	72.5	34	24000	33
	2021	36.5	72.5	34	24000	33
	2022	36.5	72.5	34	24000	33
	2023	36.5	72.5	34	24000	33
DLGUA1026M1	2018	11.5	47.5	65	24000	38.05
	2019	11.5	47.5	65	24000	38.05
	2021	11.5	47.5	65	24000	38.05
	2022	11.5	47.5	65	24000	38.05
	2023	11.5	47.5	65	24000	38.05
DLGUA1136	2017	45.34	223.25	40	24196	10
	2018	64.51	243.875	40	238930	5
	2019	69.67	243.875	40.625	238930	5
	2020	1	28.98	33.6	2755	43.6
	2021	64.51	237.8	40	235900	5
	2022	64.51	237.8	40	235900	0
	2023	64.51	237.8	40	235900	0
DLGUA1137	2017	121.68	267.8	71.75	24196	10
	2018	119.37	213.48	64.25	24196	10.65
	2019	83.15	202	62.5	24196	11.3
	2020	6.02	43.58	168.5	224700	88.1
	2021	74.32	179.41	64.25	24196	11.65
	2022	74.32	179.41	64.25	24196	11.65
	2023	74.32	179.41	64.25	24196	11.65
DLGUA1143M1	2018	9.5	54.5	83.5	24000	56.6
	2019	9.5	54.5	83.5	24000	56.6
	2021	9.5	54.5	83.5	24000	56.6
	2022	9.5	54.5	83.5	24000	56.6
	2023	9.5	54.5	83.5	24000	56.6

Fuente: Elaboración propia.

De los seis puntos de monitoreo de la calidad de agua superficial en el municipio de Irapuato, en el periodo 2018 al 2023 se han mantenido en el semáforo en color rojo.

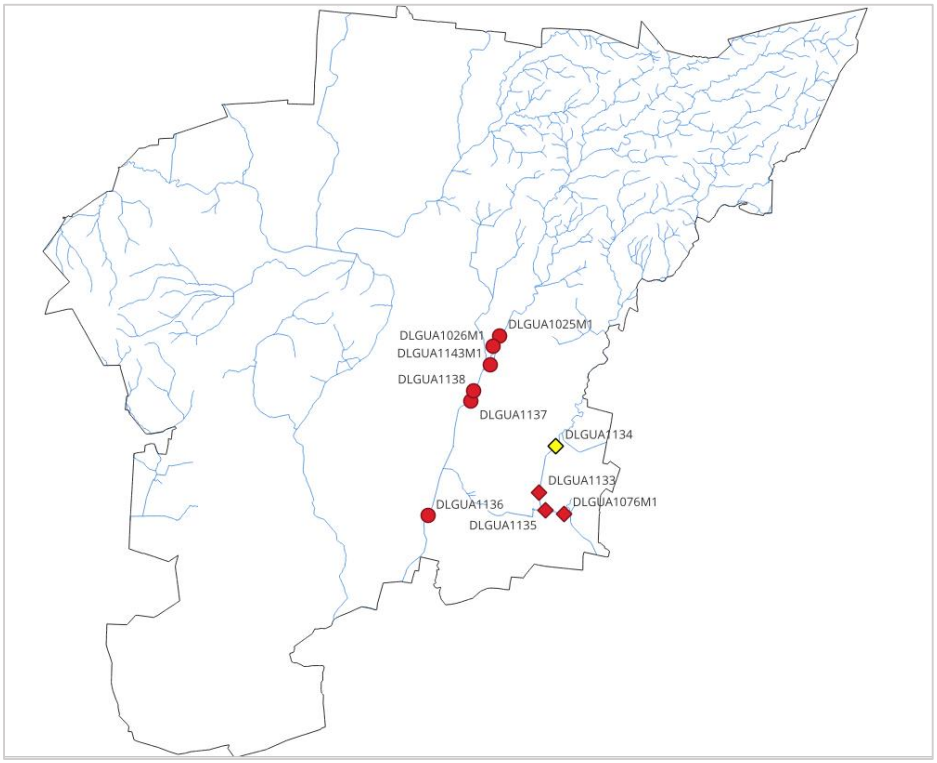


Figura 11. Puntos de monitoreo de calidad del agua superficial en Irapuato.
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2024)

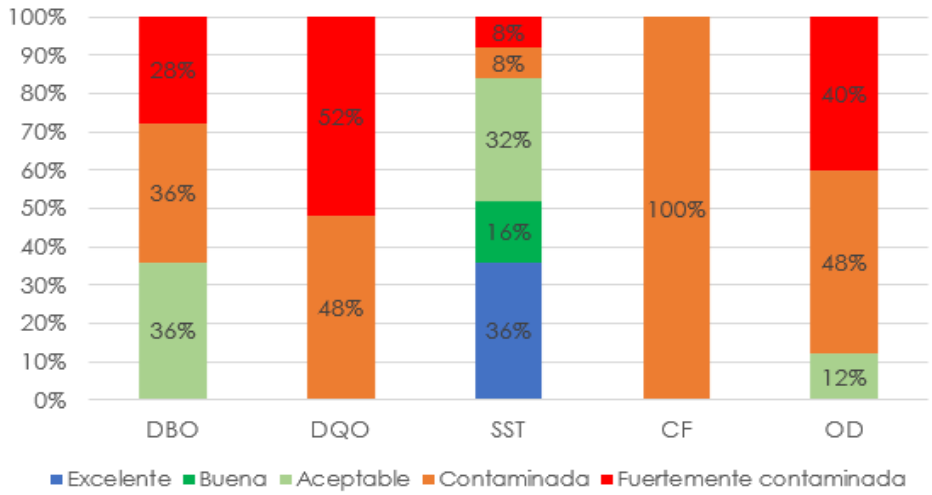
En la Tabla 112, se muestra el concentrado de resultados con su escala de clasificación y semáforo de la calidad del agua.

Tabla 112. Escala de clasificación y semáforo de la calidad el agua superficial.

Clave	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
DLGUA1025M1	SD	No cumple	No cumple	SD	No cumple	No cumple	No cumple
DLGUA1026M1	SD	No cumple	No cumple	SD	No cumple	No cumple	No cumple
DLGUA1136	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
DLGUA1137	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
DLGUA1138	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
DLGUA1143M1	SD	No cumple	No cumple	SD	No cumple	No cumple	No cumple

Fuente: (CONAGUA, 2024)
SD: Sin dato

En cuanto a resultados obtenidos a partir de caracterización en el laboratorio, los informes de laboratorio se encuentran en el **Anexo 4**. Los sitios de muestreo se clasificaron en los niveles de excelente, buena, aceptable, contaminada y fuertemente contaminada dependiendo de su concentración (ver Gráfica 22).



Gráfica 22. Clasificación y porcentaje de los puntos de muestreo dependiendo su valor de concentración.
Fuente: Elaboración propia.

Se destaca que hay una elevada contaminación por materia inorgánica, de forma que los puntos fueron altamente contaminados (52%) o contaminados (48%) por DQO. Con respecto a la DBO, el 28 % de los puntos se encuentran altamente contaminados, el 36 % Contaminados y el restante (36 %) fue Aceptable.

En relación con los SST la mayoría de los puntos se encuentran como Excelente calidad, seguido de Aceptable con el 32 %, Buena calidad con el 16 % y Contaminado y Fuertemente Contaminado con el 8 % cada uno respectivamente.

En los coliformes, todos los puntos de muestreo se encontraron contaminados debido a que presentaron una concentración mayor a 2400 NMP/100 mL. Finalmente, con respecto al OD la mayoría de los puntos presentaron nivel Contaminado (48 %), seguido de Altamente Contaminado (40 %) y finalmente Aceptable calidad (12 %).

VII.3.1.5.1Isoconcentraciones de DBO

La isoconcentración de DBO, permite visualizar la presencia de un río con alta contaminación, como es el caso del Río Temascatío, que pasa por un parque industrial muy importante de la ciudad, mientras que en Río Silao se aprecia que la contaminación va disminuyendo aguas abajo. El Río Guanajuato tiene una calidad relativamente buena, a excepción de un punto al norte en zona rural, ver Mapa 34.

VII.3.1.5.2 Isoconcentraciones de OD

Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto se observan en todos los ríos (Mapa 35). Esto puede deberse a la presencia de materia orgánica e inorgánica en exceso que consume el oxígeno para su descomposición.

VII.3.1.5.3 Isoconcentraciones de DQO

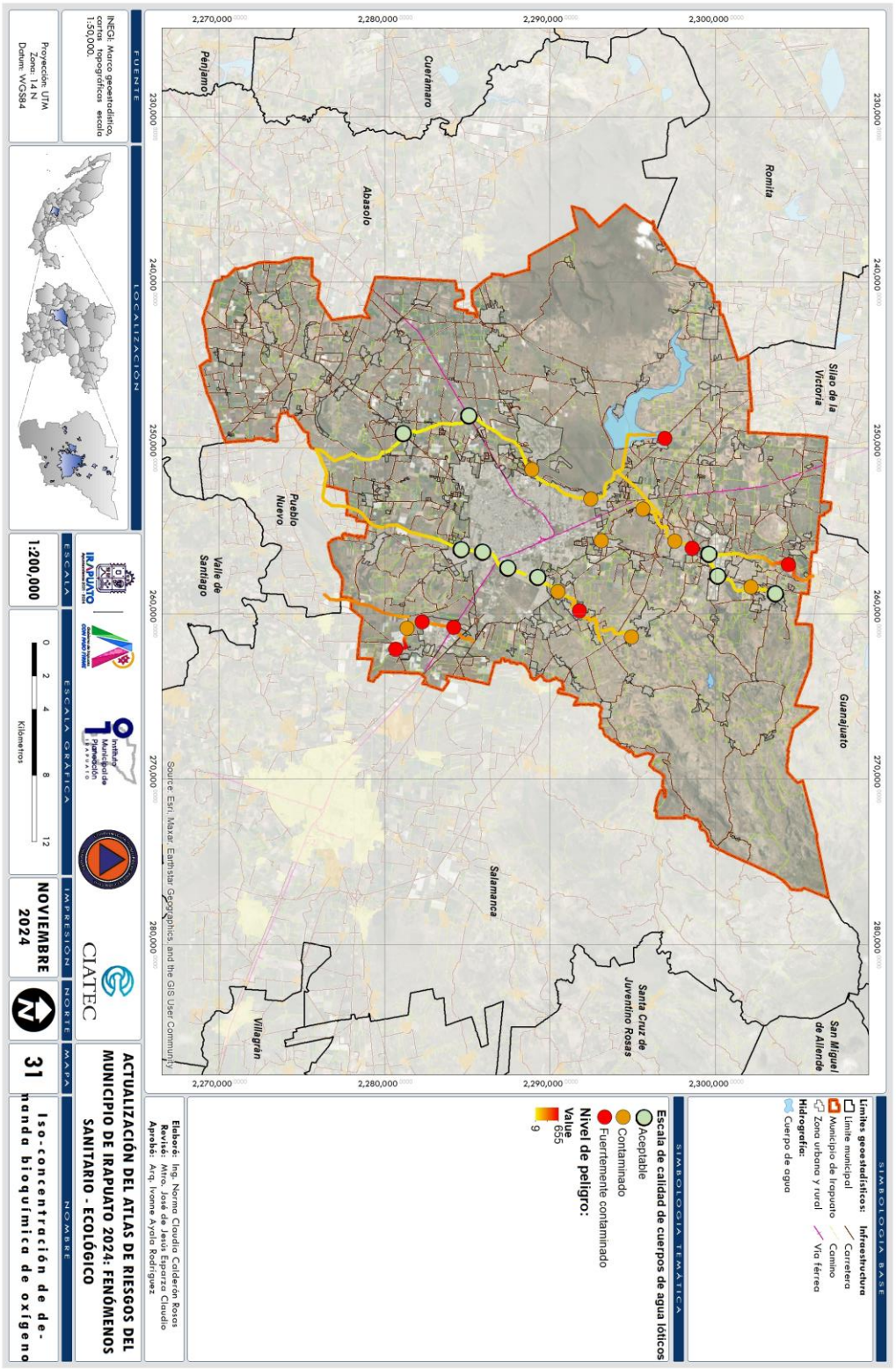
Las concentraciones de la DQO, en todos los cuerpos de agua muestran una contaminación alta respecto a lo que marca la norma. El Río Temascatío presenta una fuerte contaminación generalizada, mientras que los ríos Silao y Guanajuato muestran una tendencia a mayores concentraciones aguas arriba e ir disminuyendo aguas abajo. Estos resultados pueden deberse a la presencia de materia inorgánica (Mapa 36).

VII.3.1.5.4 Isoconcentraciones de SST

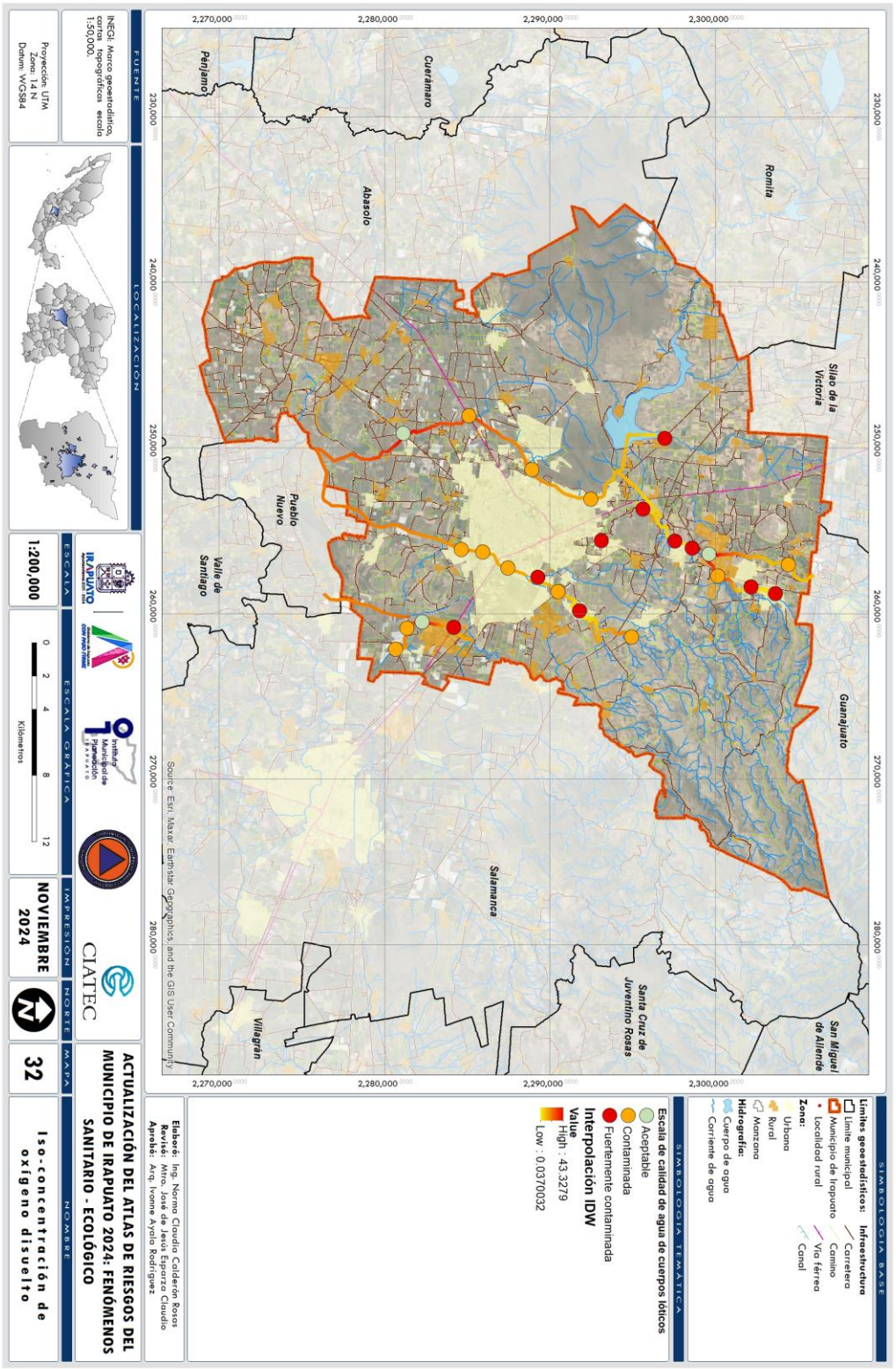
La calidad del agua en los cuerpos lóticos en relación a la presencia de SST, indica que es aceptable; se identifican dos sitios contaminados (Mapa 37).

VII.3.1.5.5 Isoconcentraciones de Coliformes Fecales

La contaminación por los coliformes presentes está distribuida en todos los cuerpos de agua, indicando posibles afectaciones por descargas domésticas o materia fecal (Mapa 38).

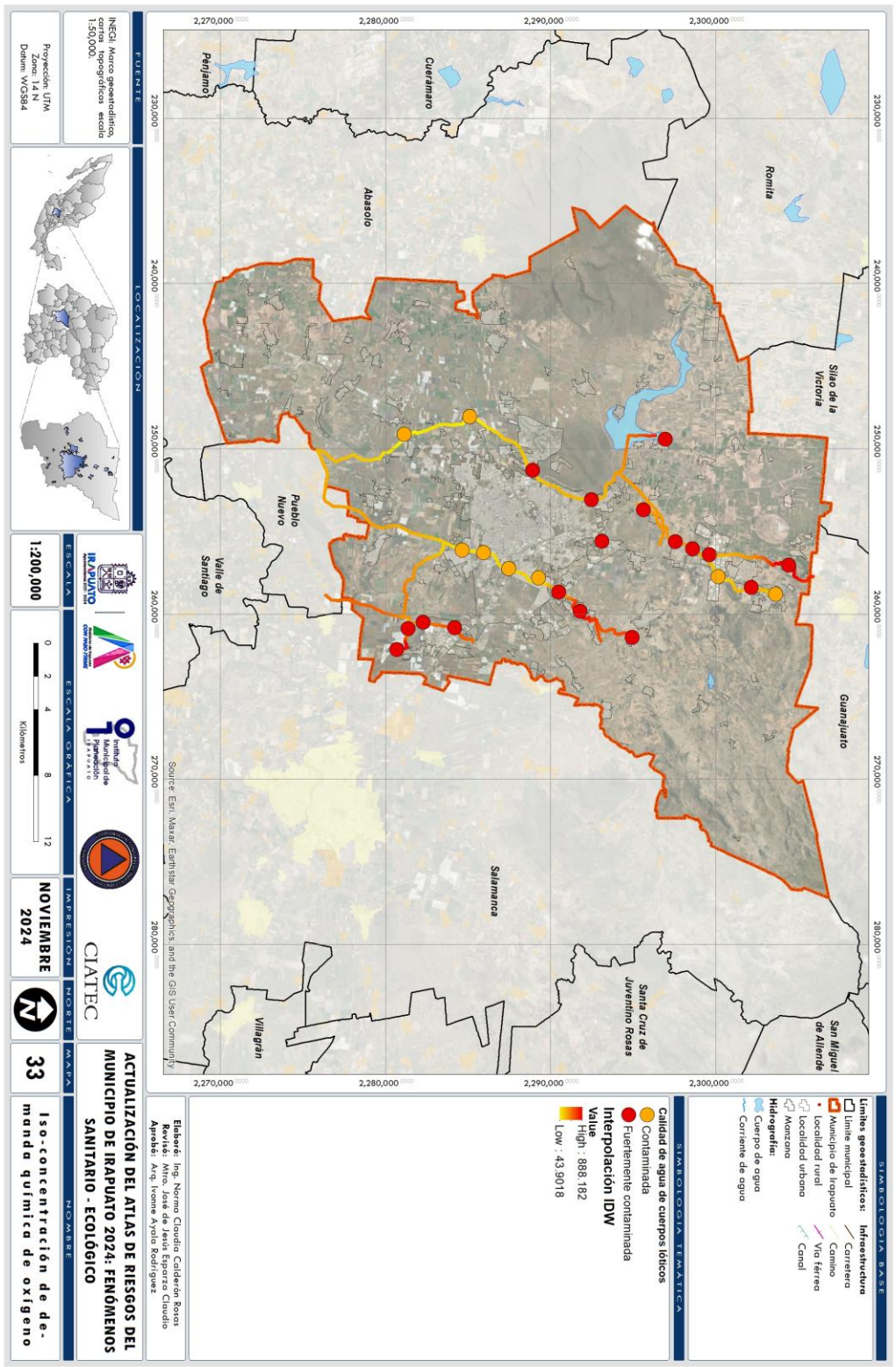


Mapa 34. Isoconcentraciones de DBO.

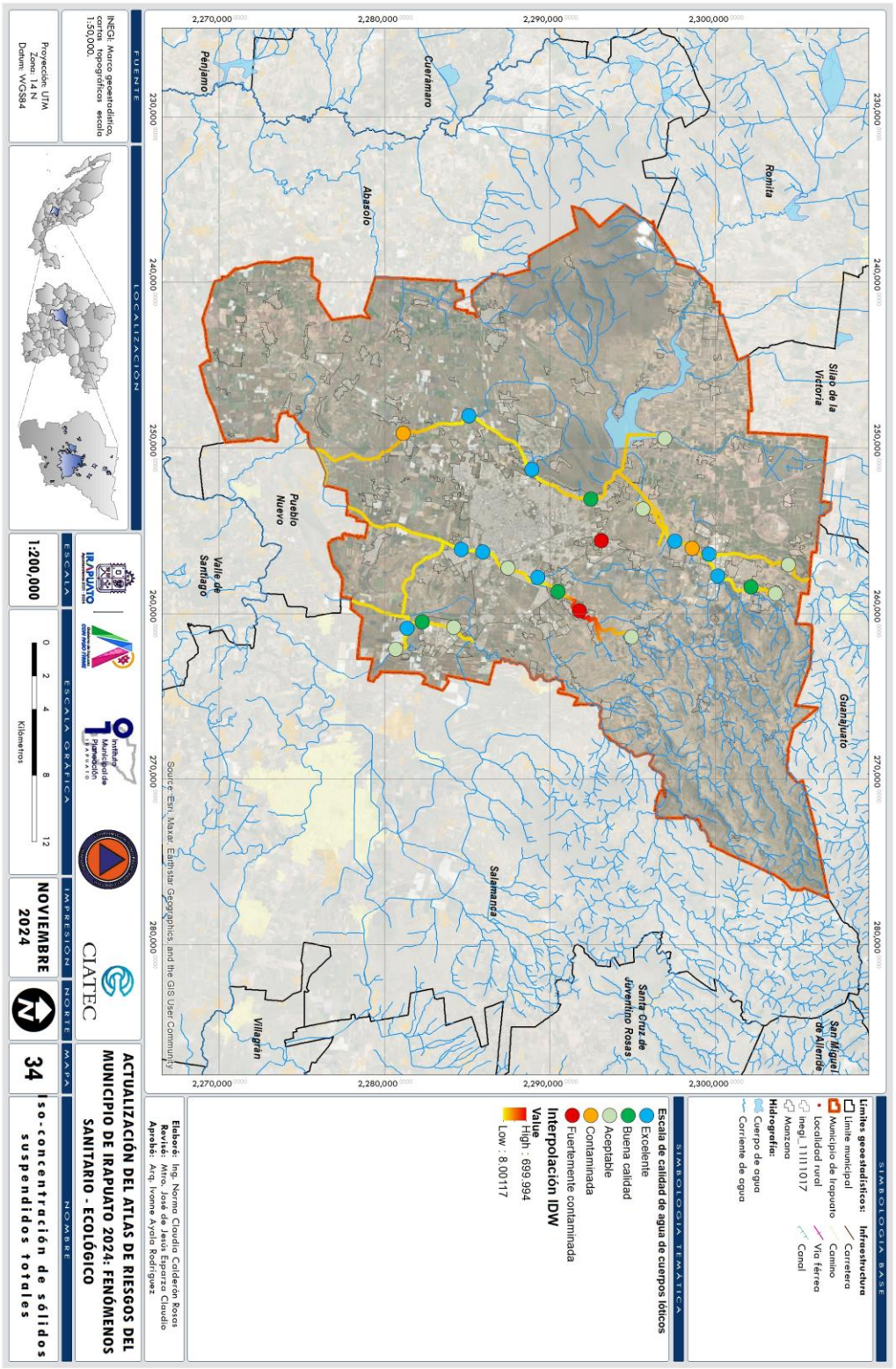


Mapa 35. Isoconcentraciones de oxígeno disuelto.

[1236]

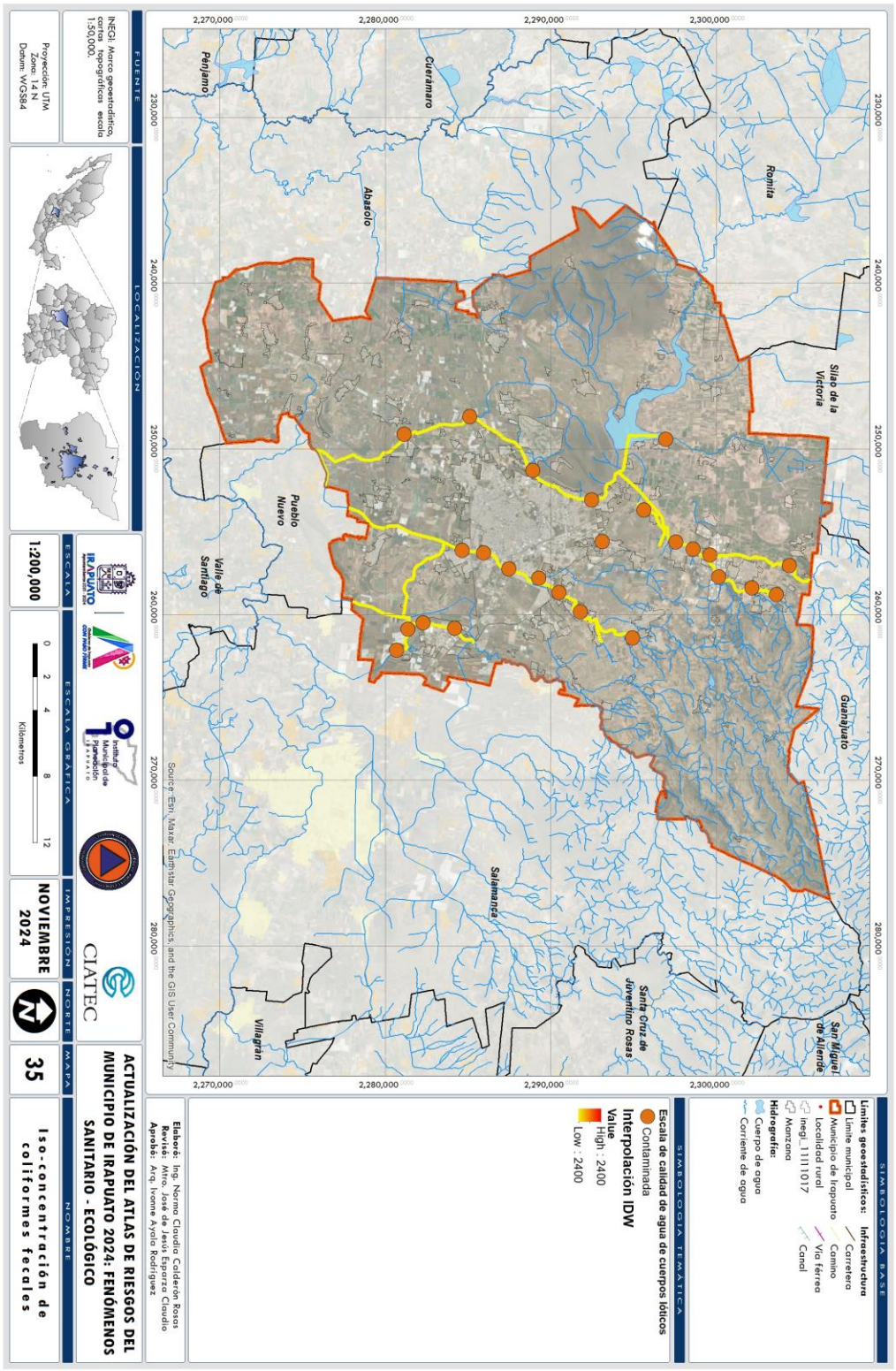


Mapa 36. Isoconcentraciones de DQO.



Mapa 37. Isoconcentraciones de SST.

[1238]



Mapa 38. Isoconcentraciones de coliformes fecales.

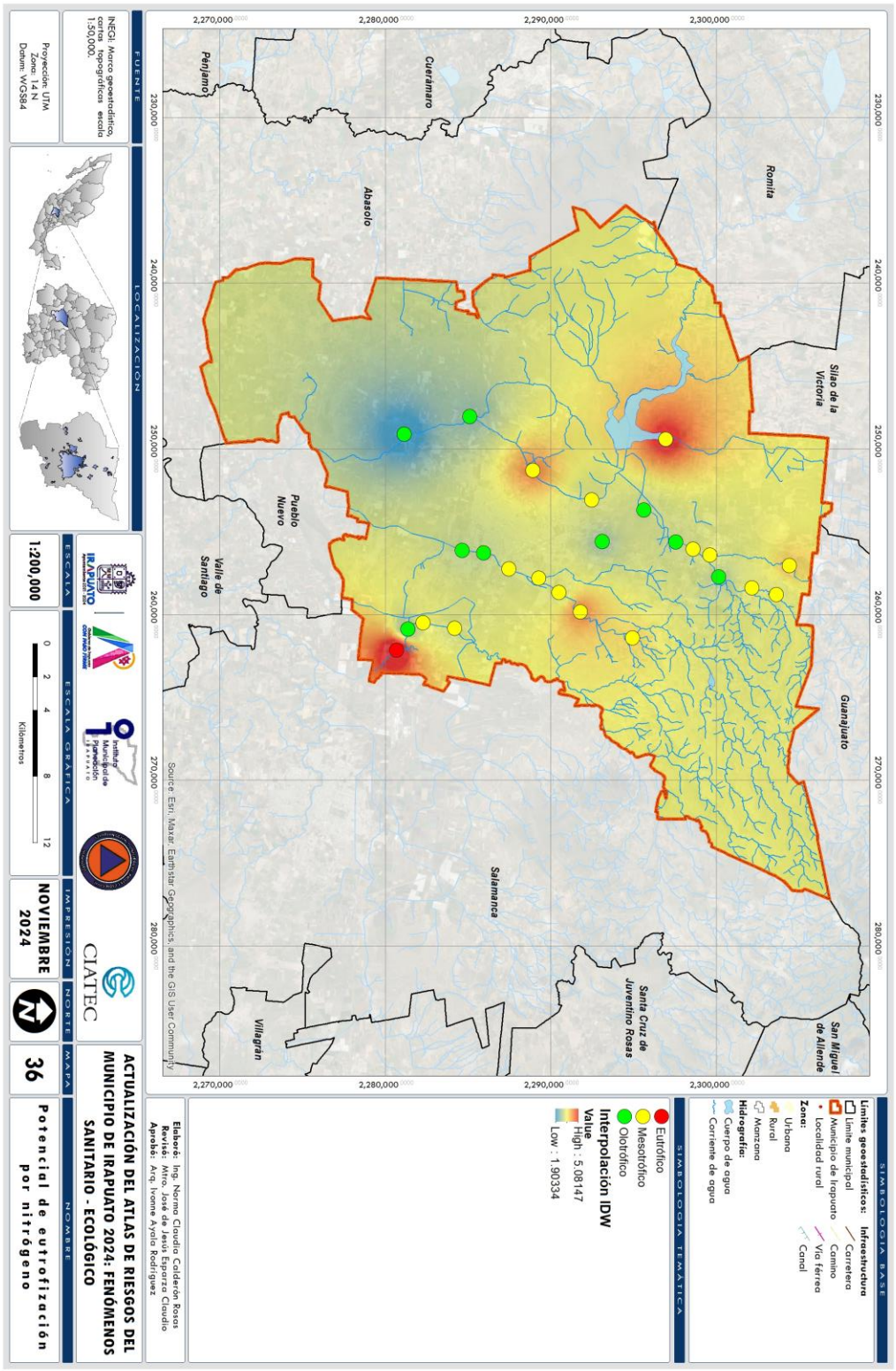
VII.3.1.6 Evaluación del grado de eutrofización

Los resultados de análisis de grado eutrofización en los ríos se encuentran en la Tabla 113 y se representan de manera espacial en el Mapa 39. De los puntos evaluados, el 36 % se puede clasificar como oligotrófico, el 60 % como mesotrófico y solamente el 4 %, como eutrofizado. El último corresponde a una muestra tomada en el Río Temascatío, aguas abajo de la Ciudad Industrial. Consistemente, en este punto también se detectaron elevadas concentraciones de materia orgánica (DQO y DBO), lo cual confirma que existe una aportación de residuos orgánicos y nutrientes sobre el río y la contaminación por nutrientes.

Tabla 113. Clasificación del punto de muestreo de acuerdo a su nivel de eutrofización.

Id	Cuerpo de agua	Clasificación
1	Guanajuato	Mesotrófico
2	Guanajuato	
3	Guanajuato	
4	Guanajuato	Oligotrófico
3D	Guanajuato	
5	Guanajuato	
6	Guanajuato	Mesotrófico
7	Guanajuato	
8	Guanajuato	Oligotrófico
9	Guanajuato	
15	Zarco	Mesotrófico
16	Zarco	
17	Zarco	Oligotrófico
23	Santa Rita	Mesotrófico
24	Santa Rita	
25	Santa Rita	
10	Silao	
11	Silao	
12	Silao	
13	Silao	Oligotrófico
14	Silao	
18	Temascatio	Mesotrófico
19	Temascatio	
20	Temascatio	Oligotrófico
22	Temascatio	Eutrófico

Fuente: Elaboracion propia.



Mapa 39. Ubicación de los puntos de muestreo y clasificación por su potencial de eutrofización por nutriente.

VII.3.1.7 Evaluación de descargas industriales

Se presenta la información referente a la calidad del agua de las cuatro descargas reportadas por CONAGUA.

Tabla 114. Escala de clasificación de la Calidad del agua para las descargas monitoreadas por CONAGUA

clave	Año	DBO	DQO	CF	SDT	OD%
DLGUA1076M1	2017	330.87	625.94	111413	120	10
	2018	294	625.94	198630	120	5
	2019	210.97	600.78	220295	116.665	5
	2020	48	149.58	24196	31.2	29.1
	2021	206.94	577.77	198630	113.33	5
	2022	206.94	577.77	198630	113.33	0
	2023	206.94	577.77	198630	113.33	0
DLGUA1133	2017	408.71	1128.24	193500	133.33	10
	2018	300.88	826.842	101900	107.27	15.45
	2019	186.36	802.86	118650	106.97	17.8
	2020	15.2	46.83	24196	38.5	76.6
	2021	153.9	531.13	101900	106.67	19.05
	2022	153.9	531.13	101900	106.67	19.05
	2023	153.9	531.13	101900	106.67	19.05
DLGUA1134	2017	5.3	30.9	15531	30.5	67.1
	2018	5.49	30.9	15531	30	67
	2019	5.49	30.9	15531	30	67
	2021	5.49	30.9	15531	30	67
	2022	5.49	30.9	15531	30	67
	2023	5.49	30.9	15531	30	67
DLGUA1135	2017	234.92	554.76	68755	110	10
	2018	179.69	469.26	38730	90	12.3
	2019	158.94	463.32	31463	87	12.6
	2020	98.25	218	24196	28.4	26.1
	2021	154.92	369.7	24196	84	13.65
	2022	154.92	369.7	24196	84	13.65
	2023	154.92	369.7	24196	84	13.65

Fuente: (CONAGUA, 2024)

Tabla 115. Clasificación de semáforo para las descargas monitoreadas por CONAGUA

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
DLGUA1076M1	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
DLGUA1133	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo
DLGUA1134	Amarillo	Amarillo	Amarillo		Amarillo	Amarillo	Amarillo
DLGUA1135	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo	Rojo

Fuente: (CONAGUA, 2024)

S.D. sin dato

Por otro lado, los resultados del monitoreo propio, incluyó dos descargas (ID 21 y 2D). Los resultados se compararon con los límites máximos permisibles de la NOM-001-SEMARNAT-201 (Tabla 116).

Tabla 116. Comparación de la calidad de agua de descargas contra la NOM-001-SEMARNAT-001-2021

Parámetro	21	2D	Límite Máximo Permisible
Temperatura	20.9	33.8	35
DQO	2437	49	210
SST	195	26	84
pH	7.46	7.85	6 – 9
Fósforo total	34.25	9.41	21
Cuerpo de agua	R. Temascatío	R. Silao	-
Tipo de descarga	PTAR	Industrial	-

Fuente: Elaboración propia.

En cuando a los parámetros DQO, SST y fósforo, la descarga 21 se encuentra en incumplimiento mientras que la 2D si cumple con los requerimientos. Por lo tanto, la descarga 21 representa un riesgo por contaminación al cuerpo de agua (Río Temascatío). Esta descarga podría ser de origen industrial debido a su proximidad con el parque industrial de Irapuato (Mapa 28) e impactaría al punto de muestreo 22, el cual presenta uno de los mayores peligros e índices de eutrofización evaluados.

VII.3.1.8 Evaluación de drenes agrícolas

Finalmente, los puntos de muestreo identificados como drenes agrícolas se pueden considerar como no aptos para riego debido a su alta conductividad y presencia de coliformes fecales, ver Tabla 117.

Tabla 117. Resultados y comparativa de la calidad del agua en los drenes agrícolas para coliformes fecales.

ID	Río	CF NMP/100 ml	Clasificación por CF
1D	Silao	2400	No apto
4 D	Silao	2400	No apto

Fuente: Elaboración propia.

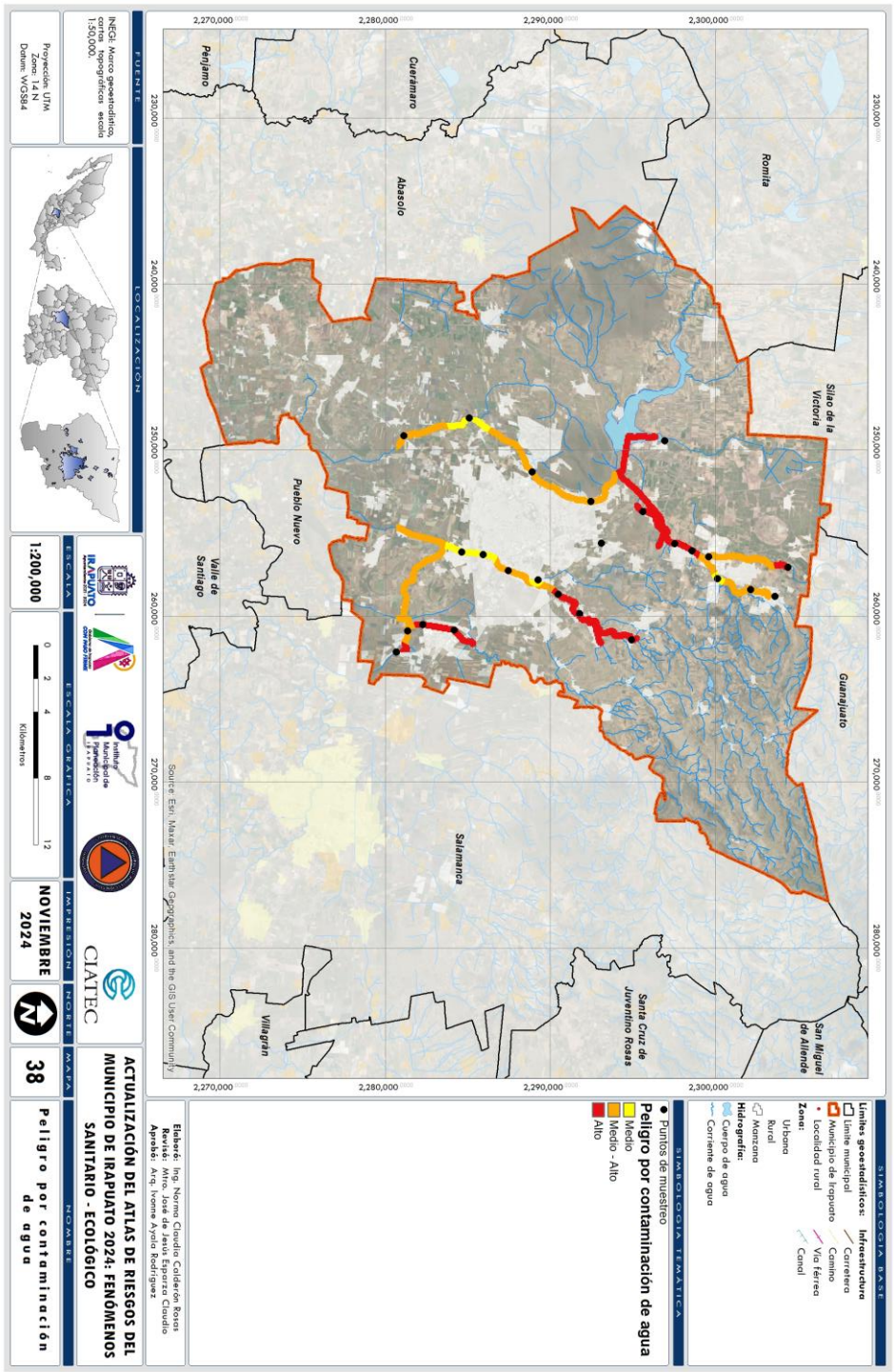
Tabla 118. Resultados y comparativa de la calidad del agua en los drenes agrícolas.

ID	Río	Conductividad (mS/cm)	Clasificación por CE
1D	Silao	0.831	Apta, peligro de salinización moderado.
4 D		1303	Apta con precauciones, peligro de salinización medio.
6		0.693	Apta, peligro de salinización moderado.
3	Guanajuato	1.387	Apta con precauciones, peligro de salinización medio.
14		0.323	Apta, peligro de salinización moderado.
15	Temascatío	0.321	Apta, peligro de salinización moderado.
13		0.329	Apta, peligro de salinización moderado.
17		0.381	Apta, peligro de salinización moderado.
12		0.371	Apta, peligro de salinización moderado.

Fuente: Elaboración propia.

VII.3.2 Peligro

Los resultados de los valores del peligro de las aguas superficiales, se encuentran en el siguiente mapa. La mayoría de los puntos de muestreo se pueden clasificar como peligro nivel medio (53 %), y el restante como alto (48 %).



Mapa 40, Peligro por contaminación de agua.

VII.3.3 Vulnerabilidad

La vulnerabilidad de los sistemas expuestos resalta varios elementos, como las personas susceptibles y las propiedades agrícolas y pecuarias (Anexo 23). Además, hay otras áreas importantes como los cultivos y las fuentes de agua.

Los pozos de uso y consumo humano en Irapuato suman 97, los cuales se distribuyen en todo el municipio (Mapa 41).

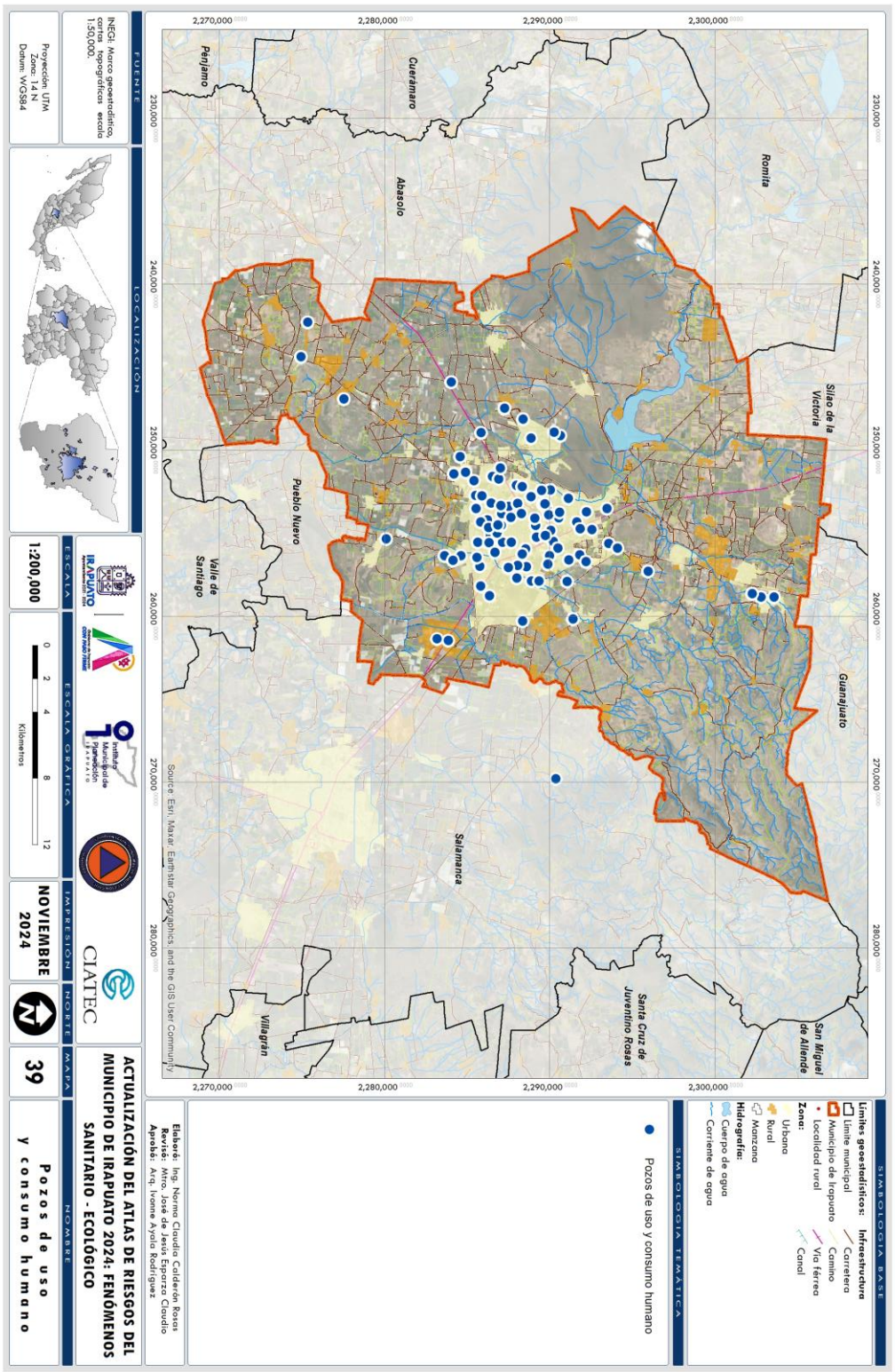
Figura 12. Ubicación de pozos monitoreados en SINA

Fuente: CONAGUA (SINA 3.0)

Tabla 119. Claves de puntos de monitoreo de calidad el agua superficial en Irapuato, Gto.

Clave CONAGUA	Subtipo	SEMAFORO	CONTAMINANTES
DLGUA5967	Pozo No.104 Campestre Las Flores, Irapuato, Gto.	No cumple	NO3
DLGUA5968	Pozo No. 46 Col. Bernardo Cobos, Irapuato, Gto.	No cumple	AS
DLGUA5969	Pozo No.87 Col. Bajada De San Martin, Irapuato, Gto.	No cumple	Ninguno
DLGUA1139	Guadalupe Paso Blanco	No cumple	FLUOR,AS

Fuente: CONAGUA (SINA 3.0)

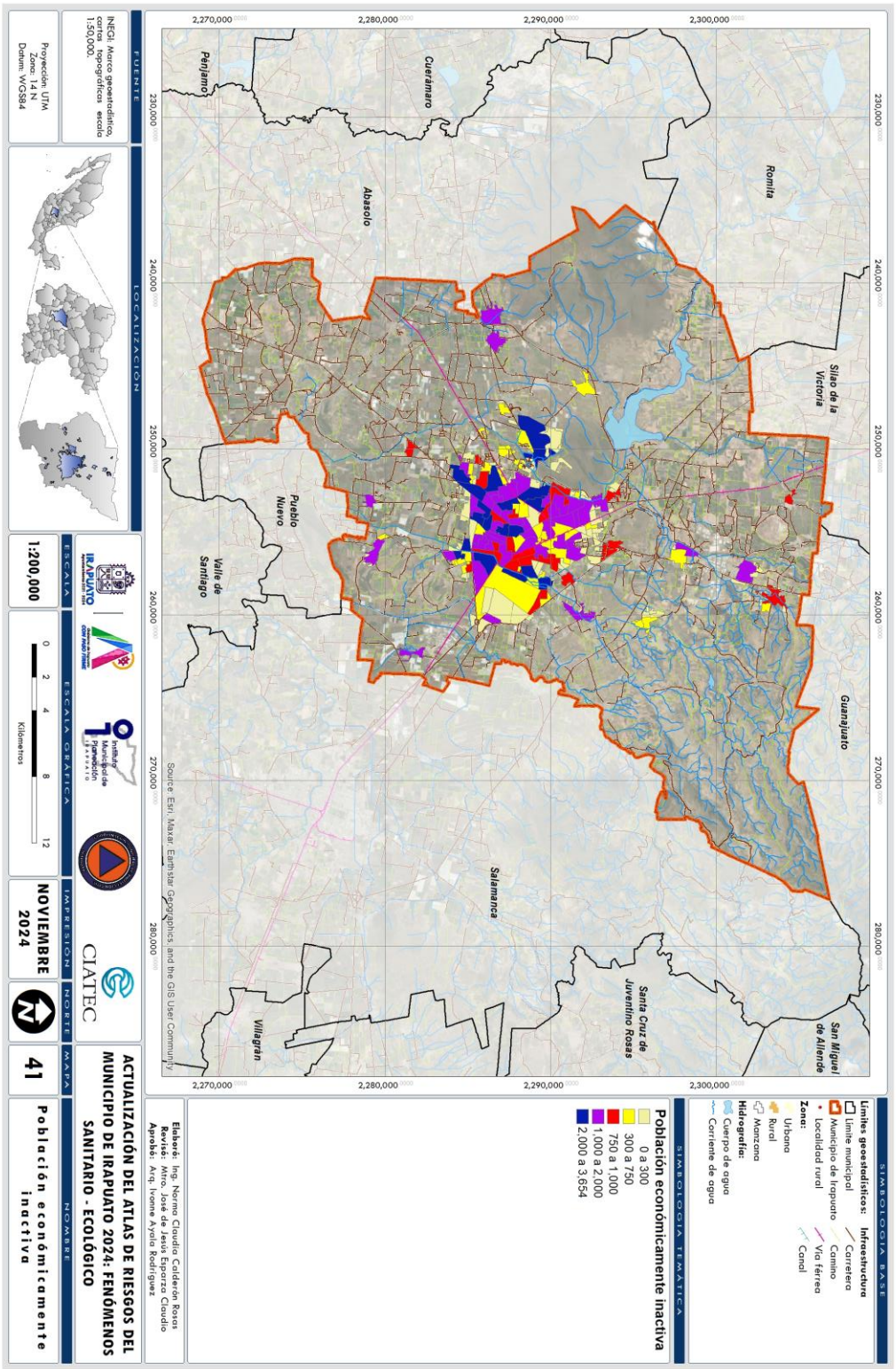


Mapa 41. Pozos de agua registrados por JAPAMI.

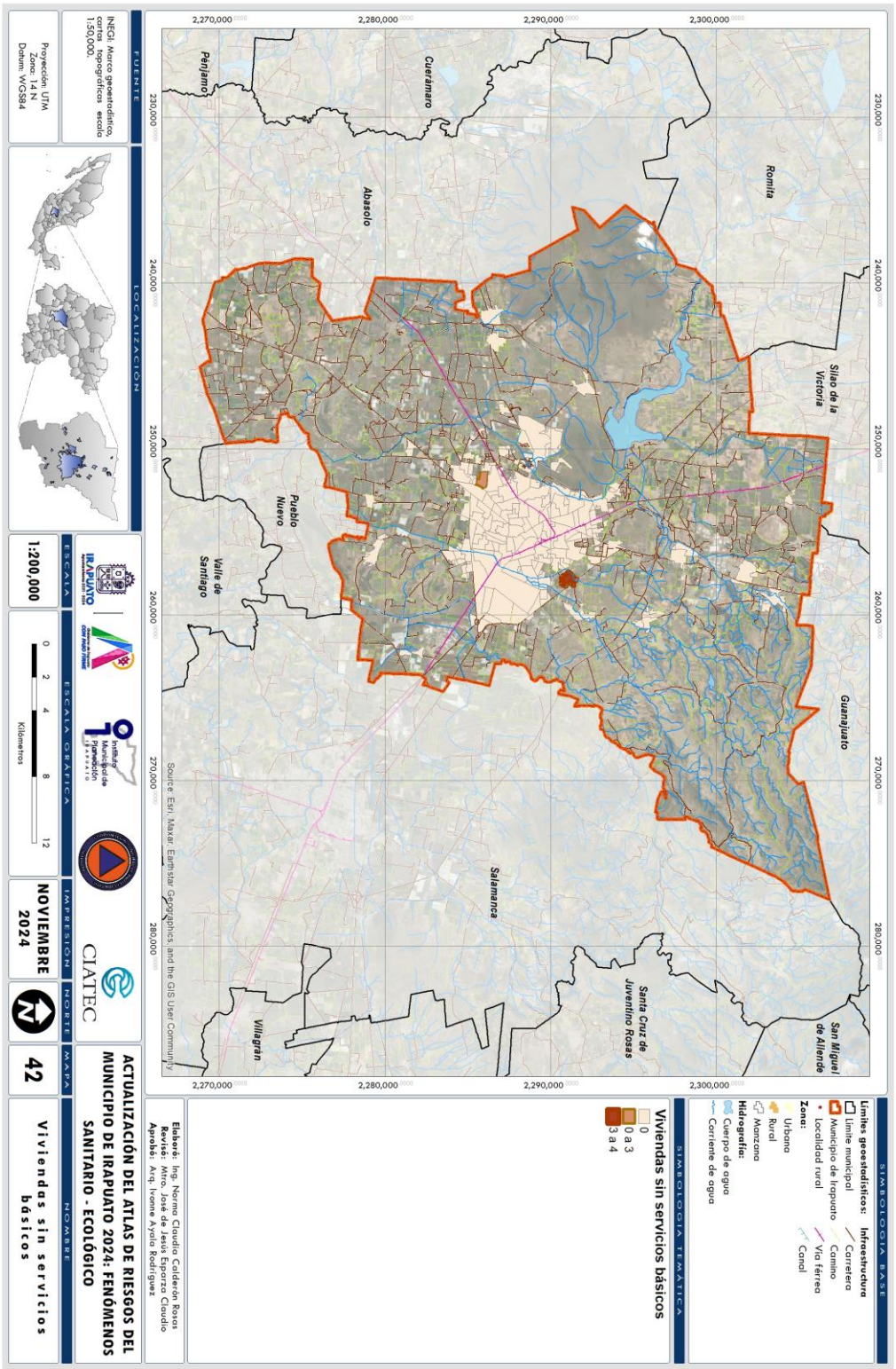
La mayoría de la población económicamente activa se encuentra localizada en la zona de Irapuato, y en algunas zonas de la periferia de la ciudad, que corresponden a los parque industriales (ver Mapa 40).

En Irapuato se puede considerar que casi toda la población tiene acceso a viviendas con servicios básicos como son: energía eléctrica, agua entubada y drenaje. Solo se pueden apreciar al noroeste una comunidad que no tiene acceso a mi 2 o 3 servicios básicos, mientras que a la salida hacia Abasolo, no tienen acceso a 1 servicio.

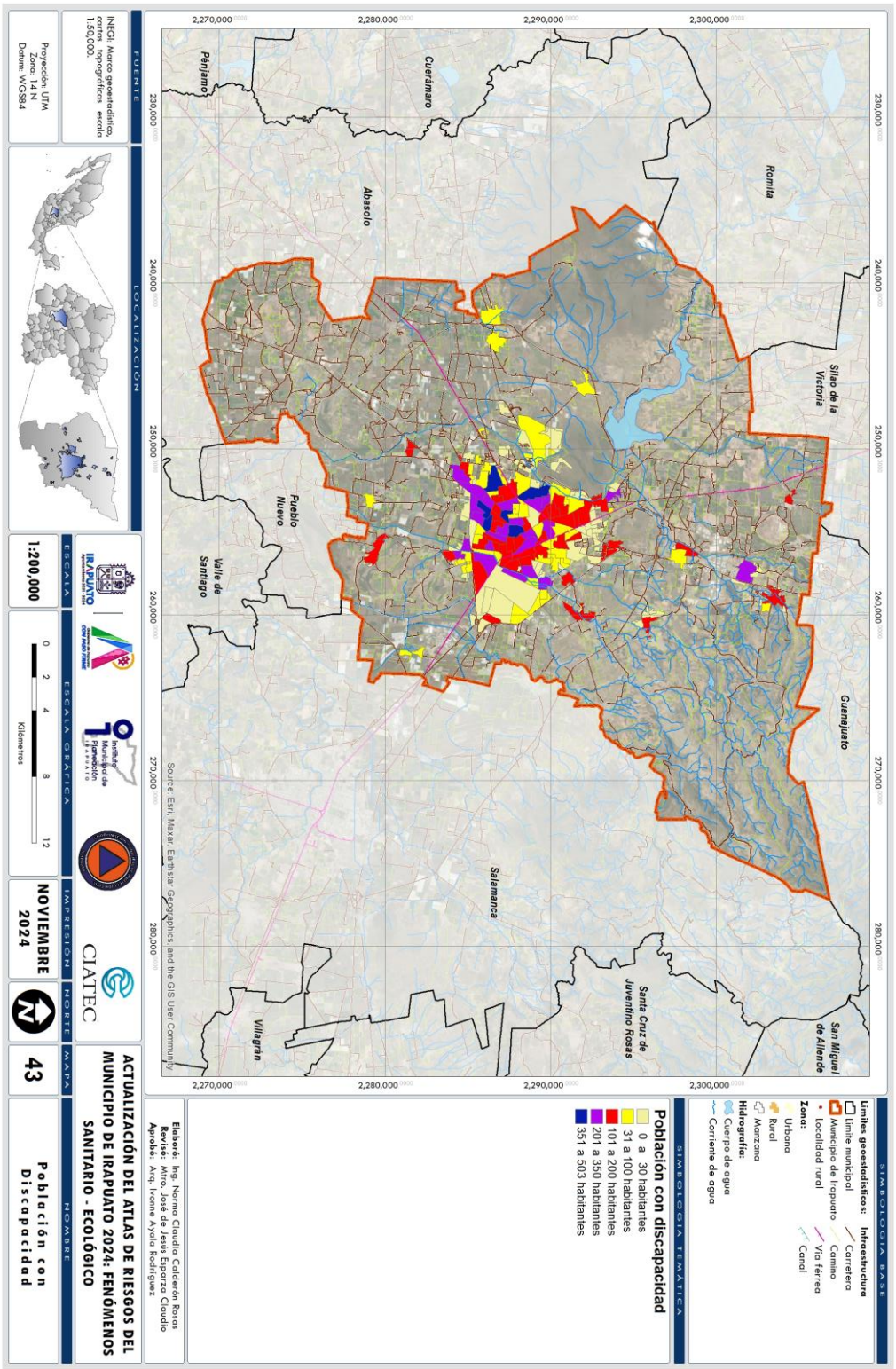
Las personas que tienen alguna discapacidad se consideran aquellas que realizan con mucha dificultad o no puede hacer al menos una de las siguientes actividades: ver, aun usando lentes, oír, aun usando aparato auditivo, caminar, subir o bajar; recordar o concentrarse; bañarse, vestirse o comer; hablar o comunicarse, según el INEGI. En el municipio de Irapuato el mayor porcentaje se localiza en la zona urbana central.



Mapa 42. Población económicamente inactiva



Mapa 43. Viviendas sin servicios básicos

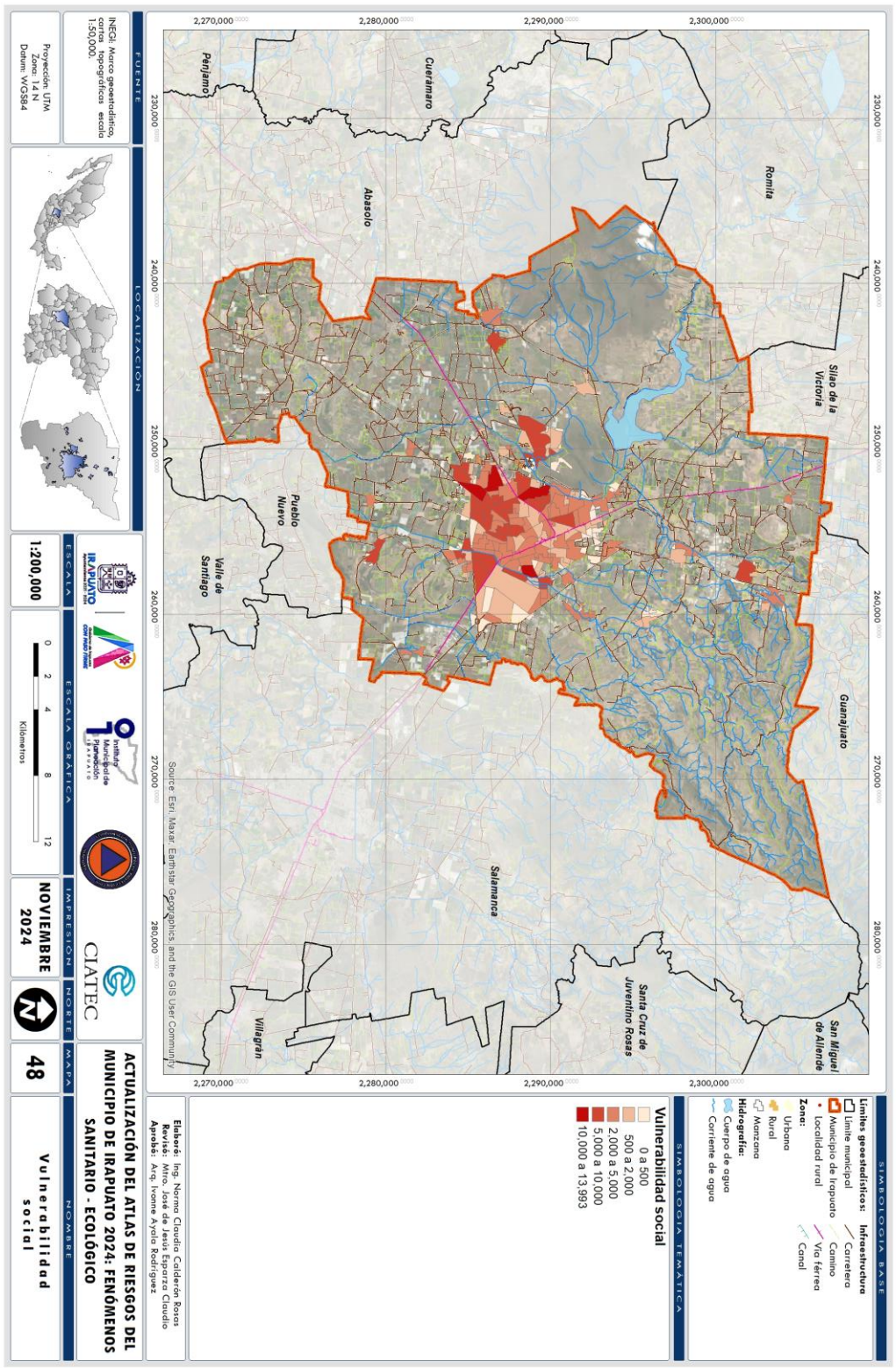


Mapa 44. Población con discapacidad.

VII.3.3.1 Vulnerabilidad social

Localidad		Vulnerabilidad Social					Total de AGEBs
No	Nombre de	Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	
1	Irapuato	58	45	51	24	4	182
61	La Caja		1				1
62	La Calera	5	1		1		7
68	El Carrizal Grande	8		1			9
69	El Carrizalito			1			1
81	Cuarta Brigada	2		1			3
82	Cuchicuato	1			1		2
95	Aldama	11	1	1			13
99	Lo de Juárez	4	1	1			6
137	San Antonio el Rico			1			1
138	San Antonio el Rico	3		1			4
161	San Roque	5	1		1		7
163	Santa Elena de la Cruz			1			1
177	Tomelopitos	2		1			3
181	Valencianita	8	2				10
		107	**52**	**60**	**27**	**4**	**250**

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 1. Vulnerabilidad social.

VII.3.3.2 Vulnerabilidad Familiar

La vulnerabilidad familiar Baja y Muy Baja corresponden a más del 40% de las AGEBS analizadas. En el nivel Muy Alto hay un 13.7%, indicando que los sistemas expuestos a la vulnerabilidad familiar tienen muy poca afectación por la contaminación del agua. La distribución de los AGEBs, se puede apreciar en la Tabla 120 y en el Mapa 2.

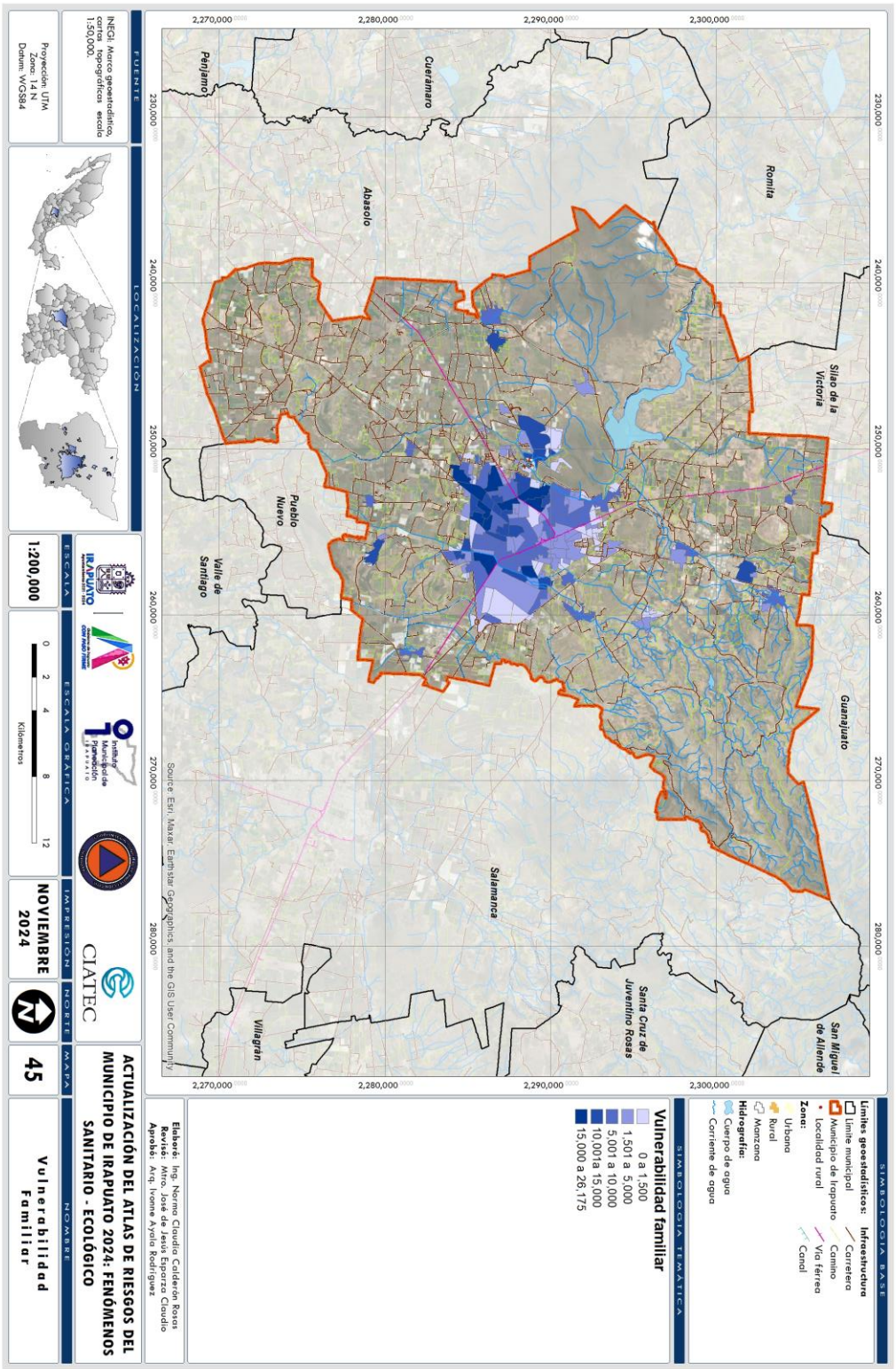
Tabla 120. Resultados de vulnerabilidad familiar.

Localidad que corresponde el AGEB		Vulnerabilidad Familiar					Total de AGEBs
No	**Nombre**	**Muy Baja**	**Baja**	**Media**	**Alta**	**Muy Alta**	
1	Irapuato	119	42	17	4		182
61	La Caja	1					1
62	La Calera	6	1				7
68	El Carrizal Grande	8	1				9
69	El Carrizalito					1	1
81	Cuarta Brigada	2	1				3
82	Cuchicuato	1	1				2
95	Aldama	12	1				13
99	Lo de Juárez	5	1				6
137	San Antonio el Rico		1				1
138	San Antonio el Rico	3	1				4
161	San Roque	6	1				7
163	Santa Elena de la Cruz	1					1
177	Tomelopitos	2	1				3
181	Valencianita	10					10
		176	**52**	**17**	**4**	**1**	**250**

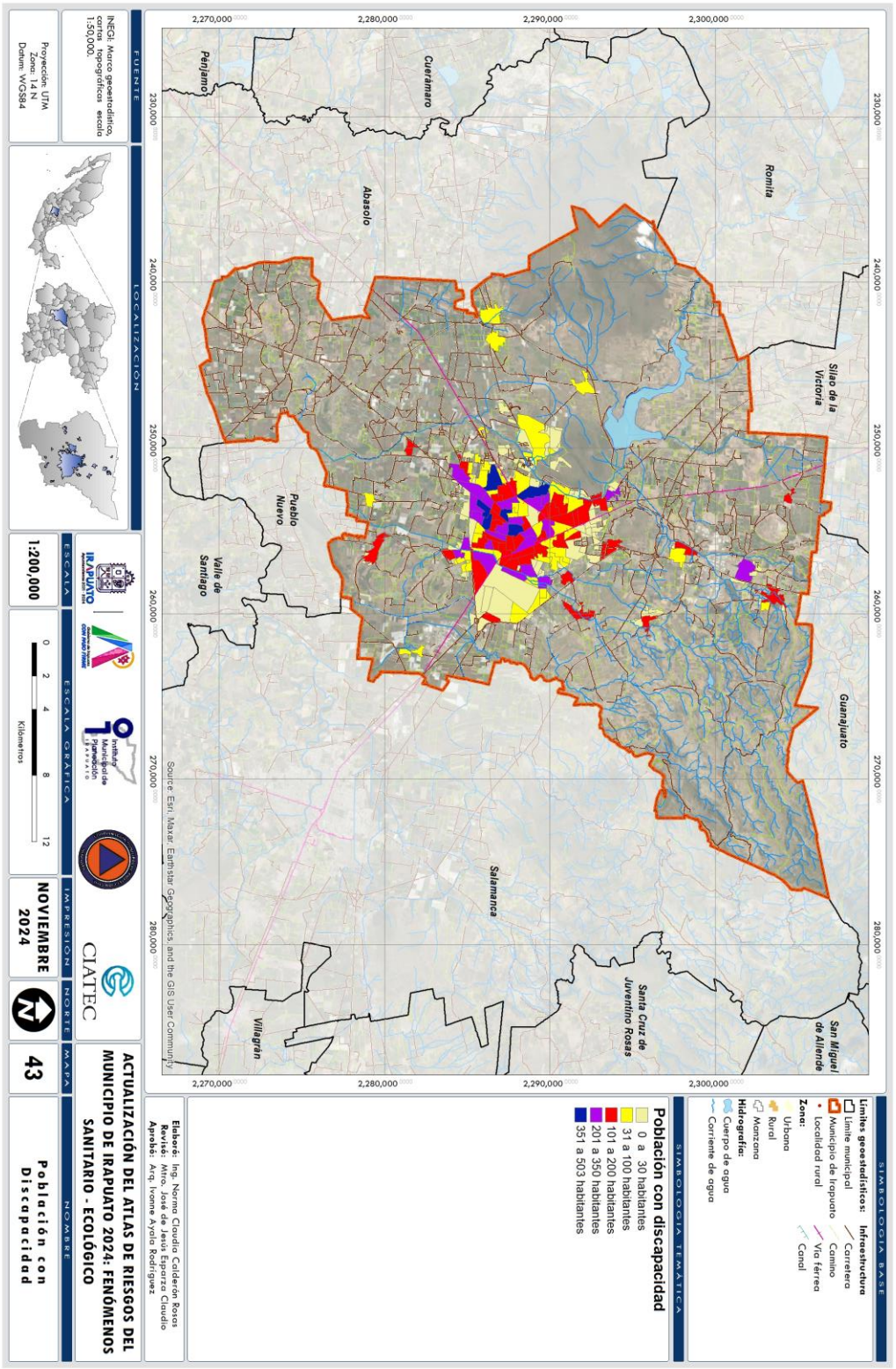
Fuente: Elaboración propia.

VII.3.3.3 Vulnerabilidad por discapacidad

En resultados de la vulnerabilidad por discapacidad, el 24.2% corresponde a una vulnerabilidad alta y muy alta, pero el 61.5 % hay muy baja y baja vulnerabilidad.



Mapa 2. Vulnerabilidad familiar.



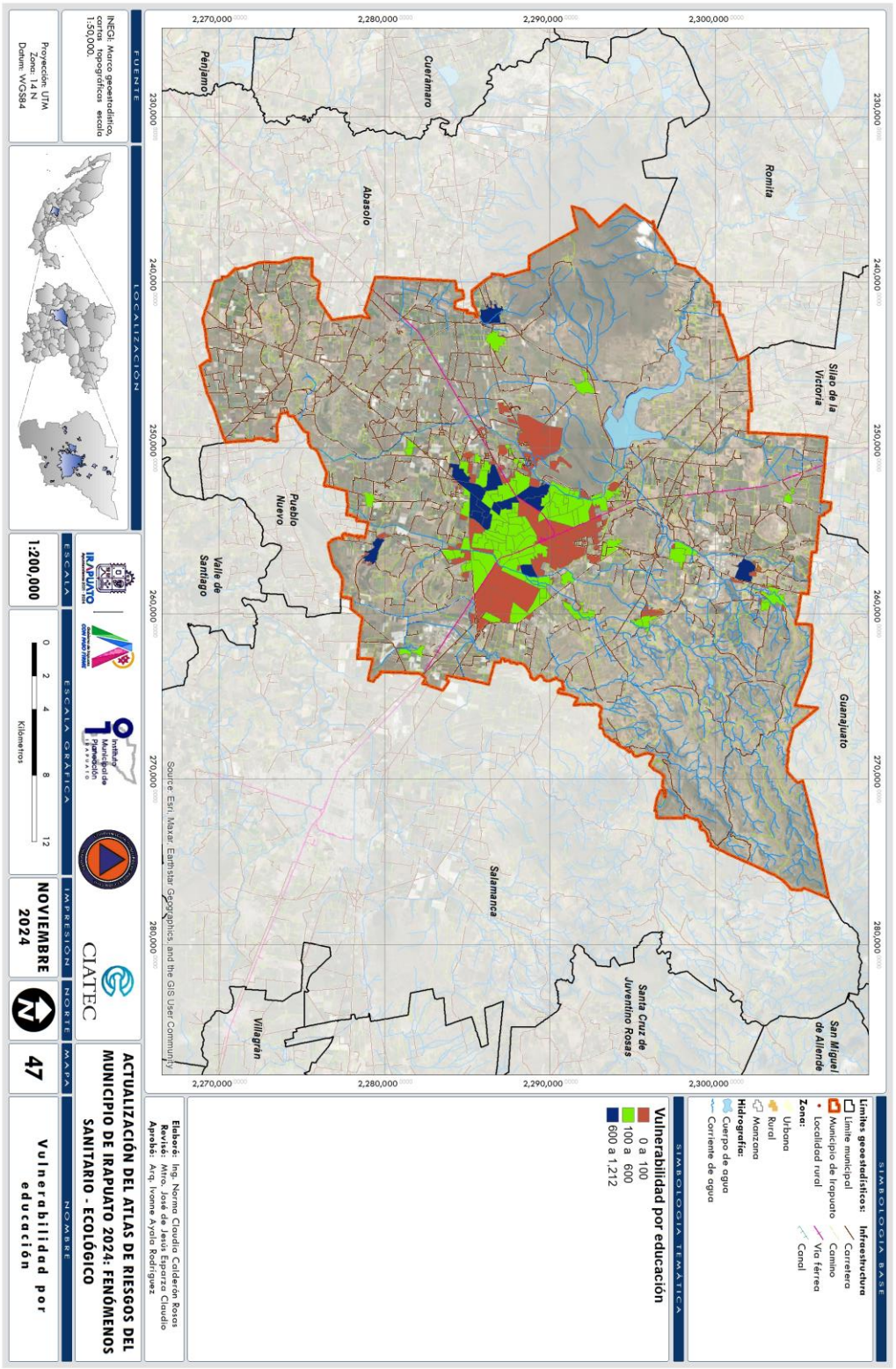
Mapa 3. Vulnerabilidad por discapacidad.

VII.3.3.4 Vulnerabilidad por educación

Tabla 121. Resultados de vulnerabilidad por educación.

Localidad		Vulnerabilidad por educación			Total de AGEBs
No	Nombre	Baja	Media	Alta	
1	Irapuato	103	67	12	182
61	La Caja		1		1
62	La Calera	6		1	7
68	El Carrizal Grande	8	1		9
69	El Carrizalito		1		1
81	Cuarta Brigada	2	1		3
82	Cuchicuato	1	1		2
95	Aldama	11	2		13
99	Lo de Juárez	4	2		6
137	San Antonio el Rico		1		1
138	San Antonio el Rico	3		1	4
161	San Roque	6		1	7
163	Santa Elena de la Cruz		1		1
177	Tomelopitos	2	1		3
181	Valencianita	8	2		10
	Total general	154	81	15	250

Fuente: Elaboración propia.



Mapa 4. Vulnerabilidad por educación.

[1258]

VII.4 Contaminación de suelo

VII.4.1 Inventario de pasivos ambientales

VII.4.1.1 Pasivos ambientales

A nivel Federal no se cuenta con registro de que en Irapuato exista un pasivo ambiental, esto derivado de la revisión bibliográfica realizada en el sitio web oficial de la ASEA, donde se reporta que en el estado de Guanajuato el único municipio con pasivos ambientales es León, (Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente, 2021).

VII.4.1.2 Jales Mineros

Los jales mineros son depósitos a cielo abierto de desperdicios de la industria minera, ya sean sólo tierra removida para obtener el mineral deseado o subproductos de la misma actividad, (Servicio Geologico Mexicano, 2019). Se categorizan en metálicos y no metálicos.

A nivel federal no se tiene registro de jales mineros metálicos en Irapuato, (SEMARNAT, 2024). Además, se realizó una búsqueda bibliográfica sobre esta actividad en los anuarios estadísticos de la Minería Mexicana, así como en los reportes de Panorama Minero del estado de Guanajuato, ambos elaborados por el Servicio Geológico Mexicano, sin encontrar registros a nivel estatal (Servicio Geologico Mexicano, 2018).

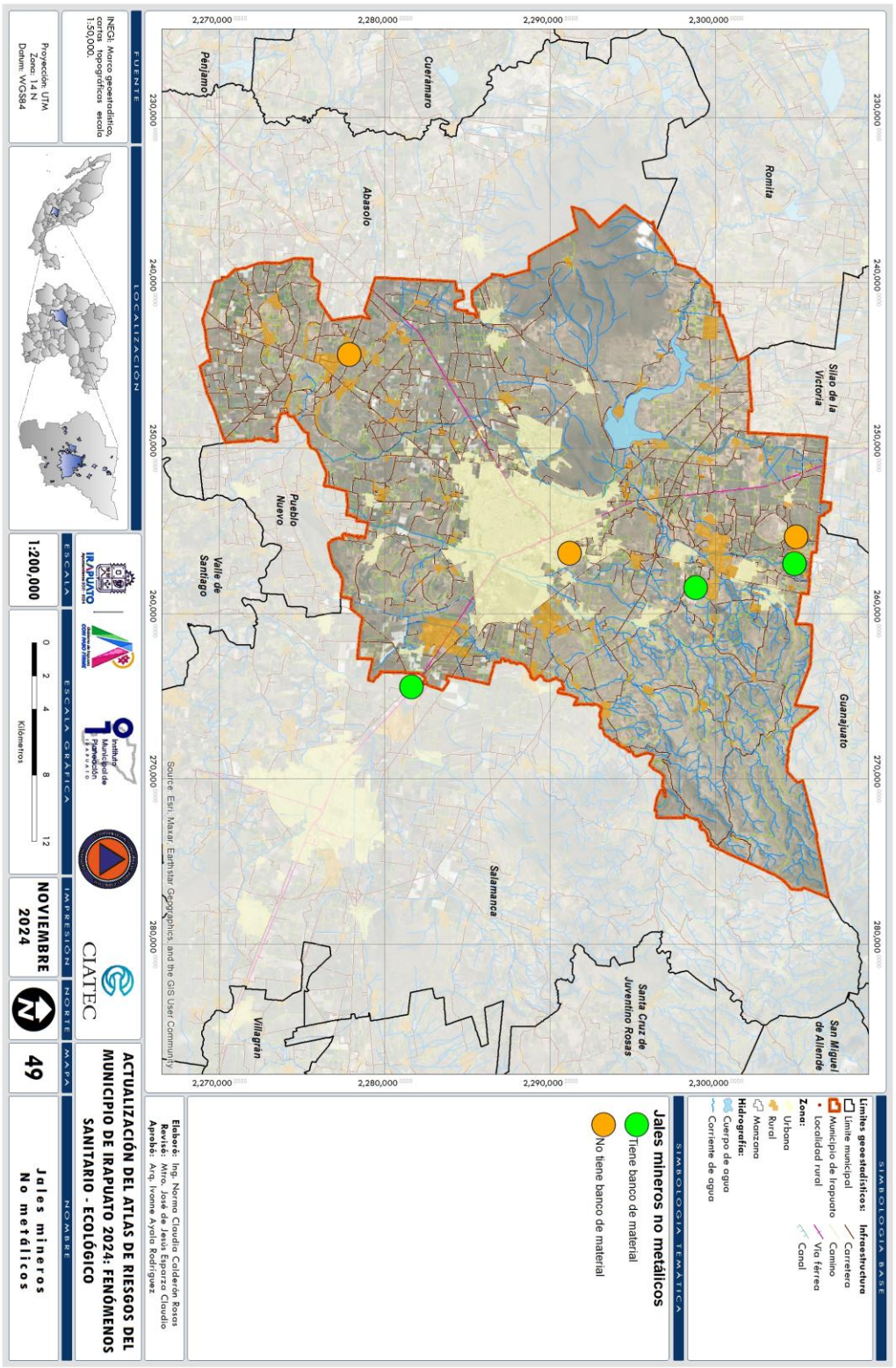
Asimismo, se realizó una búsqueda de las empresas con registro de minería activas y su producción correspondiente en el DENUE (2024). Se identificaron seis empresas que realizan actividad minera para extracción de minerales no metálicos como las arcillas, tezontle, tepetate, grava y arena, ver siguiente tabla.

En el siguiente mapa, se muestran las ubicaciones de las empresas con registro de minería. En color verde se destacan aquéllas que tienen banco de material, tales como Banco de tepetate La Calera, Trituradora Irapuato y Centro de distribución Irapuato. En naranja están las que sólo proporcionaron domicilio fiscal y no una ubicación del banco, como la empresa de Banco El Jánamo, Triturados y Acarreos Marvaz de Aldama, y Extracciones Naturales proporcionaron.

Tabla 122. Empresas con registro de minería no metálico.

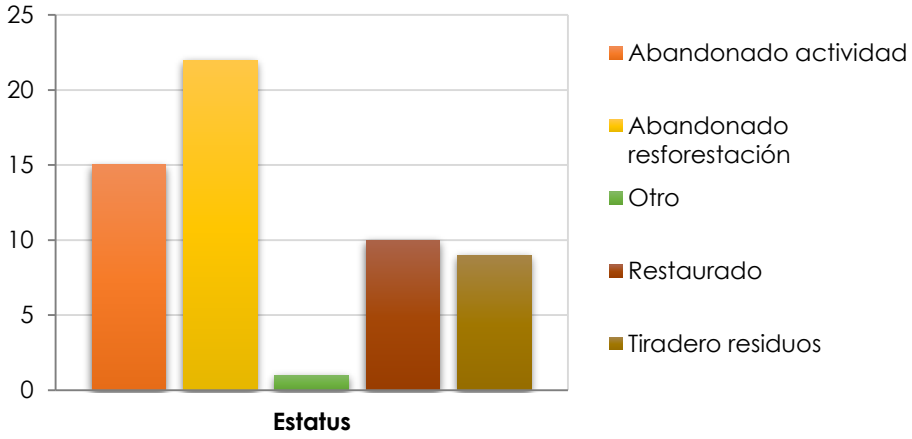
Empresa	Mineral
Banco de Tepetate La Calera	Tezontle y tepetate
Banco El Jánamo	Tezontle y tepetate
Extracciones Naturales	Arcillas, minerales refractarios
Trituradora Irapuato	Arena, grava
Triturados y Acarreos Marvaz de Aldama	Arena, grava
Centro de Distribución Irapuato	Arena, grava, carbonato de calcio

Fuente: Elaboración propia con información de DENUE, 2024.



Mapa 45. Ubicación de empresas con registro de minería no metálica

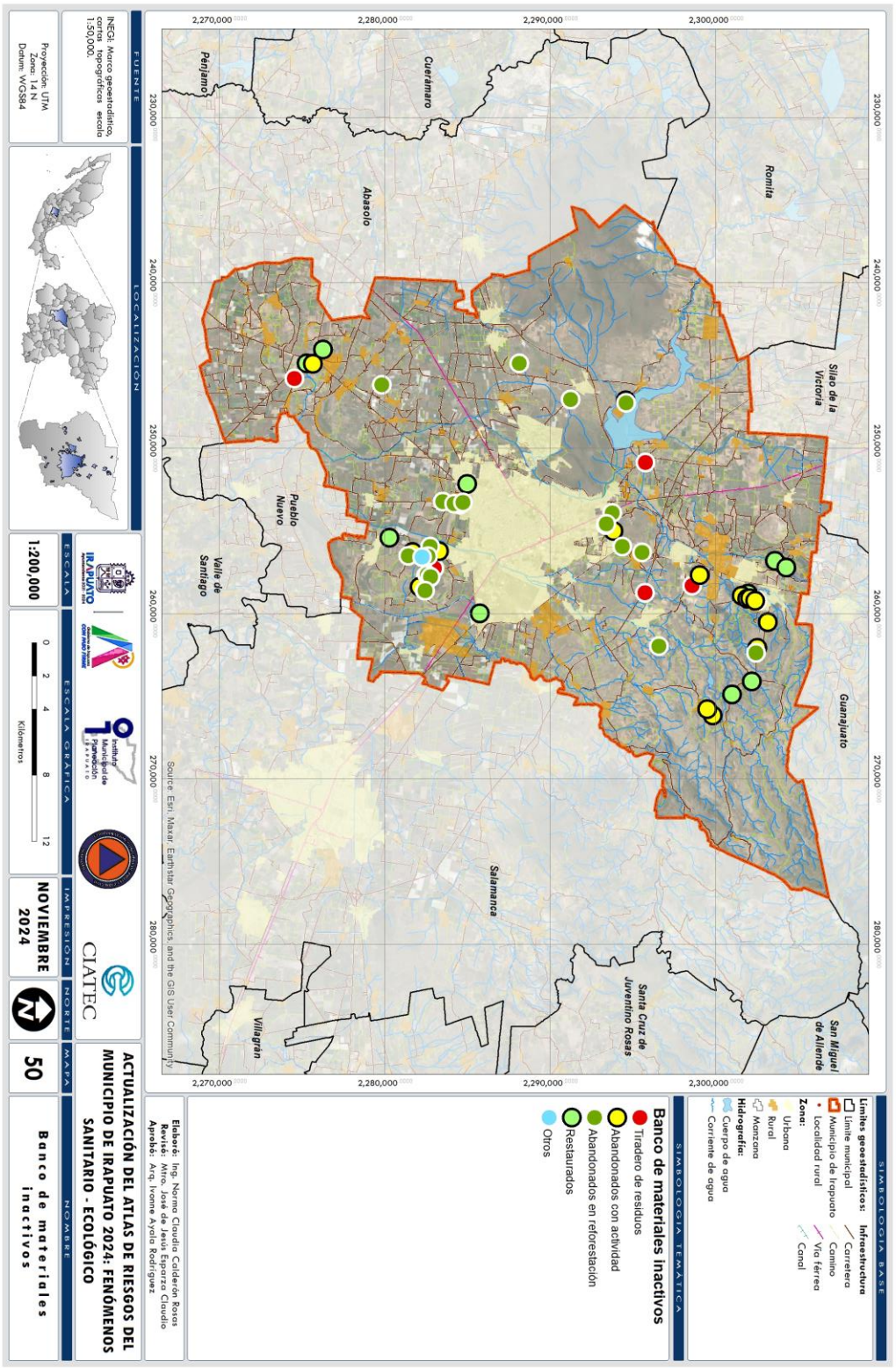
En el Programa Municipal de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato, se reportó que se tenían 69 bancos inactivos de los 86 registrados en el año 2018 (Centro Eure, 2021). De la información proporcionada por la dependencia de Sustentabilidad, se rectificaron las ubicaciones de los diferentes bancos de materiales inactivos; de las 57 ubicaciones, 22 se encuentran abandonados con reforestación silvestre, 15 se encuentran abandonados pero recientemente presentan actividad, 10 ya fueron restaurados y 9 son utilizados como tiraderos de residuos clandestinos.



Gráfica 23. Estatus de bancos inactivos.
Fuente: Sustentabilidad (2024).

Estos bancos son generadores de partículas suspendidas que pueden afectar la salud de los habitantes, además de que son utilizados como sitios de disposición de residuos peligrosos o residuos sólidos urbanos. Como ejemplo, se tiene el banco de materiales inactivo ubicado a 2.5 km al noreste de la localidad Lo de Juárez, en el que anteriormente se explotaba caliza, y que recientemente ha sido usado como sitio de disposición de residuos. En el siguiente mapa, se muestran las ubicaciones de los bancos de materiales inactivos así como su estatus.

Los bancos inactivos presentaron alguna actividad, por ejemplo, reforestación (verde oscuro), tuvieron actividad reciente sin especificar (amarillo), restaurados (verde claro) y los bancos que están siendo utilizados como tiraderos (rojo). Estos últimos requieren especial atención, ya que pueden convertirse en focos de infección y favorecer la proliferación de vectores de enfermedades como mosquitos, ratas y cucarachas.



Mapa 46. Ubicación de bancos inactivos

VII.4.2 Inventario de sitios contaminados por sustancias químicas

De acuerdo con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR, Art. 5, fracc. XL), un sitio contaminado es un lugar, espacio, suelo, cuerpo de agua, instalación o cualquier combinación de éstos que ha sido contaminado con materiales o residuos que, por sus cantidades y características, pueden representar un riesgo para la salud humana, a los organismos vivos y el aprovechamiento de los bienes o propiedades de las personas, (SEMARNAT, 2018). A continuación, se describen los hallazgos de este tema.

VII.4.2.1 Sitios contaminados por hidrocarburos

Los hidrocarburos son un grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las substancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos, (SEMARNAT, 2015).

A nivel Federal se registraron cinco sitios de contaminación por emergencia de derrame de hidrocarburos en Irapuato (Tabla 123). Estos derrames ocurrieron en los años 2008, 2009, 2011 y 2012, pero éstos ya fueron remediados, (SEMARNAT, 2024).

Tabla 123. Sitios contaminados por hidrocarburos remediados.

Año identificación sitio contaminado	Ubicación	Año conclusión remediación	Volumen suelo remediado m³
2008	Km 017+500 carretera No. 90 Irapuato-Guadalajara, tramo Irapuato-Abasolo	2009	179
2012	Km 015+800 carretera No. 90 Irapuato-Guadalajara, tramo Irapuato-Abasolo	2012	93.6
2009	Km 000+200 carretera federal No. 45 México-Ciudad Juárez, tramo libramiento norte-Irapuato	2009	395.2
2008	Km 005+000 carretera No. 45 México-Ciudad Juárez	2009	74.4
2011	Km 127+000 autopista No. 45 Querétaro-León	2013	282

Fuente: (SEMARNAT, 2024).

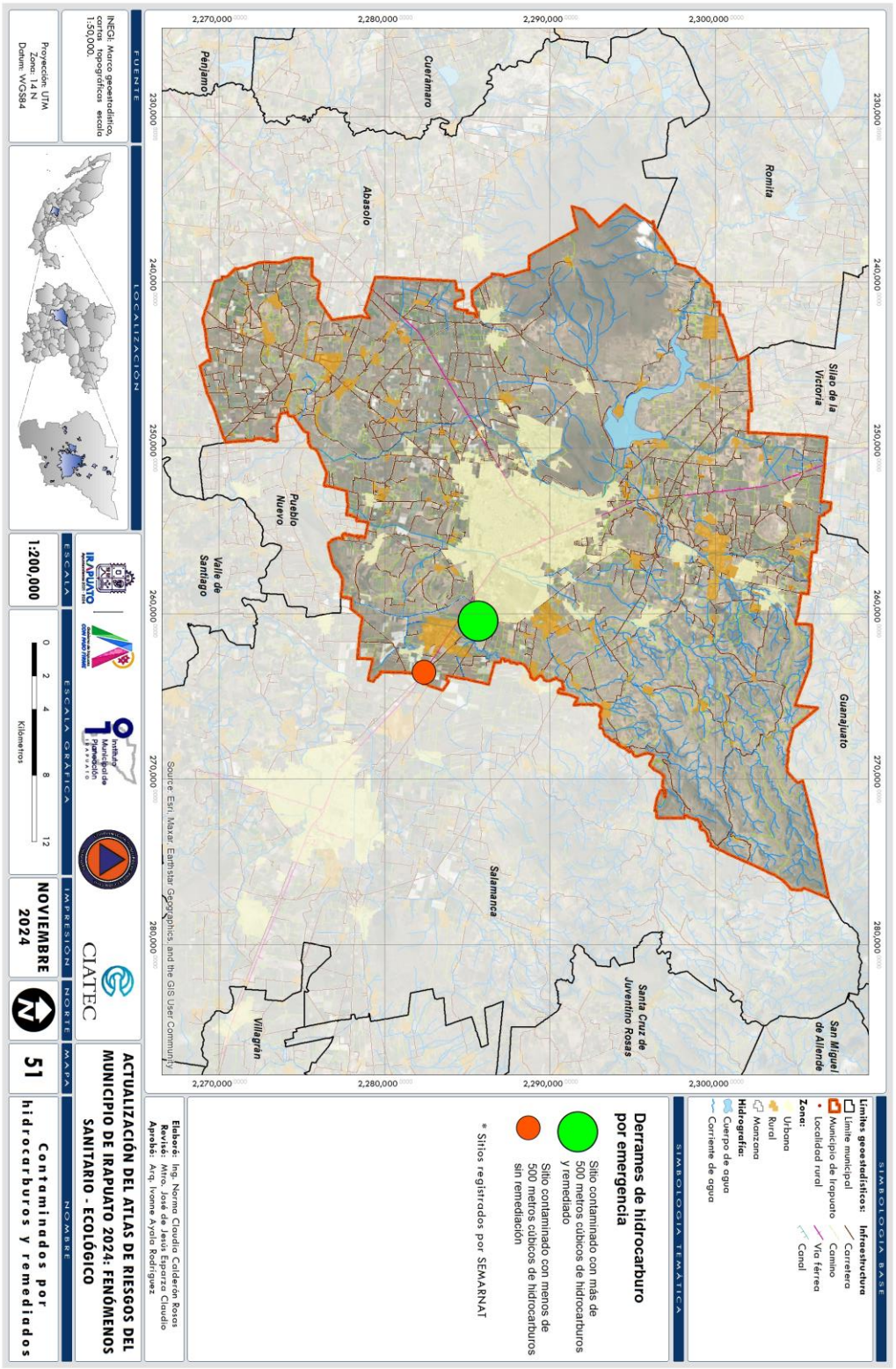
Actualmente, se cuenta con registros de sitios contaminados en Irapuato en la información reportada por ASEA y por parte de la SEMARNAT (ASEA, 2023); se reportaron dos eventos de emergencia de derrames de hidrocarburos en los años 2019 y 2022 (SEMARNAT, 2024). En la siguiente tabla, se muestra el volumen de suelo contaminado en cada evento y si cuenta con programa de remediación.

Tabla 124. Sitios contaminados por emergencia

Año identificación sitio contaminado	Ubicación	Tipo de evento	Contaminante (genérico)	Volumen suelo contaminado m³	Programa remediación
2022	Km 103+000 carretera 2180 Querétaro-León, tramo Salamanca-Irapuato	Derrame	Hidrocarburos	93.88	No
2019	Km 107+500 carretera No. 45 Salamanca-Irapuato	Derrame	Hidrocarburos	856.17	Si

Fuente: (SEMARNAT, 2024).

En el siguiente mapa, se muestra la ubicación de los derrames identificados. En color verde se indica que el sitio contaminado por hidrocarburos cuenta con un programa de remediación aprobado y su extensión supera los 500 m³. En color naranja se representa el sitio que aún no cuenta con un programa de remediación aprobado y una extensión menor a 500 m³.



Mapa 47. Ubicación de derrames de hidrocarburos por emergencias

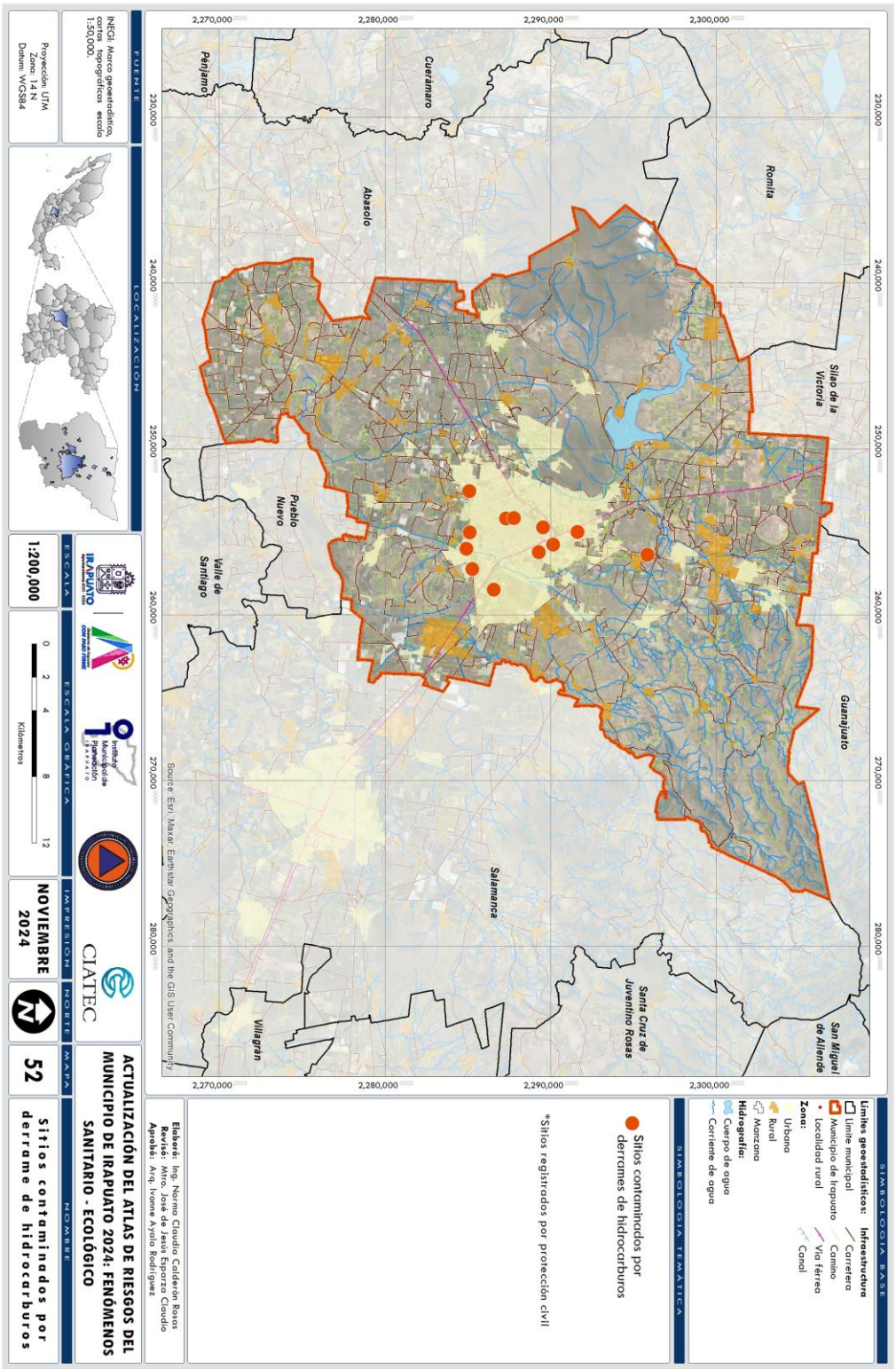
A partir de los reportes atendidos por Protección Civil en Irapuato, se elaboró otro inventario de derrames de hidrocarburos, como se muestra en la siguiente tabla. Se registraron un total de 40 reportes, con un aumento notable en el año 2024. Los sitios con mayor ocurrencia de derrames se encuentran sobre el Boulevard Solidaridad y la carretera Irapuato - Silao.

Tabla 125. Sitios con reportes de derrames de hidrocarburos

Ubicación	2023	2024
Av. C.F.E. y Caracol		1
Av. Casimiro Liceaga		2
Benito Juárez	1	
Blvd. Díaz Ordaz	2	2
Blvd. Solidaridad	2	4
Calzada Insurgentes, Barrio de Guadalupe	1	
Carretera Irapuato - Abasolo		3
Carretera Irapuato - Salamanca		1
Carretera Irapuato - Silao	1	4
Ejército Nacional		1
El Trébol		1
Enrique Colunga		1
Ganadera		1
Héroes de Nacozari		1
Independencia		1
Libramiento de Irapuato - León		1
Libramiento Norte		1
Libramiento Sur	1	4
Los Presidentes		1
Rancho Grande		1
Tabachines		1
Total general	**7**	**33**

Fuente: Protección Civil, (2024).

En el mapa siguiente, se muestra la ubicación de los derrames que pudieron ser georreferenciados; varios reportes se ubican en lo zona urbana de la ciudad, y uno de los puntos se localiza cercano a una corriente de agua. Debido a la falta de una georreferenciación precisa en todos los sitios reportados, no fue posible identificar ni evaluar adecuadamente la afectación de dichos derrames.



Mapa 48. Ubicación de derrames por hidrocarburos

Los hidrocarburos tienen efectos perjudiciales sobre el suelo, que pueden ser tanto inmediatos como a largo plazo. Algunos de los principales efectos incluyen:

1. Afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio. La presencia de compuestos tóxicos puede dificultar la absorción de éstos por parte de las raíces de las plantas, lo que reduce su crecimiento y puede llevar a la muerte de las plantas.
2. Interrumpir los ciclos biológicos naturales debido a la toxicidad para los microorganismos (bacterias, hongos) y organismos del suelo (ej. lombrices), los cuales son esenciales para la descomposición de materia orgánica y el reciclaje de nutrientes. Los hidrocarburos son tóxicos para estos seres vivos y al ser eliminados, se puede reducir la fertilidad del suelo a largo plazo.
3. Dificultar la germinación de semillas ya que pueden crear una capa impermeable en la superficie del suelo que reduce la percolación del agua en el suelo e impide el crecimiento de plantas.
4. Persistir en el suelo durante años. Los hidrocarburos pesados, como el petróleo crudo se descomponen lentamente, lo que puede significar que el suelo siga siendo contaminado por mucho tiempo, afectando tanto a la flora como a la fauna local, a las cadenas alimentarias y la biodiversidad del ecosistema.

En resumen, los hidrocarburos afectan el suelo de manera significativa al alterar su estructura, química y biota. Los impactos pueden durar mucho tiempo, lo que hace que la recuperación del suelo contaminado sea un desafío complejo y que requiera esfuerzos especiales para restaurar la salud del ecosistema.

VII.4.2.2 Sitios contaminados por amoniaco

El amoníaco (NH_3) es un gas incoloro con un olor característico compuesto por un átomo de nitrógeno y tres de hidrógeno. Se produce de forma natural en el cuerpo humano y en la naturaleza, encontrándose en el agua, el suelo y el aire, e incluso en pequeñas moléculas de bacterias, (SEMARNAT, 2020).

A partir de la información proporcionada por Protección Civil Municipal, se realizó un inventario de los reportes por derrame de amoniaco. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 126. Sitios con reportes de derrames de amoníaco.

Ubicación	2020	2023	2024
Av. Río		1	
Carretera Abasolo	1		1
Ciudad Industrial			1
La Rodríguez			1
Las Ánimas			2
Progresiva El Jaral			1
Total general	**1**	**1**	**6**

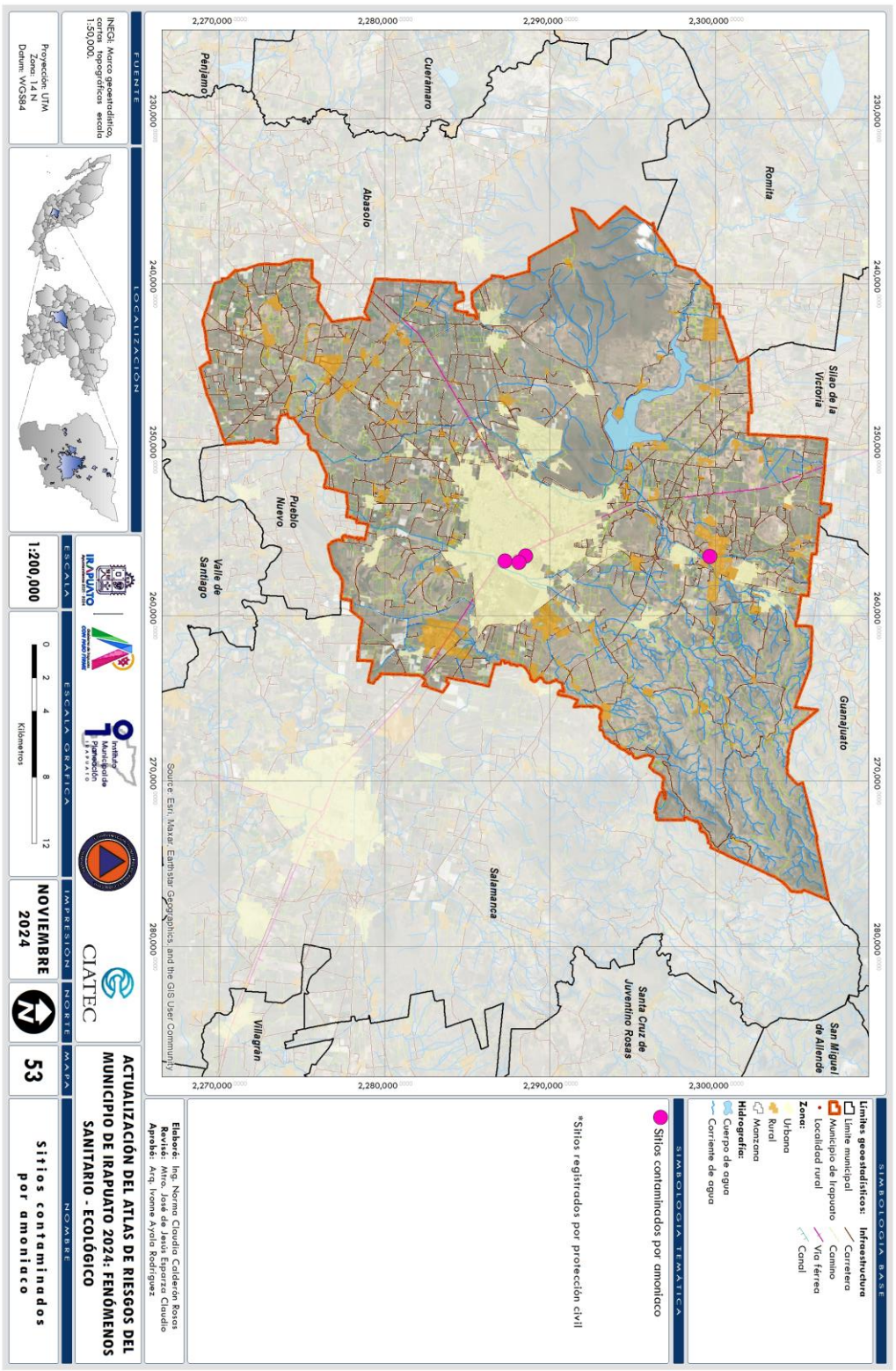
Fuente: Protección Civil (2024)

En total, se han registrado 8 derrames por amoníaco, con un aumento en el año 2024. En el mapa siguiente, se muestran algunas ubicaciones, sin embargo, no fue posible realizar una georreferenciación precisa de todos los puntos. Las ubicaciones de los derrames se representan en color rosa, concentrándose en su mayoría en la zona urbana. Uno de los puntos se localiza cerca de corrientes de agua y en zona rural.

Los derrames de amoníaco en el suelo son peligrosos debido a que pueden causar una serie de efectos perjudiciales:

1. Contaminar al suelo, ya que el amoníaco es una sustancia altamente soluble en agua y puede infiltrarse rápidamente en el suelo, afectando su composición química y el pH, volviéndolo más ácido o alcalino. Esto reduce la fertilidad y su capacidad para sostener la vida vegetal.
2. El amoníaco es tóxico para las plantas y cuando entra en contacto con las raíces, puede interrumpir su capacidad para absorber nutrientes y agua, lo que lleva al deterioro o muerte de la vegetación o cultivos.
3. Dañar a los microorganismos que habitan el suelo y que son esenciales para los procesos de descomposición y reciclaje de nutrientes debido a la toxicidad del amoníaco.
4. El contacto directo de seres humanos con el suelo contaminado con amoníaco o la inhalación de vapores puede causar irritación en la piel, los ojos y las vías respiratorias. La exposición prolongada a niveles elevados puede provocar problemas respiratorios graves, como dificultad para respirar y daño pulmonar.

La respuesta rápida y efectiva es crucial para mitigar los impactos de estos derrames.



Mapa 49. Ubicación de derrames por amoníaco.

VII.4.2.3 Sitios contaminados por solventes

Un solvente orgánico es un compuesto químico que contiene carbono y se utiliza para disolver otras sustancias como pinturas, barnices, grasa y aceite. Estos se caracterizan por ser volátiles, lo cual significa que son disolventes que se evaporan a temperatura y presión ambiental generando vapores (Mora Barrantes, y otros, 2022).

En Irapuato, se cuenta con un total de cuatro reportes por derrames de solventes, de acuerdo con la información de Protección Civil Municipal. Los resultados se observan en la siguiente tabla; cabe destacar que no se especificó el tipo de solvente derramado ni la ubicación exacta de los eventos.

Tabla 127. Sitios con reportes de derrames de solventes.

Ubicación	2020	2024
Carretera Salamanca – Irapuato	0	1
Libramiento Sur	0	1
Zona Centro	2	0
Total general	**2**	**2**

Fuente: Protección Civil, (2024)

Los derrames de solventes en el suelo representan un importante riesgo, tanto para el medio ambiente como para la salud, debido a sus características tóxicas y volátiles, que al igual que los hidrocarburos y amoniaco, afectan la estructura del suelo y presentan toxicidad para las plantas. Aunado a lo anterior, presentan:

1. Riesgos para la salud humana: el contacto directo con el suelo contaminado por solventes o la exposición a vapores de estos productos químicos, pueden ser irritantes para la piel, los ojos y las vías respiratorias. La exposición prolongada puede afectar el sistema nervioso, el hígado y los riñones, y algunos solventes están relacionados con un mayor riesgo de cáncer.
2. Riesgo de explosión o incendio. En condiciones específicas, como la presencia de altas temperaturas o una fuente de ignición, los solventes pueden provocar incendios o explosiones.

VII.4.2.4 Sitios contaminados por aceites

Los aceites son sustancias compuestas principalmente por ésteres de glicerol y ácidos grasos. Estas moléculas, que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno, presentan una estructura que les confiere propiedades lubricantes y resistentes al calor.

De acuerdo a los reportes de Protección Civil, ocurrieron un total de 53 reportes por derrames de aceites en la ciudad, con un aumento notable en el año 2024. Vialidades como el boulevard Solidaridad, es el que presenta una mayor cantidad de reportes, seguido de Mariano J. García, la carretera Abasolo – Irapuato, Blvd. San Roque y Cuarto Cinturón Vial, (Ver siguiente tabla). En el siguiente mapa, se muestran los puntos que se lograron georreferenciar.

Tabla 128. Sitios con reportes de derrames de aceites

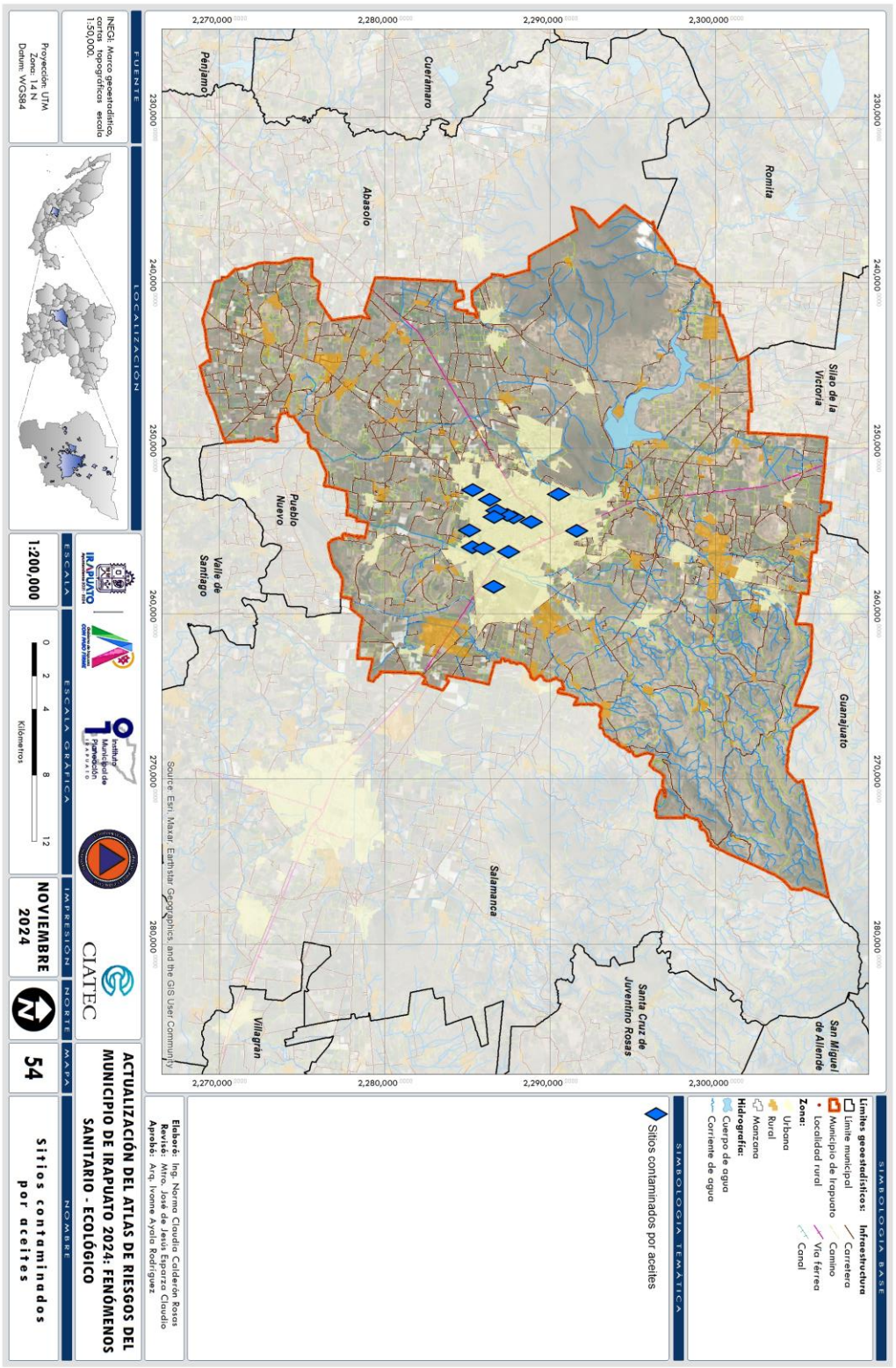
Sitios	2023	2024
Álvaro Obregón		1
Av. Casimiro Liceaga		1
Av. Insurgentes		1
Av. San Juan		1
Barrio de San Vicente	1	
Bellavista	1	
Blvd. Díaz Ordaz		1
Blvd. Lázaro Cárdenas		2
Blvd. Mariano J. García		5
Blvd. San Roque		3
Blvd. Solidaridad	1	6
Carretera Salamanca - Irapuato		1
Carretera Abasolo - Irapuato		3
Central de Abastos		1
Colón 2ª Sección	1	
Cuarto Cinturón Vial		3
El Trébol		1
Españita	1	1
Ganadera		1
Juan Pablo II	1	
La Pradera	1	
Las Carmelitas	1	
Libramiento Norte		1
Los Álamos	1	
Los Presidentes	1	
Moderna		1

Sitios	2023	2024
Plan Guanajuato		1
Playa Azul	1	
Salida a Pueblo Nuevo		1
San Antonio de Ayala	1	
San Cayetano de Luna		1
San Isidro	1	
San Juan de Retana		1
Santos Degollado		1
Villas de Irapuato		1
Total general	**13**	**40**

Fuente: Protección Civil, (2024)

Los derrames se concentran en la zona urbana, tres de ellos se localizan cerca de corrientes de agua. Los aceites son difíciles de remover y pueden persistir en el suelo durante largos períodos, o bien migrar a cuerpos de agua, ocasionando:

1. Daños a la vegetación: los aceites son tóxicos para las plantas y al entrar en contacto con las raíces interfieren con la absorción de agua y nutrientes, lo que puede llevar al deterioro o la muerte de las plantas afectadas. Las áreas cercanas al derrame pueden quedar completamente desprovistas de vegetación, alterando el ecosistema local.
2. Daño a la fauna del suelo: son perjudiciales para los organismos que habitan el suelo, lo que interrumpe los ciclos biológicos y reduce la biodiversidad del ecosistema, afectando la calidad del suelo y su capacidad de regenerarse.
3. Dificultades para la remediación: su limpieza es un proceso costoso y desafiante. En algunos casos, es necesario excavar, aplicar métodos de biorremediación o utilizar productos químicos para tratar el derrame. Los efectos negativos sobre el suelo y los ecosistemas locales pueden durar mucho tiempo.



Mapa 50. Ubicación de derrames de aceites.

VII.4.3 Sitios contaminados por residuos

VII.4.3.1 Tiraderos o basureros a cielo abierto

Los tiraderos o basureros a cielo abierto son aquellos sitios en donde, clandestinamente, se depositan y acumulan los desechos sólidos municipales sin ningún control técnico. Estos pueden ser lotes baldíos, barrancas, ríos, arroyos, manglares y otros cuerpos de agua, entre otros. Estos son formas de sitios no controlados, o bien, inadecuados para la disposición final y que no cumplen con los requisitos de la NOM-083-SEMARNAT-2003.

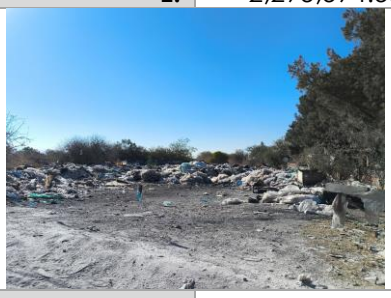
Existen varios factores que pueden llevar a que las personas contribuyan a la creación de tiraderos clandestinos, entre ellos:

- Falta de infraestructura adecuada para la recolección de basura,
- Escasa disponibilidad de puntos de recolección o reciclaje,
- Falta de conciencia sobre el impacto de los residuos
- Indiferencia o falta de responsabilidad social juegan un papel fundamental.

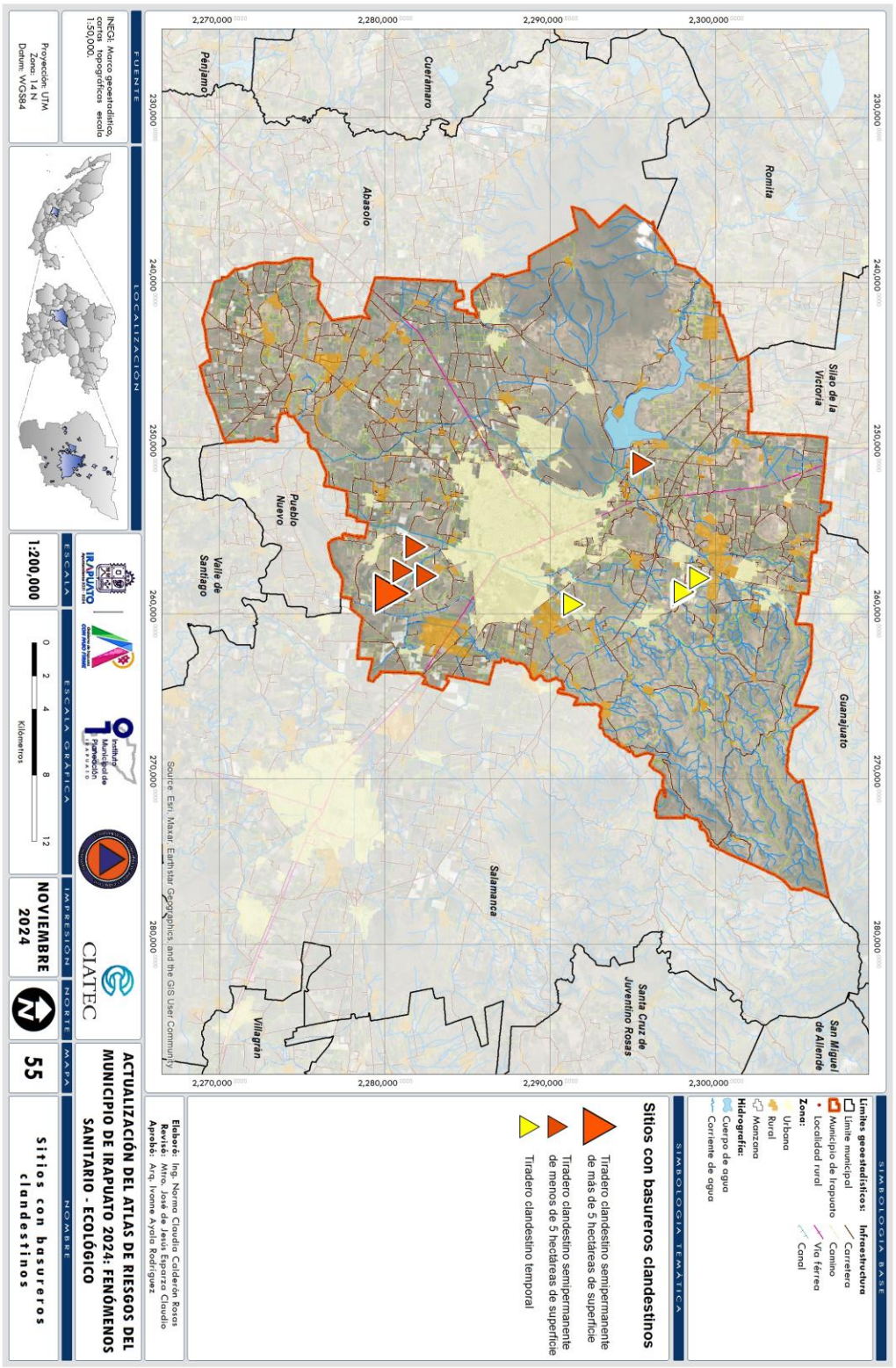
A partir de la información proporcionada por la Dirección de Limpia y Aseo Público, se notificó que existe un predio usado actualmente como tiradero clandestino. El cual se ubica en San Francisco de la Cruz (20.613629, -101.329513) (Dirección General de Informacion en Salud, 2025).

Durante los recorridos de campo en las localidades de Sanabria y Paso Blanco, se detectaron otros puntos con presencia de basura; cuatro se identificaron en predios con superficie considerable, y otros 3 están ubicados cerca del sitio de disposición final. De los lugares visitados se observaron residuos como escombro, textiles, plásticos de diferentes tamaños (entre botellas, contenedores, botes), muebles, cartón, neumáticos, vidrio y electrodomésticos, además de residuos sólidos urbanos. En el Anexo 3 del documento electrónico, se pueden consultar los archivos correspondientes a las fichas de los lugares. A continuación, se muestra la ubicación de estos sitios.

Tabla 129. Basureros clandestinos.

Id:	1	**Id:**	2
N:	258,783.70	**N:**	257,433.08
E:	2,280,441.80	**E:**	2,281,098.25
Id:	3	**Id:**	4
N:	250,938.39	**N:**	258,877.24
E:	2,295,594.55	**E:**	2,298,004.44
			
Id:	5	**Id:**	6
N:	258,680.04	**N:**	257,846.65
E:	2,298,079.33	**E:**	2,299,018.32
Id:	7	**Id:**	8
N:	257,730.14	**N:**	257,228.28
E:	2,282,525.53	**E:**	2,281,126.06

Fuente: Elaboración propia a partir de recorridos.

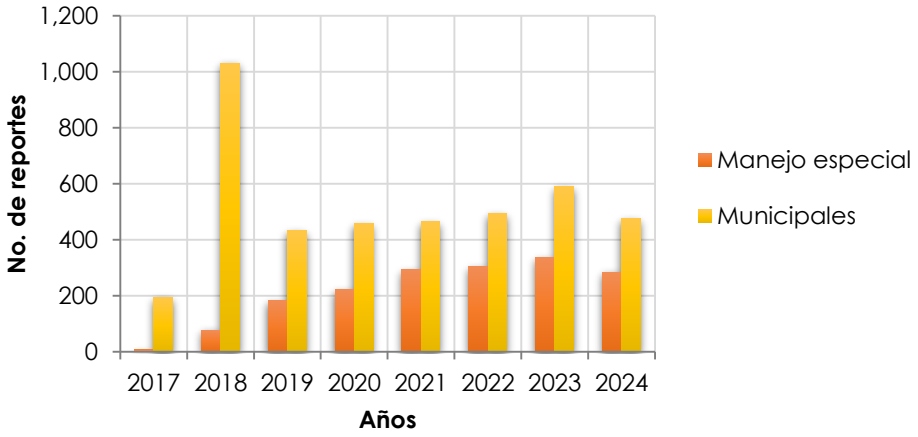


Mapa 51. Ubicación de basureros clandestinos.

VII.4.3.1.1 Residuos en la vía pública

Los reportes por disposición inadecuada de residuos pertenecen a las bases de datos de incidencia ciudadanas por incendios, en el periodo de marzo del 2017 a diciembre del 2024 hubo 5,847 reportes por quema de residuos municipales, reportada por Protección Civil.

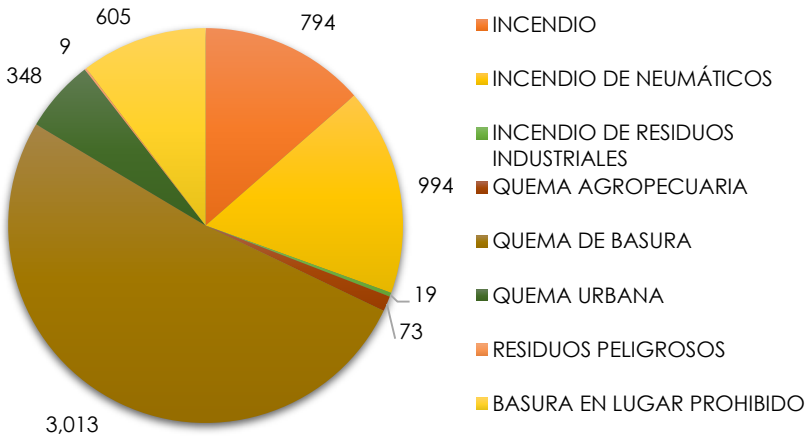
En la siguiente gráfica, se observa que se reportan incendios tanto de residuos de manejo especial (naranja) como municipales que son los sólidos urbanos (amarillo). En la base de datos no se detallan datos relativos a la cantidad de residuos que se quemaron, o el radio de afectación ni las acciones llevadas a cabo para mitigar el incendio.



Gráfica 24. Reportes por quema de residuos.
Fuente: Protección Civil (2025)

Se observa una tendencia general de crecimiento por parte de los residuos municipales con 200 reportes en el 2017 y aumentando de manera resaltable en el 2018, (no se sabe que originó este aumento); posteriormente, se mantiene entre 400 a 600 reportes del 2019 al 2023. Con respecto a los residuos de manejo especial, comienzan con 50 reportes en el 2017, y crecen de manera sostenida hasta el 2023, alcanzando un total de 340 reportes.

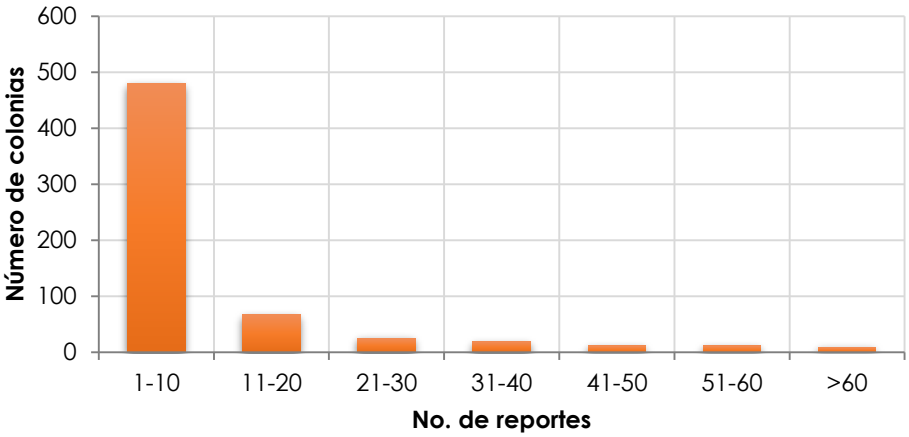
En el 2024 se muestra una caída en ambas categorías, revirtiendo el alza de los años previos, lo que podría reflejar mejoras en la gestión de la recolección de los residuos o una mayor concientización de los usuarios. En la gráfica siguiente se muestra cuáles fueron las categorías de los reportes:



Gráfica 25. Categoría de reportes de residuos.
Fuente: Protección Civil (2025)

Se observa que la quema de basura tiene una mayor recurrencia en los reportes, por lo que se visualiza la necesidad prioritaria de vigilancia y mayor concientización de los usuarios sobre la importancia de no quemar los residuos. El incendio de neumáticos se encuentra en segundo, lugar por lo que también se debe prestar atención debido a las emisiones toxicas que genera. Aunque en menor frecuencia, las categorías de residuos peligrosos, industrial y agropecuario no deben descuidarse, pues sus implicaciones ambientales y de salud pueden ser muy graves con pocos casos.

Se realizó un análisis de la tendencia de los reportes por década en las colonias de Irapuato. En la gráfica siguiente se muestra el comportamiento general.



Gráfica 26. Tendencia de reportes en una década.

Protección Civil (2025). Hay una gran concentración de colonias con pocos reportes, lo que sugiere que presentan baja recurrencia en la presencia de residuos en vía pública. A partir de 11 reportes, el número de colonas disminuye drásticamente, ubicándose por debajo de 100. En la cantidad de reportes mayores a 60, se cuentan menos de 12 colonias, lo que indica que estas colonias son focos de atención prioritarios.

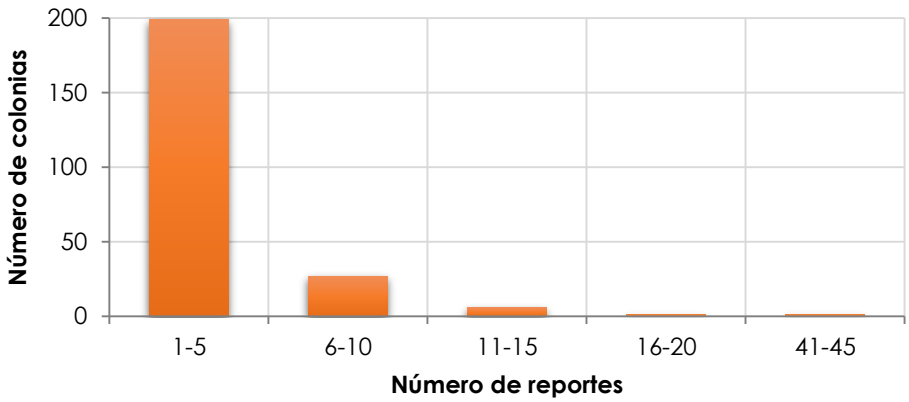
Entre las colonias con mayor cantidad de reportes se encuentran Juan Pablo II, Los Álamos, Bajada de San Martín, San Martín de Porres, Las Américas, Constitución de Apatzingán, Santa Julia, Las Eras y San Miguelito.

Tabla 130. Colonias con mayor cantidad de reportes.

Colonias	Total de reportes
Juan Pablo II	128
Álamos	115
Bajada de San Martín	99
San Martín de Porres	95
Las Américas	88
Constitución de Apatzingán	75
Santa Julia	64
Las Eras	64
San Miguelito	62

Fuente: Protección Civil (2025).

Se analiza la tendencia de los reportes en el último año; en la gráfica siguiente se muestra el comportamiento:



Gráfica 27. Tendencia de reportes en el año 2024.

Fuente: Protección Civil (2025)

La mayoría de las colonias tienen pocos reportes, las colonias con más de 6 reportes van disminuyendo drásticamente y solo hay una colonia que presenta más de 40 reportes, siendo esta la que requiere mayor atención.

Entre las colonias con mayor cantidad de reportes se encuentran Juan Pablo II, UCOPI, Los Álamos, Villas de San Cayetano, Plan de Guanajuato, Bajada de San Martín, Purísima del Jardín y Emiliano Zapata.

Tabla 131. Reportes por colonias en el año 2024.

Colonias	2024
Juan Pablo II	43
UCOPI	18
Los Álamos	15
Villas de San Cayetano	15
Plan de Guanajuato	13
Bajada de San Martín	12
Purísima del Jardín o Hilacha	12
Emiliano Zapata III	11

Fuente: Protección Civil (2025).

Resaltan las colonias de Juan Pablo II, Los Álamos y Bajada de San Martín, por lo que se deben tomar acciones para disminuir la recurrencia de los reportes en estas colonias.

Otro tipo de incendios es en el sitio de disposición final controlado (2 reportes) o comunidades aledañas (6 reportes). De acuerdo a la base proporcionada por Protección Civil se tienen 8 reportes en total. De éstos, la mayor parte se presentó en el 2023.

Tabla 132. Reportes por quema en sitio de disposición controlado.

Sitios	2023	2024
Camino a Peñitas	1	2
Camino a Peñuelas	1	0
Loma de Márquez	1	0
Sitio de disposición Peñitas	1	1
Valencianita	1	0
Total general	**5**	**3**

Fuente: Protección Civil (2025)

Entre los principales problemas asociados a los basureros clandestinos se pueden mencionar:

- Contaminación del medio ambiente: El desecho indiscriminado de basura en lugares no autorizados puede contaminar el suelo, el agua y el aire. Los residuos tóxicos, como productos químicos o plásticos, pueden filtrarse en los cuerpos de agua cercanos y afectar la fauna y flora local.
- Problemas de salud pública: Los tiraderos clandestinos suelen ser focos de enfermedades debido a la descomposición de residuos orgánicos, que puede atraer plagas, como roedores e insectos, que transmiten enfermedades. Además, la quema de residuos en estos sitios libera gases tóxicos que afectan la calidad del aire.
- Riesgo para la fauna: La fauna local, incluyendo animales domésticos, puede verse afectada por la ingestión de materiales tóxicos o por la destrucción de su hábitat natural debido al vertido de desechos.
- Impacto en la estética y calidad de vida: La presencia de basureros clandestinos degrada el paisaje urbano y rural, afectando la calidad de vida de las personas que viven cerca de estas áreas. También pueden disminuir el valor de la propiedad en esas zonas.

VII.4.4 Sitios de disposición final

Un sitio de disposición final se define como "lugar donde se depositan los RSU y RME en forma definitiva"; (DOF, 2021). En el municipio de Irapuato, se tienen registrados 4 sitios de disposición final, de los cuales 3 ya fueron clausurados y sólo uno sigue vigente.

VII.4.4.1 Sitio de disposición final vigente para residuos sólidos municipales

El sitio de disposición final para los residuos sólidos urbanos en Irapuato inició operaciones en el año 1993, entonces como un tiradero a cielo abierto. A través de los años modificó su operación y ahora se clasifica como un sitio de disposición final controlado. Éste se define como un sitio inadecuado de disposición final que cumple con las especificaciones de un relleno sanitario en lo que se refiere a obras de infraestructura y operación, pero incumple con las especificaciones de impermeabilización (DOF, 2021).

El predio se ubica en el ejido de "Las Peñitas", cuenta con 33 hectáreas, de las cuales 28 corresponden al uso del sitio para la operación y los 5 restantes son de un banco de materiales utilizado para el recubrimiento de los residuos. Las instalaciones son reguladas

por la SAMA, y buscan cumplir con las directrices que marca la NOM-083-SEMARNAT-2003. En la siguiente tabla, se muestra la dirección.

Tabla 133. Ubicación de sitio de disposición final.

Sitio	Domicilio	Tipo
Las Peñitas	Carretera Federal México 45 tramo Irapuato-Silao kilómetro 13.5, tomando la desviación a la comunidad Las Peñitas a 3.3 kilómetros	Sólidos Urbanos

Fuente: (SIAP, 2023)

El sitio se encuentra ubicado a una distancia aproximada de 13 kilómetros del centro de la pista del aeródromo de servicio público, no se encuentra en la cercanía de áreas naturales protegidas, no está aledaño a localidades mayores de 2,500 habitantes y el límite del sitio de disposición final está a una distancia mínima de 500 metros acotados a partir del límite de traza urbana existente; tampoco está adyacente a cuerpos de agua superficiales con caudal continuo, lagos o lagunas (Dirección General de Servicios Publicos, 2022).

Durante la visita al sitio, se observaron varios controles implementados en este sitio de disposición; en la siguiente tabla se mencionan algunos de ellos:

Tabla 134. Controles en sitio de disposición final.

Etapa	Control implementado
Acceso	Caseta de vigilancia a la entrada del relleno, cerca perimetral
Pesaje	Bascula, registro de unidades (pesos, horarios de entrada y salida)
Operación	Se cubre la basura con balconeo, se coloca una capa de tepetate de 70 cm y se compacta
Lixiviados	Cuentan con laguna de lixiviados alrededor de las celdas pero no cuentan con geomembrana
Macro celdas	Cuentan con 3 celdas, banco de material para cubrir los residuos, dejan una cortina destapada de 120 metros y cortina a las orillas de 2 metros
Incendios	Plan de contingencia y se apoyan del 911
Biogás	Cuentan con 26 respiraderos que están separados a 30 metros entre si
Estudios	En el año 2000, se realizó un estudio para los lixiviados y otro de permeabilidad en los acuíferos

Fuente: Personal del sitio de disposición (2025)

En el Anexo 4, se muestra a mayor detalle los datos de la visita.

VII.4.4.1.1 Sitios de disposición final de residuos de manejo especial

El centro integral de procesamiento de residuos (CIPRES) en Irapuato se ubica en el Ejido las Peñitas (RED AMBIENTAL, 2021), ver siguiente taba. Éste es un relleno sanitario privado operado por la empresa JCB Impulsora Ambiental, S.A. de C.V. que recibe sólidos de manejo especial en su etapa de disposición final (SAMA, 2025).

Tabla 135. Ubicación del sitio de manejo de residuos de manejo especial

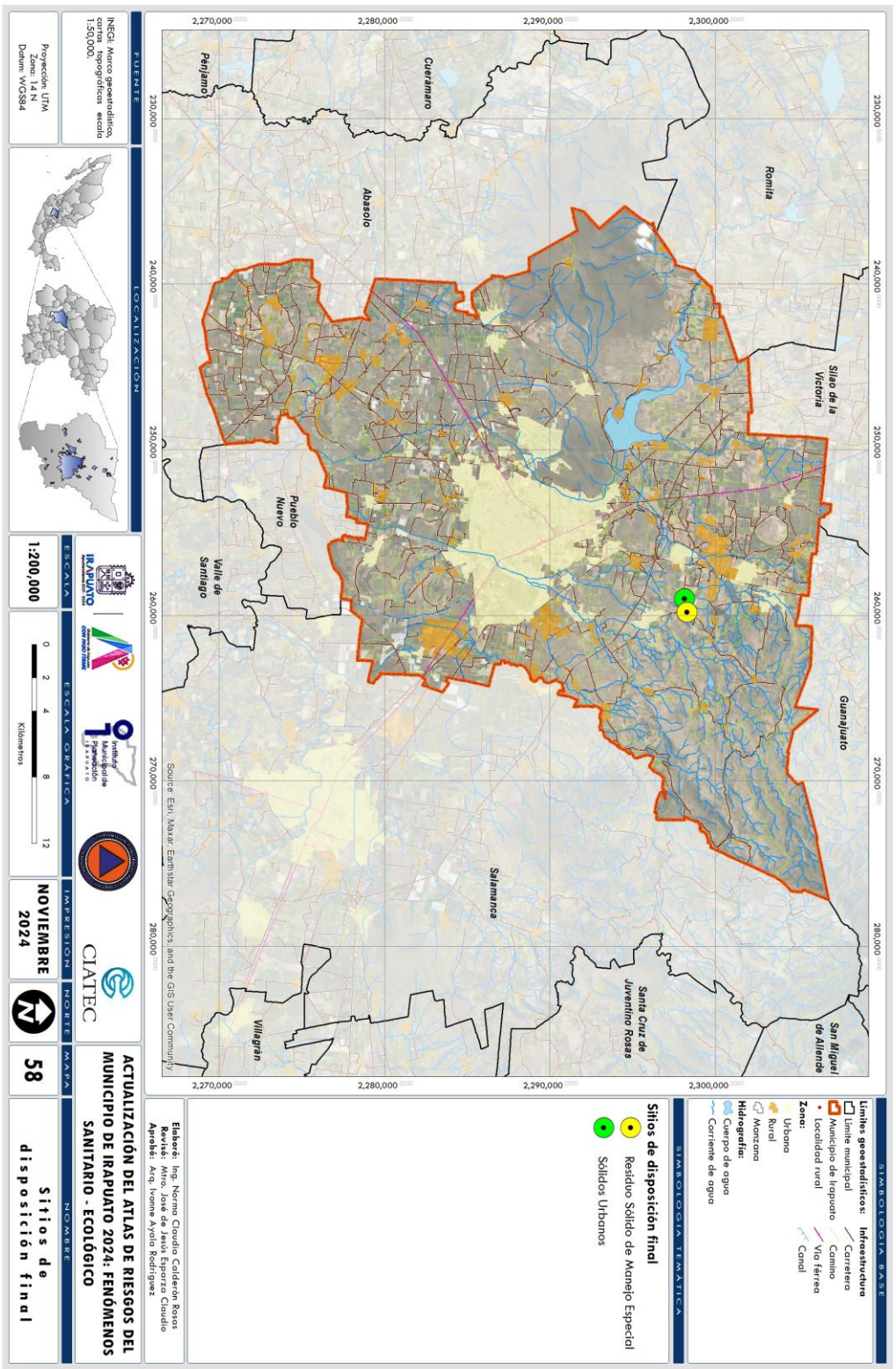
Sitio	Domicilio	Tipo
JCB	Parcelas 65, 67, 68 y 69 todas Z-5 P-1/1, Ejido Las Peñitas, Irapuato, Gto.	Residuo Sólido de Manejo Especial Sólidos Urbanos

Fuente: (Red Ambiental, 2025)

Los residuos autorizados para su disposición final se enlistan en el Padrón de Prestadores de Servicios para el Manejo de Residuos de Manejo Especial, bajo el registro IRA-PREME-112/2011 (vigente 05 de octubre de 2023 al 05 de octubre de 2028), (SAMA, 2025c).

Estos residuos son: lodos cálcicos, residuos sólidos urbanos, tierra estabilizada, plástico scrap no reciclable (polietileno, PET), tóner, molote de kevlar, ecococol, soluble mineral de galvanizado, polvos de trefilado negro, residual de trefilado fino, torta de filtración de fenatos, torta de filtración de sulfonatos, lodo de grafito, sulfato de sodio pH 9.765, llantas y bandas transportadoras, aislante fibra de vidrio, desecho de fibra de vidrio, lámina, PVC de desecho, madera, residuos de alúmina de torres secadoras de aire, pedacería de láminas de asbesto, residuos sólidos urbanos provenientes de proceso y pruebas, cartón, vidrio, plástico (polietileno), detergente, residuos de proceso industrial (mezcla de pedacería de plástico, madera y alambre), lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales, lodo residual de PTAR, material inorgánico lodo orgánico de la PTAR, pedacera de hilo, pedacera de textiles, , llantas, escombro concreto, escombro asfalto, lodo residual base seca, material para destrucción fiscal (etiquetas y plásticos), purgas de proceso (aceites minerales y agua), sacos de papel y cartón, bolsa de plástico de polipropileno, papel de oficinas, envases de plástico de pet, envases de vidrio (SAMA, 2025c).

En el mapa a continuación se muestran las ubicaciones de los sitios de disposición vigentes, ambos al norte del municipio. El color amarillo refiere al sitio de residuos sólidos de manejo especial y el color verde al sitio de disposición de residuos sólidos urbanos. La proximidad de los sitios de disposición a las zonas urbanas puede representar un riesgo si no hay medidas adecuadas.



Mapa 52. Sitios de disposición de residuos vigentes.

[1286]

VII.4.4.2 Sitios de disposición final clausurados

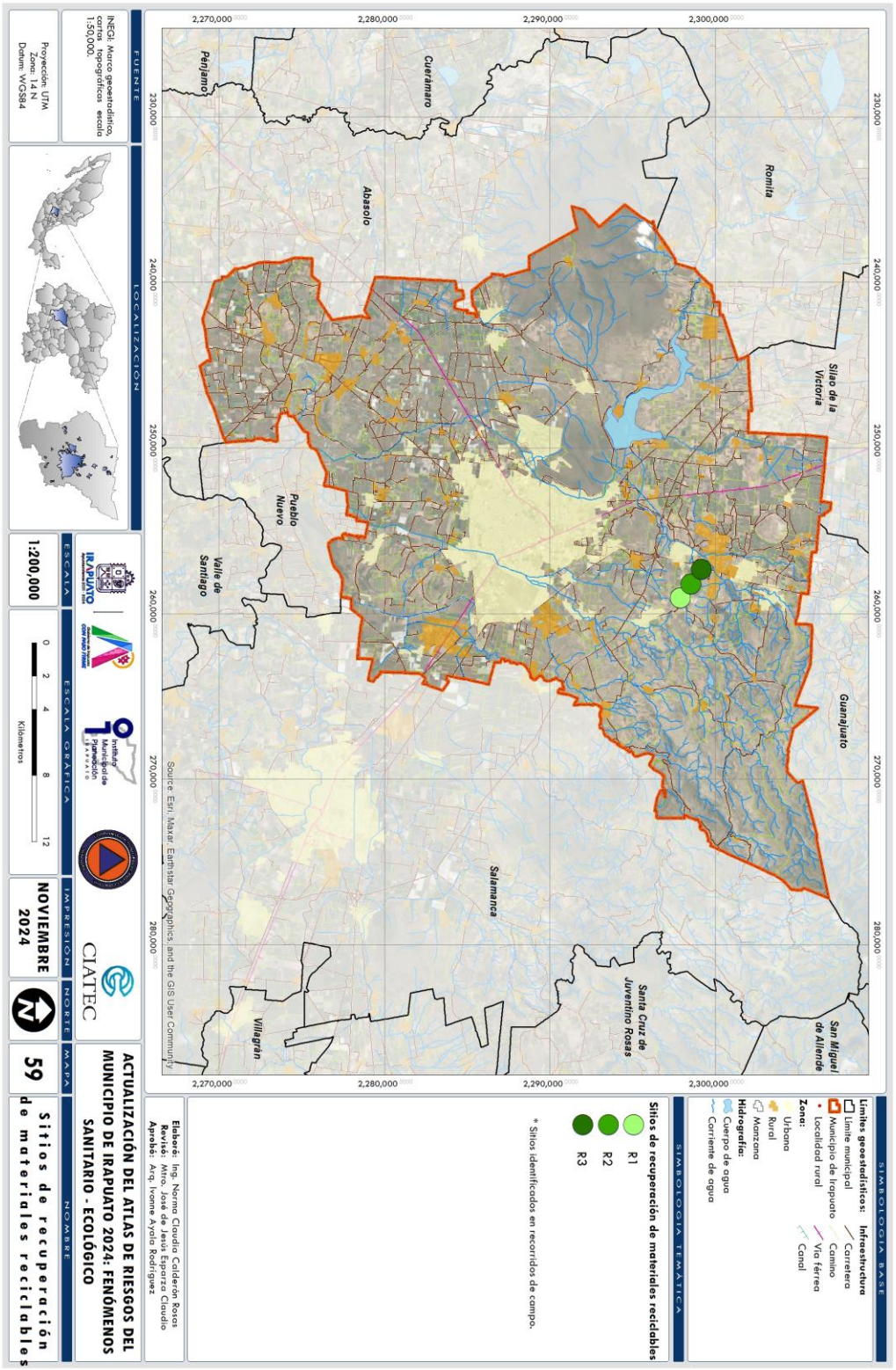
El Servicio Geológico Mexicano reportó en el 2005, en su documento titulado "Localización de sitios de disposición final de residuos Sólidos urbanos en la porción centro-norte de la cuenca Del río Lerma-Salamanca, estado de Guanajuato y su Gestión integral" que se tienen 3 sitios que eran tiraderos a cielo abierto; uno de ellos operó por aproximadamente 2 años y se encuentra ubicado en la carretera de la salida a Silao-León. Otro de los sitios se localiza a un costado de la planta tratadora de aguas de la JAPAMI (Junta de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Irapuato), a un lado de la carretera federal 45; este operó por aproximadamente 2 años. El otro se ubica en la zona conocida como "La Garrida", a un costado de lo que ahora es el Blvd. Paseo Solidaridad salida a León, el cual operó por aproximadamente un año, (Servicio Geológico Mexicano, 2005). Desafortunadamente, no se mencionan las coordenadas para su georreferenciación.

VII.4.5 Recuperadoras

Durante los recorridos, se localizaron algunas recuperadoras de materiales reciclables. En el mapa siguiente se muestra, en color verde, su ubicación. Su cercanía al sitio de disposición final favorece la logística de la recolección de este tipo de residuos. Éstas contribuyen a la reducción de residuos y promueven la economía circular. Sin embargo, también pueden generar algunos de impactos negativos como:

- Contaminación del aire: Podrían liberar polvos, gases tóxicos y partículas, especialmente cuando se incendian accidentalmente.
- Generación de residuos peligrosos: La recuperación de ciertos materiales, como baterías, productos electrónicos o residuos industriales, puede generar residuos peligrosos si no se manejan de manera adecuada. Estos materiales contienen metales pesados y sustancias químicas que pueden ser dañinas para el medio ambiente si no se tratan correctamente.
- Contaminación por microplásticos: En el caso del reciclaje de plásticos, a menudo los plásticos reciclados pueden fragmentarse en pequeñas partículas que, aunque recicladas, pueden liberar microplásticos al medio ambiente durante el proceso o en la fase de reutilización del material.

Es importante que las recuperadoras operen de manera regulada y adopten prácticas sostenibles y tecnologías que minimicen estos impactos negativos, para maximizar los beneficios ambientales del reciclaje.



Mapa 53. Ubicación de recuperadoras

VII.4.6 Manifestación de generadores de residuos

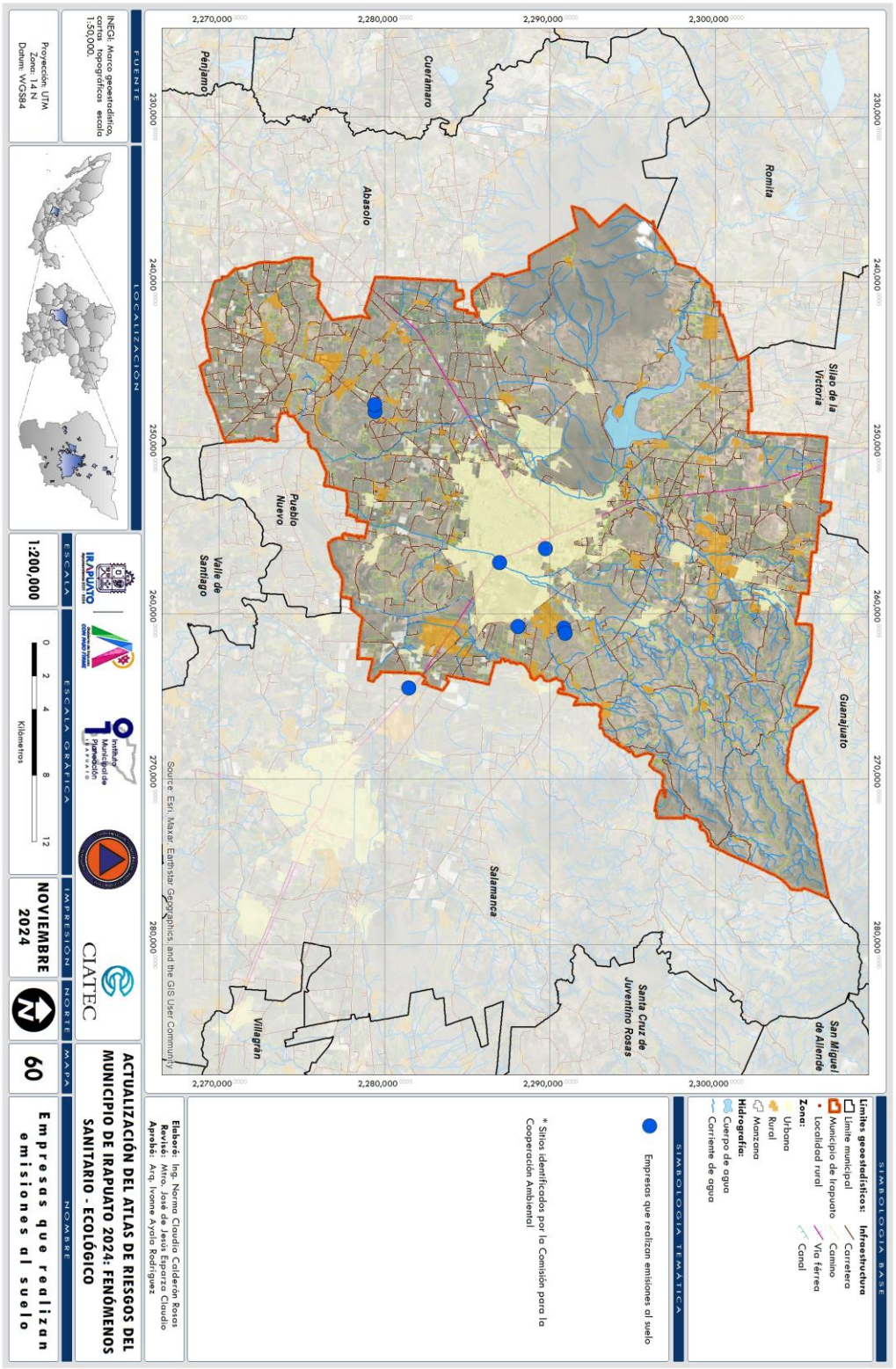
De la revisión realizada en Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) de América del Norte, se encontró un listado de las empresas que generan emisión en suelo (Comisión para la Coperación Ambiental, 2025). A continuación, se muestra la tabla con la información:

Tabla 136. Empresas que generan emisiones al suelo.

Establecimiento	Actividad	Emisiones o disposición al suelo en sitio 2022 (kg)
Bimbo, S. A. De C. V.	Alimenticia	4.97
Comercializadora Porcícola Mexicana Sa De Cv,Kekén	Alimenticia	3.89
Conagra Foods México S.A. De C.V.,	Alimenticia	1.36
Kerry Ingredients De México, S.A. De C.V.,	Alimenticia	811.56
Procter & Gamble Manufacturing Mexico, S. De R.L. De C.V.,Planta Milenio	Artículos metálicos	18.25
Draxton Mexico, S. De R.L. De C.V.	Automotriz	7.81
Evercast Sa De Cv, Evercast S.A. De C.V.	Automotriz	8.37
Collis De Mexico, S. De R.L. De C.V.,	Electrodomésticos	5.97

Fuente: (Comisión para la Coperación Ambiental, 2025)

Se tiene un total de ocho empresas que generan emisiones al suelo; si bien en el listado no se menciona cual es el residuo que disponen directamente en suelo ni el tipo de actividad que desempeñan dichas empresas, pero se identifican los del ramo alimenticio, metalúrgica, química y automotriz. En el siguiente mapa, se muestran las ubicaciones de las empresas:



Mapa 54. Empresas que generan emisiones en suelo.

En color azul, se muestran las empresas con emisiones en suelo, las cuales se localizan en la zona centro sur. Una de las empresas se ubica cerca de la zona rural así como cuerpos de agua, con riesgo potencial de contaminación difusa. Algunas empresas están ubicadas en zonas urbanas industriales, pero al menos 2 están cerca o dentro de áreas agrícolas o rurales, lo que incrementa el riesgo ecológico y sanitario.

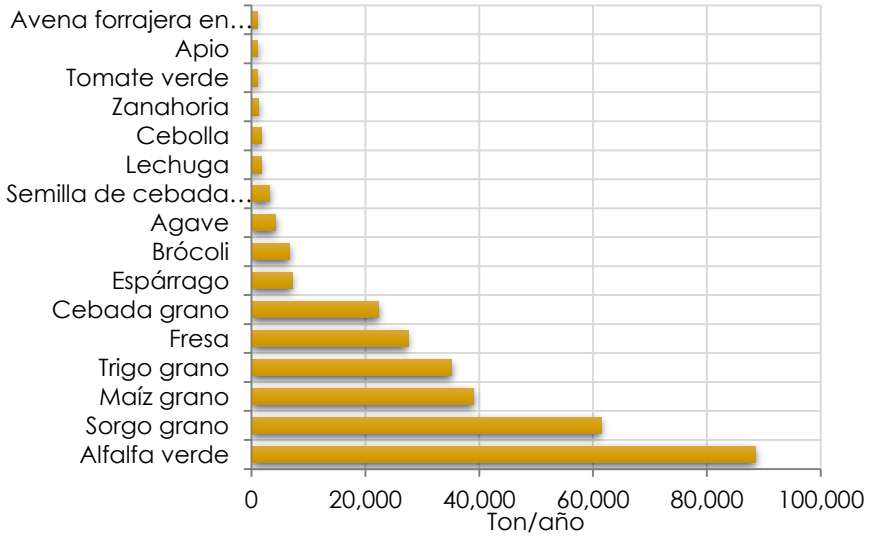
VII.4.7 Peligro por contaminación de suelo

Este diagnóstico presenta situaciones que ameritan acciones para reducir la contaminación, especialmente en materia de manejo de residuos sólidos. No obstante, durante la realización de este Atlas no se pudo confirmar la necesidad de un muestreo en un sitio específico, situación que fue corroborada ante las dependencias consultadas. Ante la falta de concentraciones de los contaminantes detectados, no fue posible realizar la estimación de peligro.

VII.5 Contaminación de alimentos

VII.5.1 Plaguicidas en la producción de cultivos

De la información obtenida por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, se determinó que los cultivos mayormente producidos son alfalfa, maíz, sorgo, trigo, fresa, cebada, esparrago y brócoli, cuya producción se encuentra entre 6,000 a 88,000 toneladas por año como se muestra en la Gráfica 28.



Gráfica 28. Producción de principales cultivos en Irapuato.

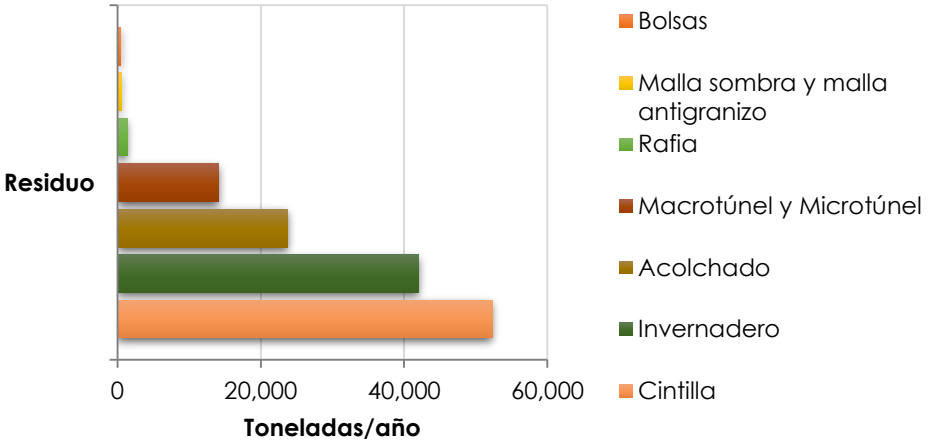
Fuente: (SIAP S. , 2024)

De acuerdo al estudio realizado por Guerrero Rojas *et al*. (2024) en la comunidad de Valencianita, se utilizan 19 agroquímicos, de los cuales 11 son pesticidas y 8 herbicidas.

Los compuestos más tóxicos que se encontraron tenían metamidofos y carbofuran. El uso de agroquímicos que contienen metamidofos, pueden provocar la contaminación del suelo y el agua, lo que a su vez afecta los ecosistemas, disminuye la biodiversidad y pone en riesgo la vida acuática. Además, la exposición a estos productos químicos se ha relacionado con riesgos para el sistema respiratorio, reproductivo y nervioso, lo que genera inquietudes sobre su seguridad. Por otro lado, el carbofurano ha sido objeto de numerosos estudios debido a su toxicidad y persistencia en el medio ambiente. Las zonas agrícolas están ubicadas en las periferias de la ciudad, se destaca el maíz y el sorgo.

VII.5.2 Residuos plásticos en sitios agrícolas

En el Estado de Guanajuato, se siembran aproximadamente 47,173 hectáreas de cultivos, donde se hace uso de plásticos agrícolas. Estos plásticos, al final de su vida útil o por algún otro factor, podrían convertirse en Residuos de Manejo Especial (RME). En la Gráfica 29, se muestran las toneladas de residuos generados en el Estado por año (SAMA, 2022). Se observa que los residuos de cintilla son los más comunes, seguidos de residuos de invernadero y acolchados.



Gráfica 29. Residuos plásticos agrícolas en el Estado de Guanajuato.
Fuente: (SAMA, 2025)

En el mismo estudio, se detalla que el municipio de Irapuato es el principal generador de residuos en la temporada de Otoño – Invierno, con un total de 3,460 toneladas al año, y en los cultivos perenes ocupa el quinto lugar con una producción total de 6,352 toneladas al año.

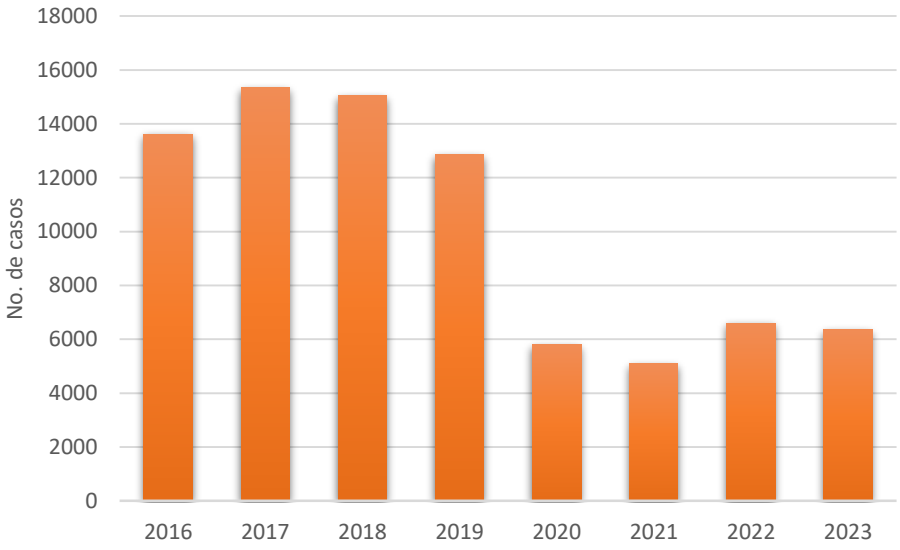
El plástico puede alterar la estructura física del suelo, al formar una capa impermeable que bloquea la infiltración de agua y reduce la aireación, interfiriendo con su capacidad para absorber agua, aire y nutrientes. Esto afecta negativamente a las raíces de las plantas, impidiendo su crecimiento saludable y reduciendo su fertilidad. De igual manera, puede reducir la actividad microbiana y alterar su biodiversidad (ej. lombrices e insectos). Las especies pueden ingerir fragmentos de plástico, lo que puede dañarlos e incluso causarles la muerte. Esto reduce la población de microorganismo que ayudan a la descomposición de materia orgánica, empeorando la calidad del suelo.

Algunos plásticos pueden liberar productos químicos tóxicos como aditivos, ftalatos y bisfenol A (BPA). Estos compuestos pueden actuar como disruptores endocrinos, interfiriendo con el sistema hormonal de los organismos que habitan el suelo o humanos que consumen productos contaminados. Además, los plásticos pueden absorber pesticidas y otros productos químicos utilizados en la agricultura, liberándolos gradualmente al suelo.

Por tanto, su manejo adecuado es esencial para proteger el medio ambiente y asegurar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas a largo plazo.

VII.5.3 Enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo asociadas a la inocuidad en los alimentos

Se proporcionó una base de datos correspondiente a la cantidad de enfermedades gastrointestinales detectadas en el municipio de Irapuato. Se desglosa el histórico acumulado desde el 2006 al 2023 en la Gráfica 30.



Gráfica 30. Casos de enfermedades gastrointestinales del 2016 al 2023
Fuente: Elaboración propia con datos de boletín epidemiológico (SSG, 2024)

En los 8 años analizados se tuvieron un total de 80,744 casos, se resalta el año 2017 al presentar la mayor cantidad de casos de enfermedades con un total de 15,361. En el año 2020 hay una disminución drástica y un ligero aumento en el 2022 y 2023, que no alcanza a los niveles originales. Esto podría deberse a la implementación de medidas de higiene (ej. lavado de manos) para reducir los contagios de COVID-19.

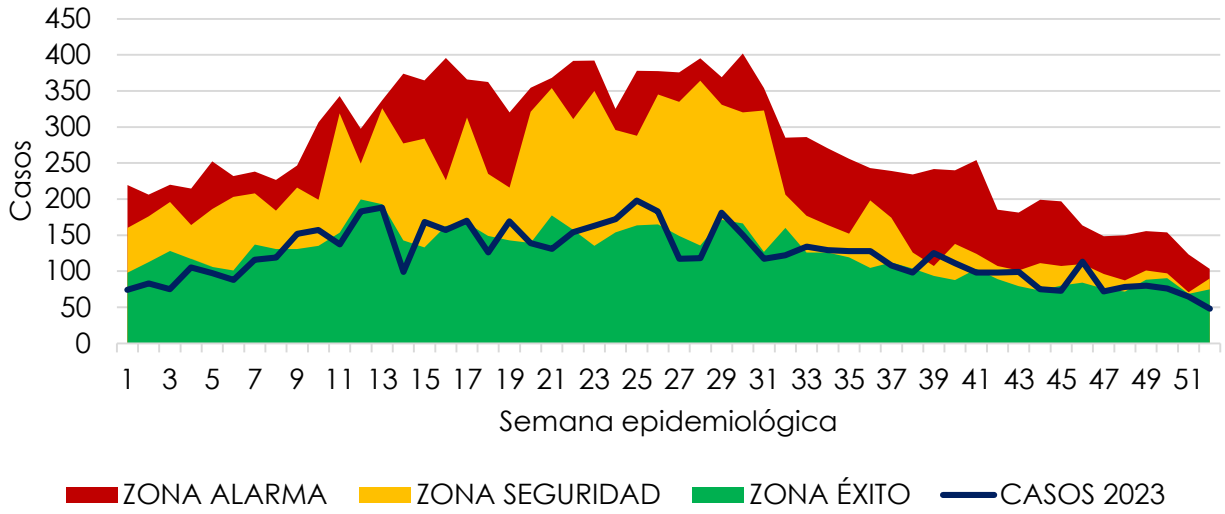
Tabla 137. Tasa de incidencia de las Enfermedades infecciosas y parasitarias del aparato digestivo por cada 100,000 hab

Año	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Tasa de incidencia	2308	2590	2525	2146	964	845	1087	1038

Fuente: Elaboración propia con datos de boletín epidemiológico (SSG, 2024)

La causa de estas enfermedades fue por consumo de agua o alimentos contaminados, los cuales pudieron contaminarse desde la producción por aguas residuales o en la manipulación por una mala higiene en la preparación.

Los resultados del canal endémico, se muestran en la Gráfica 31.



Gráfica 31. Canal epidemiológico por enfermedades gastrointestinales

A lo largo del tiempo se observa un aumento en los casos de marzo a agosto (semanas del 11 al 31). Esto es usual debido a que el calor acelera la proliferación de bacterias y virus en los alimentos, y estos últimos son más propensos a descomponerse si no se almacenan adecuadamente. El año 2023 se muestra un buen desempeño epidemiológico manteniéndose en la zona de éxito y un ligero aumento en Octubre que sólo llega a la zona de seguridad.

Las medidas preventivas o de vigilancia en esa etapa del año fueron fundamentales y se centran en las prácticas de inocuidad alimentaria (Adegoke, Amoah, Stenström , Verbyla, & Mihelcic, 2018), tales como:

- Higiene personal: Lavado frecuente y adecuado de manos por parte de los manipuladores de alimentos.
- Cocción completa: Asegurar que los alimentos, especialmente carnes y mariscos, se cocinen a temperaturas seguras.
- Separación de alimentos: Evitar la contaminación cruzada entre alimentos crudos y cocidos.
- Refrigeración adecuada: Almacenar los alimentos perecederos a temperaturas seguras (generalmente por debajo de los 4°C).
- Agua segura: Usar solo agua potable o hervida para beber y preparar alimentos.
- Limpieza: Mantener limpias y desinfectadas todas las superficies y utensilios de cocina.

VII.6 Contaminación de aire

La calidad del aire es uno de los factores determinantes de la salud pública y el bienestar ambiental. La contaminación atmosférica no solo afecta la salud de las personas, sino que también tiene efectos adversos en los ecosistemas y contribuye al cambio climático. En el municipio de Irapuato, el control de la calidad del aire es particularmente relevante debido al crecimiento urbano, la actividad industrial, y el aumento de la movilidad, factores que incrementan los niveles de emisiones contaminantes. Este apartado analizará los principales contaminantes criterio, su origen, impacto y el contexto normativo que los regula en México y a nivel internacional.

VII.6.1 Contaminantes Criterio y emisiones

Los Contaminantes Criterio (CC), son sustancias presentes en el aire ambiente cuya concentración se ha asociado directamente con efectos adversos para la salud y el ambiente. En México, la regulación de estos contaminantes se realiza a través de normas oficiales mexicanas (NOM), que establecen los límites permisibles para la protección de la salud pública. En el contexto de Irapuato, los CC más relevantes son el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), el ozono (O_3), el dióxido de azufre (SO_2), el dióxido de nitrógeno (NO_2), el monóxido de carbono (CO) y el dióxido de carbono (CO_2).

VII.6.1.1 Material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$

El material particulado, o partículas suspendidas en el aire, es uno de los contaminantes más complejos y perjudiciales. Se clasifican en función de su tamaño:

- PM_{10}: Partículas con un diámetro aerodinámico de hasta 10 micrómetros, que pueden inhalarse y afectar las vías respiratorias superiores.
- $PM_{2.5}$: Partículas con un diámetro aerodinámico de hasta 2.5 micrómetros, capaces de penetrar más profundamente en el sistema respiratorio, alcanzando los alvéolos pulmonares y, en algunos casos, el torrente sanguíneo.

Este contaminante puede tener múltiples orígenes, que incluyen fuentes naturales y antropogénicas:

- Fuentes antropogénicas: una gran parte de las emisiones de PM provienen de la actividad industrial, el tránsito vehicular y la quema de combustibles fósiles. Las partículas pueden generarse en procesos industriales como la fabricación de

cemento, la producción de energía y otras actividades de manufactura. Además, el desgaste de los frenos y llantas de los vehículos en circulación genera partículas que se liberan en el aire.
- Fuentes naturales: Las partículas también pueden tener un origen natural, como el polvo arrastrado por el viento, las esporas de hongos, el polen, o el humo generado por incendios forestales o agrícolas.

Las partículas PM_{10} y $PM_{2.5}$ están asociadas con un amplio rango de problemas de salud (DOF, 2021a)

- Enfermedades respiratorias: La exposición a material particulado puede agravar enfermedades respiratorias preexistentes, como el asma y la bronquitis crónica.
- Enfermedades cardiovasculares: Estudios han demostrado una correlación entre la exposición a $PM_{2.5}$ y un aumento en el riesgo de ataques cardíacos, hipertensión y accidentes cerebrovasculares.
- Cáncer: La exposición prolongada al material particulado en exteriores se asocia a la incidencia de pulmón (Yang, et al., 2021).
- Impactos ambientales
- El material particulado también tiene efectos adversos en el medio ambiente:
- Reducción de la visibilidad: Las partículas en suspensión pueden reducir la visibilidad, afectando la seguridad en el transporte y el turismo.
- Deposición ácida: Cuando las partículas contienen compuestos de azufre y nitrógeno, pueden contribuir a la acidificación de suelos y cuerpos de agua.

VII.6.1.2 Ozono (O_3)

El ozono a nivel del suelo es un contaminante secundario, lo que significa que no se emite directamente, sino que se forma en la atmósfera mediante reacciones químicas en presencia de luz solar (NOM-022-SSA1-2019, OMS AIRE 2024, RETC 2021). Estas reacciones ocurren principalmente entre los óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV), provenientes de fuentes como:

- Transporte vehicular: Los vehículos son una fuente importante de óxidos de nitrógeno, que, en combinación con COV, pueden formar ozono en presencia de luz solar.
- Industria: En Irapuato, las actividades industriales también contribuyen a la emisión de precursores de ozono, especialmente aquellas industrias que utilizan solventes o realizan procesos de combustión.

- Actividades agrícolas: La quema de residuos agrícolas emite COV y otros compuestos que pueden actuar como precursores del ozono.

El ozono cuenta con múltiples impactos en la salud, resaltando:

- El ozono es un irritante respiratorio potente:
- Problemas respiratorios: La exposición al ozono puede provocar tos, irritación en las vías respiratorias y empeorar el asma.
- Enfermedades crónicas: La exposición prolongada se asocia con un mayor riesgo de desarrollar enfermedades respiratorias crónicas y una reducción en la función pulmonar.
- Impactos ambientales

El ozono también daña los ecosistemas:

- Daños en la vegetación: El ozono afecta negativamente la fotosíntesis en las plantas, reduciendo su crecimiento y productividad. Este efecto es especialmente notable en cultivos y bosques.
- Biodiversidad: Las plantas expuestas a ozono pueden ser menos resilientes a otras amenazas ambientales, lo que puede afectar a la biodiversidad.

VII.6.1.3 Dióxido de azufre (SO_2)

El dióxido de azufre es un gas incoloro y de olor fuerte que resulta principalmente de la quema de combustibles fósiles, los cuales contienen azufre, como el carbón y el petróleo. Este contaminante es una de las principales causas de la lluvia ácida y puede tener efectos graves en la salud humana (WHO global air quality)(NOM-025-SSA1-2021).

- El SO_2 afecta el sistema respiratorio, especialmente en personas con problemas de salud preexistentes.
- Irritación respiratoria: La exposición a niveles elevados de SO_2 puede causar irritación de las vías respiratorias y dificultades para respirar.
- Asma y alergias: Los asmáticos son particularmente sensibles al SO_2, que puede desencadenar ataques y síntomas agudos.
- Impactos ambientales

El dióxido de azufre también contribuye a problemas ambientales significativos:

- Lluvia ácida: El SO_2 se convierte en ácido sulfúrico en la atmósfera, que se deposita en la superficie como lluvia ácida, afectando suelos, cuerpos de agua, y vegetación.
- Degradación de ecosistemas: La lluvia ácida altera el pH de los suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud de los ecosistemas acuáticos y forestales.

VII.6.1.4 Dióxido de nitrógeno (NO_2)

La presencia del dióxido de nitrógeno (NO_2) en el aire puede correlacionarse con varias actividades desarrolladas en la ciudad. Las principales fuentes de emisiones antropogénicas de NO_2 son los procesos de combustión (calefacción, generación de electricidad y vehículos). Además, el NO_2 es la fuente principal de los aerosoles de nitrato, que constituyen una parte importante de las $PM_{2.5}$ y, en presencia de luz ultravioleta, del ozono por la reacción fotoquímica ocurrida (WHO global air quality)(NOM-025-SSA1-2021).

Los Impactos en la salud son:

- Afecciones respiratorias: La exposición al NO_2 puede reducir la función pulmonar y agravar enfermedades respiratorias como el asma y la EPOC.
- Enfermedades infantiles: Los niños expuestos a niveles elevados de NO_2 pueden experimentar un crecimiento pulmonar más lento y un mayor riesgo de infecciones respiratorias.

El NO_2 también contribuye a otros problemas de calidad del aire:

- Ozono troposférico: El NO_2 es un precursor clave en la formación del ozono troposférico, exacerbando sus impactos negativos.
- Deposición ácida: Al igual que el SO_2, el NO_2 contribuye a la formación de lluvia ácida, afectando el suelo y cuerpos de agua.

VII.6.1.5 Monóxido de carbono (CO)

El monóxido de carbono es un gas tóxico, incoloro e inodoro, que se genera principalmente por la combustión incompleta de combustibles fósiles. Las fuentes comunes incluyen los vehículos automotores y los incendios forestales (NOM-023-SSA1-2021)(WHO

global air quality)(RETC 2021). El monóxido de carbono afecta la capacidad de la sangre para transportar oxígeno:

- Asfixia: A concentraciones elevadas, el CO puede provocar intoxicación y, en casos graves, la muerte.
- Riesgo cardiovascular: La exposición crónica a niveles bajos de CO puede aumentar el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

VII.6.1.6 Emisiones de dióxido de carbono (CO_2)

El dióxido de carbono (CO_2) es un gas de efecto invernadero fundamental en el balance térmico de la Tierra. Aunque en concentraciones normales en el aire ambiente no representa un riesgo directo para la salud humana, su contribución al cambio climático tiene implicaciones indirectas pero profundas para la salud pública, el bienestar y los ecosistemas.

El aumento de las concentraciones de CO_2 en la atmósfera, es el principal impulsor del cambio climático, lo cual tiene numerosos efectos en el medio ambiente y la salud pública:

- Eventos climáticos extremos: La acumulación de CO_2 contribuye al incremento de eventos extremos como olas de calor, inundaciones, sequías e incendios forestales. Estos fenómenos no solo afectan la salud humana, causando deshidratación, insolación y enfermedades infecciosas, sino que también ponen en riesgo los sistemas agrícolas y el abastecimiento de agua.
- Enfermedades transmitidas por vectores: El cambio climático puede expandir el rango geográfico de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue y la malaria, debido al aumento de temperaturas que favorecen la proliferación de mosquitos.
- Contaminación secundaria: Los cambios en el clima y las condiciones atmosféricas también pueden influir en la formación y dispersión de otros contaminantes, exacerbando problemas de calidad del aire y aumentando la exposición a contaminantes como el ozono y el material particulado.
- Acidificación de los océanos: El CO_2 se disuelve en los océanos y forma ácido carbónico, lo que conduce a la acidificación de los océanos. Esto afecta la vida marina, especialmente los organismos con estructuras de carbonato de calcio, como los corales y algunos moluscos.
- Desbalances ecológicos: Cambios en el clima pueden alterar los ciclos de vida de diversas especies, impactando negativamente a la biodiversidad y la resiliencia de

los ecosistemas. Esto, a su vez, afecta a la agricultura, la pesca y otros sectores económicos dependientes del ambiente natural. (Proyecciones_GEI)(RETC 2021).

VII.6.2 Monitoreo de la calidad del aire

El monitoreo de la calidad del aire es una herramienta esencial para la protección de la salud pública y el medio ambiente. En el estado de Guanajuato, las redes de monitoreo permiten medir y registrar las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente. Estos datos ayudan a evaluar la exposición de la población, identificar patrones de contaminación y orientar las políticas y estrategias de control de calidad del aire.

A nivel Estado se cuenta, desde 1999, con el Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG), el cual se compone de:

a) Red automática,
b) Red manual,
c) Red meteorológica,
d) Taller de mantenimiento,
e) Laboratorio de calibraciones,
f) Centro de control.

El SIMEG ha permitido conocer las concentraciones de los contaminantes en el aire a los que la población de los municipios se encuentra expuesta, (SMAOT, Consulta WEB 11-11-2024).

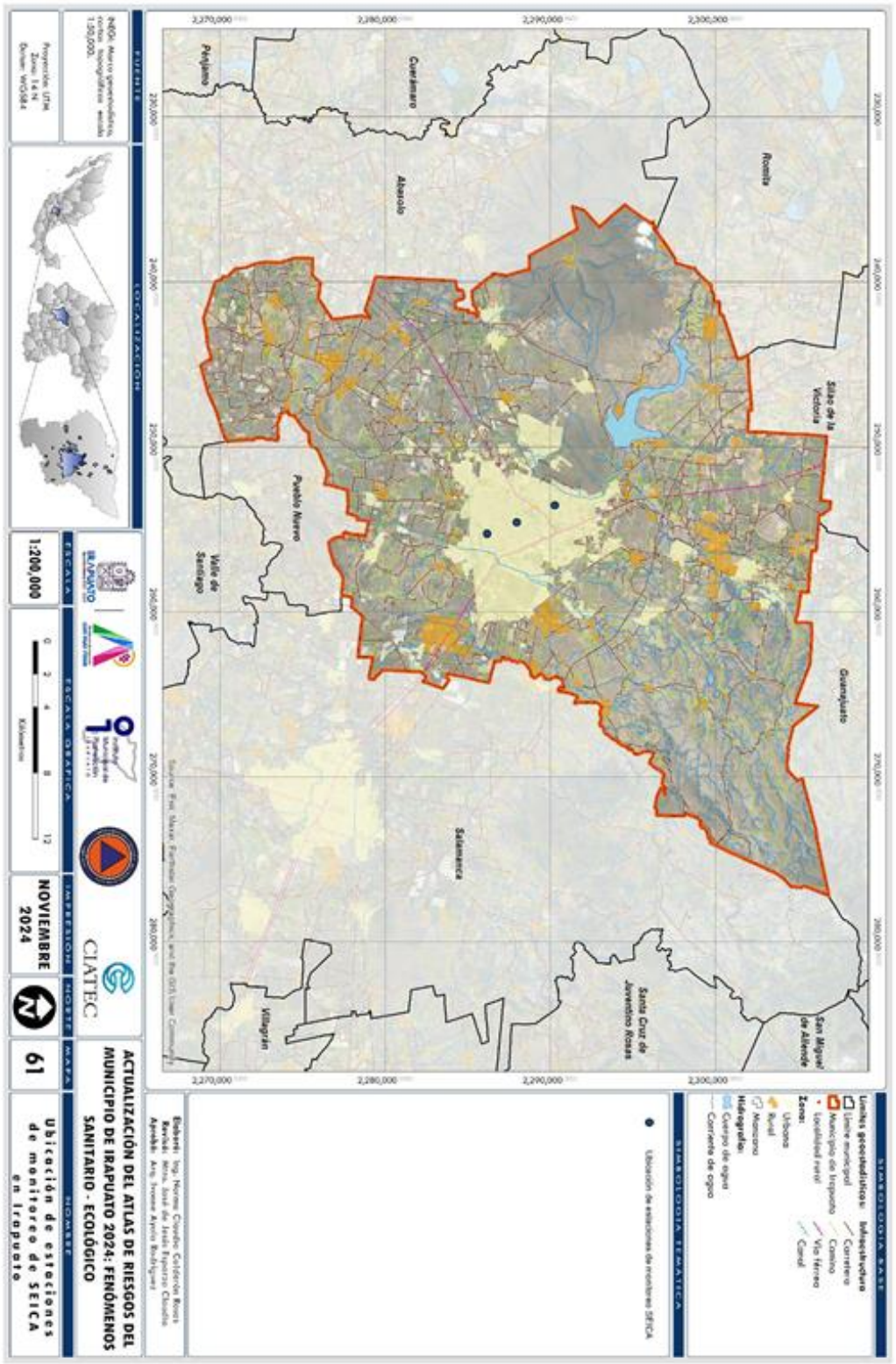
En el año 2021, se instaló el Centro de Información sobre contaminación de la Atmósfera (CEICA) en las oficinas de la SMAOT en la ciudad de Guanajuato. Dicho centro sirve para el análisis de información de calidad del aire del SIMEG, también de las emisiones, generación de inventario de emisiones, información del programa de verificación vehicular, (SMAOT, 2022b).

El municipio de Irapuato cuenta con tres estaciones de monitorio, pertenecientes al Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Estado de Guanajuato; su nombre y ubicación se especifican en la Tabla 138, así como los parámetros medidos en diferentes periodos de tiempo a lo largo del día.

Tabla 138. Ubicación y principales parámetros de medición de las estaciones de monitoreo de calidad del aire del SEICA.

Nombre de la estación	Parámetros medidos						Dirección	Coordenadas geográficas	
	O_3	$PM_{2.5}$	PM_{10}	NO_2	SO_2	CO			
Secundaria	✓		✓			✓	Calle Alfonso Rincón Gallardo esquina Campestre del Valle, Col. Jardines del Valle	Lat:	20.69250
								Long:	-101.36492
Bomberos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	Av. Juan José Torres Landa 375, Col. Álvaro Obregón	Lat:	20.67487
								Long:	-101.35584
Teódula	✓	✓	✓		✓	✓	Calle Tres esquina Av. Cuatro, Col. San Marcos	Lat:	20.65821
								Long:	-101.34919

Fuente: Elaboración propia con datos de (SMAOT, 2022b)



Mapa 55. Ubicación de estaciones de monitoreo del SEICA.

VII.6.3 Identificación de sitios contaminados

VII.6.3.1 Inventarios de fuentes contaminantes y de emisiones

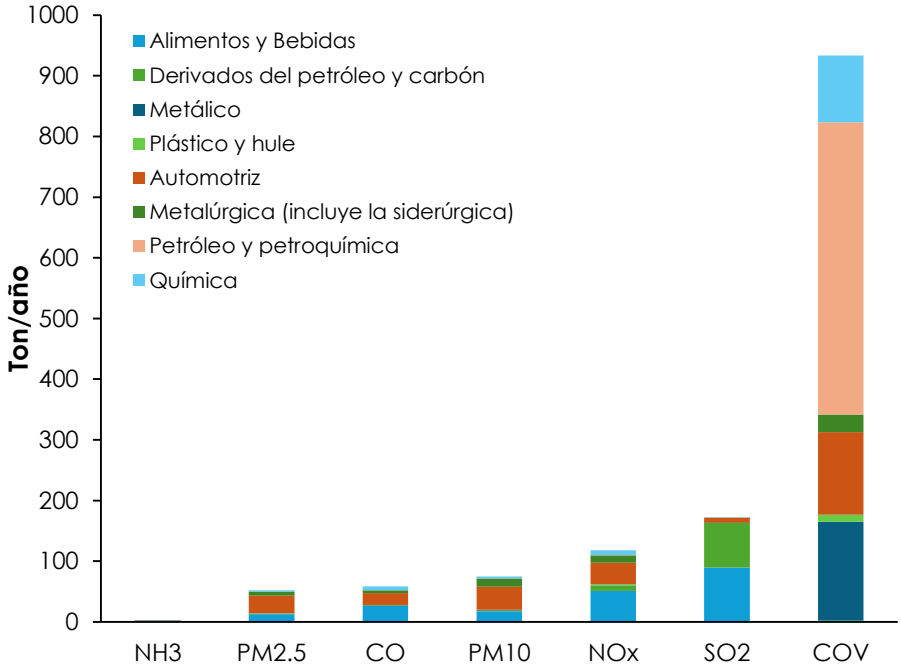
VII.6.3.1.1 Fuentes fijas

Este tipo de fuentes se refiere a los establecimientos industriales relacionados con sectores de jurisdicción federal o estatal; en el municipio de Irapuato se cuentan con 27,676 unidades registradas hasta 2024, que corresponden a las actividades económicas mostradas en la Gráfica 32.

Gráfica 32. Número de empresas registradas como fuente fija por actividad económica.

Fuente: (DENUE, 2024)

De acuerdo a datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018, las principales emisiones de contaminantes criterio para las fuentes fijas por sector se pueden observar la siguiente gráfica.



Gráfica 33. Emisiones anuales de fuentes fijas para contaminantes criterio por sector económico.
Fuente: INEM 2018

Las principales emisiones se asocian a los COVs, monóxido de carbono y SO_2, siendo el sector de petróleo y petroquímica el principal emisor por cantidad, seguida de los sectores automotriz, así como alimentos y bebidas, cuyos valores específicos se pueden observar en la Tabla 139.

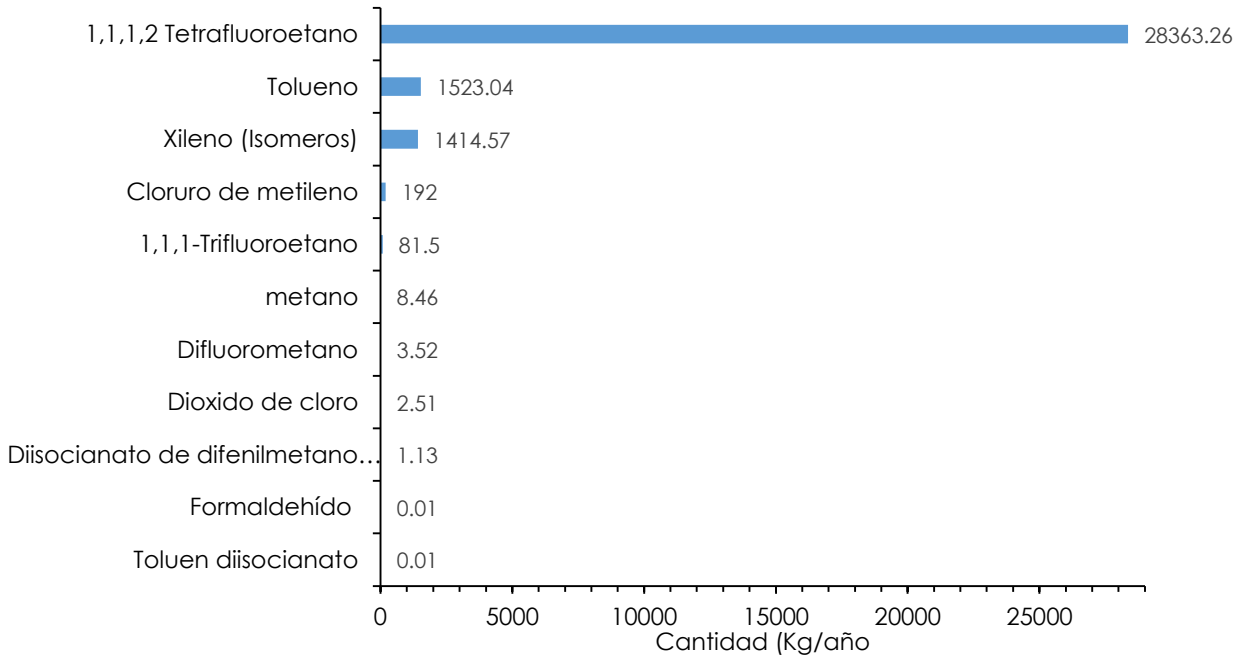
Tabla 139. Valores específicos de emisión de contaminantes criterio de fuentes fijas por sector económico.

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV	NH_3	TOTAL
Petróleo y petroquímica	0.02	0.00	0.05	0.08	0.35	481.71	0.00	482.22
Metálico	0.82	0.57	0.02	0.36	0.67	162.48	0.00	164.93
Química	3.04	1.94	0.14	6.12	7.98	109.94	0.24	129.40
Automotriz	38.36	29.08	8.06	19.70	35.45	135.66	0.61	266.93
Alimentos y Bebidas	17.47	12.53	89.34	26.50	50.98	2.45	1.29	200.55
Derivados del petróleo y carbón	1.14	0.74	73.83	0.87	8.51	0.04	0.12	85.25
Plástico y hule	0.28	0.15	0.01	0.19	2.00	11.78	0.00	14.41
Metalúrgica (incluye la siderúrgica)	13.75	6.87	0.50	4.64	12.20	29.18	0.12	67.25
Otras Industrias	0.13	0.08	0.00	0.78	1.12	0.05	0.02	2.18
Cemento y cal	0.81	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18

Sector	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_x	COV	NH_3	TOTAL
Accesorios, aparatos eléctricos y equipos de generación eléctrica	0.01	0.00	0.00	0.07	0.11	0.67	0.00	0.86
Industria textil	0.02	0.00	0.00	0.12	0.33	0.00	0.00	0.47
Mezclas químicas	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08	0.00	0.00	0.13
Papel y cartón	0.00	0.00	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	0.06
Tratamiento de residuos peligrosos	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04

Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

Aunado lo anterior, y de acuerdo a Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de Guanajuato (año base 2021), se cuentan con registros específicos de emisiones anuales de COVs por fuentes fijas en el municipio, los cuales pueden observarse en la Gráfica 34.



Gráfica 34. Principales emisiones específicas de COVs para fuentes Fijas

Fuente: (RETC 2021).

Se puede resaltar que, de acuerdo a los datos del RETC, el principal compuesto volátil emitido por las fuentes fijas en el municipio de Irapuato corresponde a Tetrafluoroetano, seguido de Tolueno así como Xileno.

Fuentes de área

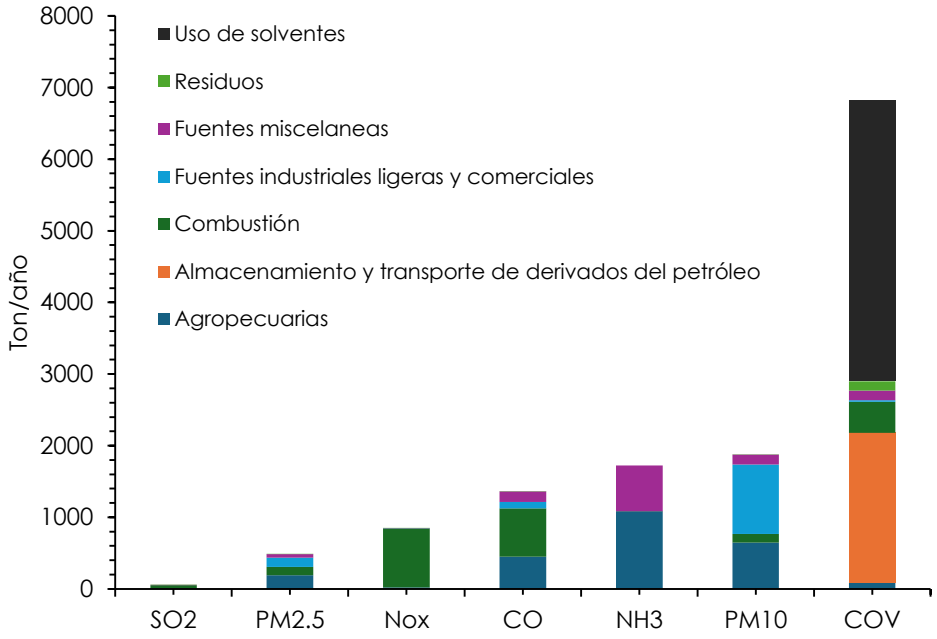
Las fuentes de área son emisiones dispersas y numerosas relacionadas con las actividades domésticas, comercial y de servicios. Las categorías y subcategorías se muestran en la Tabla 140.

Tabla 140. Categorías y subcategorías de las fuentes de área en Irapuato.

Categoría	Subcategoría
Agropecuarias	Aplicación de fertilizantes
	Aplicación de plaguicidas
	Corrales de engorda
	Emisiones ganaderas
	Labranza
	Quemas agrícolas
Almacenamiento y transporte de derivados del petróleo	Manejo y distribución de combustibles
	Manejo y distribución de gas LP
Combustión	Combustión agrícola
	Combustión comercial
	Combustión doméstica
Fuentes industriales ligeras y comerciales	Actividades de la construcción
	Asados al carbón
	Panificación
Fuentes misceláneas	Caminos pavimentados y sin pavimentar
	Emisiones domésticas de amoniaco
	Esterilización de material hospitalario
	Incendios en construcciones
	Incendios forestales
	Ladrilleras
Residuos	Aguas residuales
	Quema de residuos
	Rellenos sanitarios
Uso de solventes	Artes gráficas
	Asfaltado
	Lavado en seco
	Limpieza de superficies industriales
	Pintado automotriz
	Pintura para señalización vial
	Recubrimiento de superficies arquitectónicas
	Recubrimiento de superficies en la industria
	Uso doméstico de solventes

Fuente: Datos definitivos Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018.

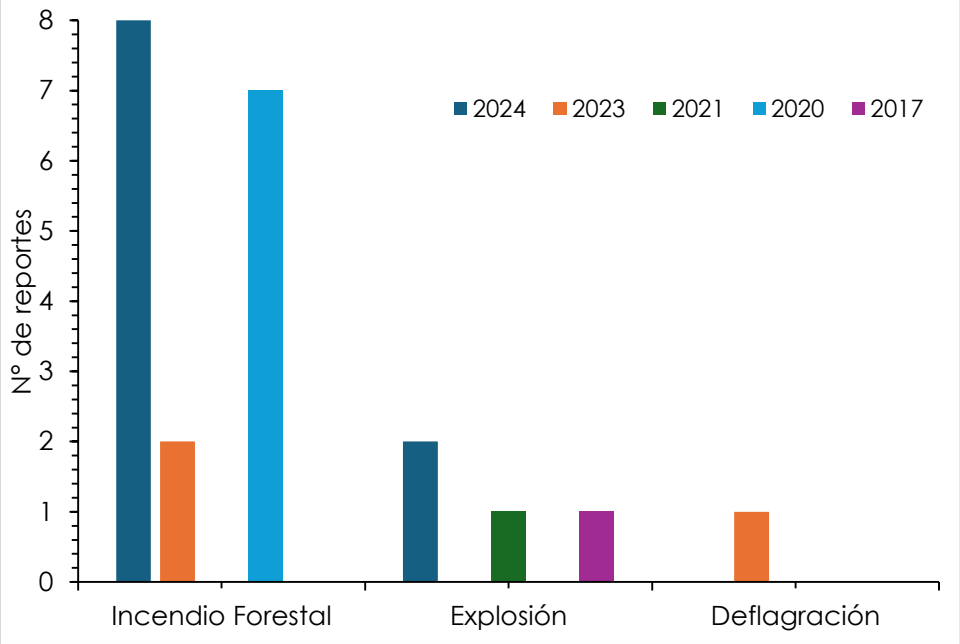
En la Gráfica 35, y de acuerdo a datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018, se muestran las principales emisiones de contaminantes criterio para las fuentes de área.



Gráfica 35. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de área.
Fuentes: Datos definitivos Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018.

Los principales contaminantes emitidos en fuentes de área son los compuestos orgánicos volátiles (6,821.4 Ton/año) y las partículas suspendidas PM_{10} (1,873.9 Ton/año), donde el uso de solventes funge como la fuente de emisión más significativa, así como el almacenamiento de derivados del petróleo y las fuentes industriales ligeras y comerciales.

Se requiere hacer un hincapié en los incendios, explosiones y fugas de químicos, ya que representan el principal riesgo asociado a fuentes de área. A continuación, se muestran los reportes generados de este tipo de accidentes en el municipio de Irapuato, desde el 2014 hasta el 2024.



Gráfica 36. Número de reporte de incidentes asociados a incendios en Irapuato.
Fuente: Reportes de Seguridad Pública

La Tabla 141 muestra las afectaciones por los accidentes reportados anteriormente.

Tabla 141. Afectación estimada por explosiones y deflagraciones en el municipio.

Emergencia	Año	Afectación	Unidades
Deflagración	2020	1	bomba
Explosión	2024	75	metros
Explosión	2024	45/1	metros/fallecido
Explosión	2021	1	casa
Explosión	2017	1	casa

Fuente: Reportes de Seguridad Pública, 2024.

También se cuenta con información respecto a derrames químicos para el periodo de 2014 a 2024, de los cuales se indican tres reportes, uno para fuga de cloro en 2021, otro de fuga de gas LP en 2021 y el último de derrame de gasolina en 2020.

Tabla 142. Frecuencia de fugas en el municipio.

Categoría	Año	
	2021	2020
Fuga gas cloro	1	-
Fuga gas LP	1	-

[1309]

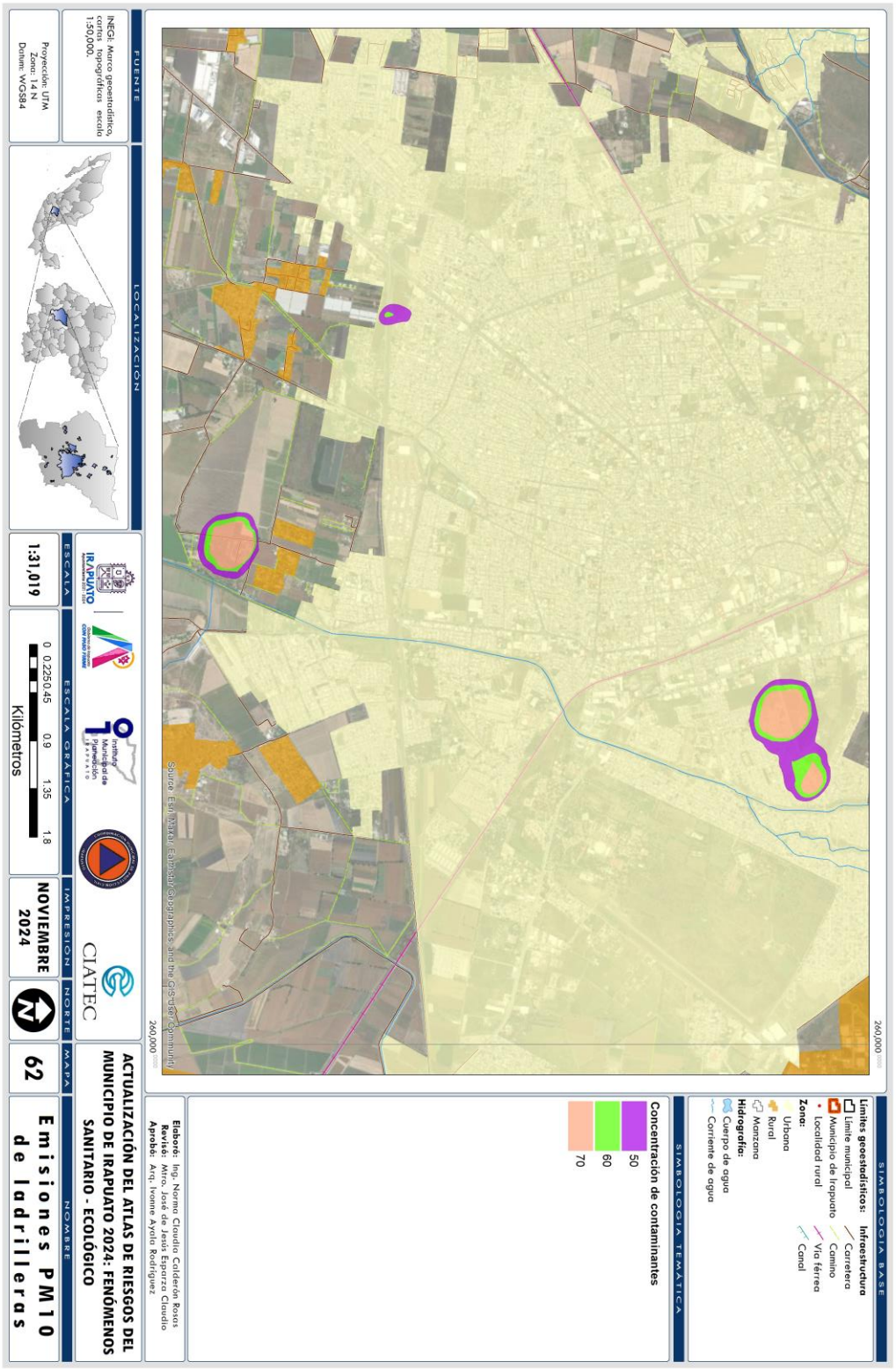
Gasolina	-	1

Fuente: Reportes de Seguridad Pública

VII.6.3.1.2 Ladrilleras

El estudio de ladrilleras, de la SMAOT, presentó un enfoque integrado de análisis, que combinó una modelación de dispersión, un análisis meteorológico y varios criterios normativos. Esto originó un mapa de isoconcentración de PM_{10}, donde destacaron dos zonas de interés por los altos los niveles de concentración en la fuente de emisión y en un radio circundante debido a su acumulación (Mapa 56).

La modelación empleada, consideró parámetros meteorológicos y características topográficas y operativas de los hornos, y aportó una base sólida para diseñar estrategias de mitigación territorialmente focalizadas. Además, el estudio se enmarcó en la cuenca atmosférica Salamanca-Celaya-Irapuato, mostrando una problemática regional integrado la necesidad de implementar políticas públicas orientadas tanto a la modernización tecnológica del sector ladrillero como a la protección de la salud poblacional. Los resultados fueron útiles para la planeación ambiental y la toma de decisiones regulatorias a nivel municipal y estatal.



Mapa 56. Ubicación e influencia de las ladrilleras en Irapuato

VII.6.3.1.3Fuentes móviles

Las fuentes móviles incluyen a los medios de transporte los cuales se clasifican con relación a su circulación en carreteras. Las fuentes carreteras incluyen a los vehículos automotores de diferentes tamaños, desde motocicletas hasta tractocamiones, (ver Tabla 143). Las fuentes no carreteras incluyen a los vehículos dedicados a actividades de la construcción y agrícola, terminales de transporte público, ferrocarril y centros de distribución de transporte.

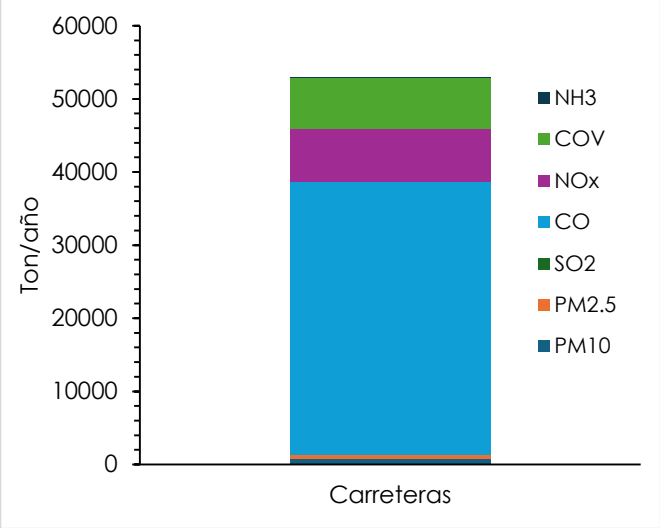
Tabla 143. Fuentes móviles carreteras y no carreteras.

Fuente	Clasificación
Carreteras	Autobús
	Automóviles particulares
	Camioneta de transporte público
	Camionetas particulares
	Motocicletas
	Pickup y vehículos menores a 3.8 toneladas
	Taxi
	Tractocamiones
	Vehículos mayores a 3.8 toneladas
No carreteras	Cruces fronterizos*
	Embarcaciones marinas*
	Locomotoras de patio
	Maquinaria agrícola y de construcción
	Terminales de autobuses

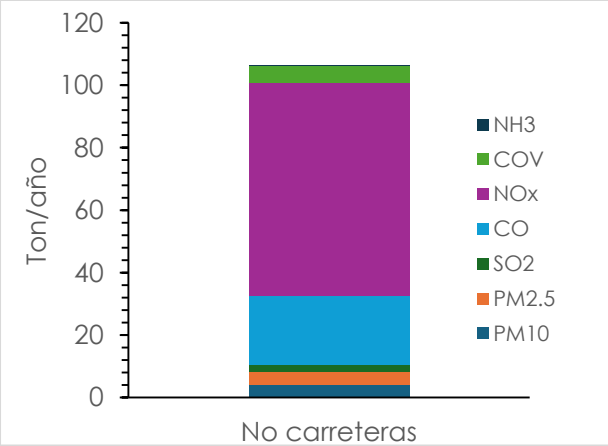
***** *Clasificación que no aplica para Irapuato*

Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

A continuación, y de acuerdo a datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018 (SEMARNAT, 2018a), se muestran las principales emisiones de contaminantes criterio para las fuentes móviles, (Gráfica 37 y Gráfica 38).



Gráfica 37. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes móviles carreteras
Fuente: (SEMARNAT, 2018a)



Gráfica 38. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes móviles no carreteras
Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

Para fines prácticos se hará hincapié en cada sector de las fuentes móviles para una mejor interpretación de los resultados.

Fuentes carreteras

De acuerdo a los datos de Centro SICT Guanajuato, así como del INEGI, al 31 de diciembre de 2021. La longitud de la red carretera de Irapuato según tipo de camino y superficie de rodamiento, se resume en la Tabla 144.

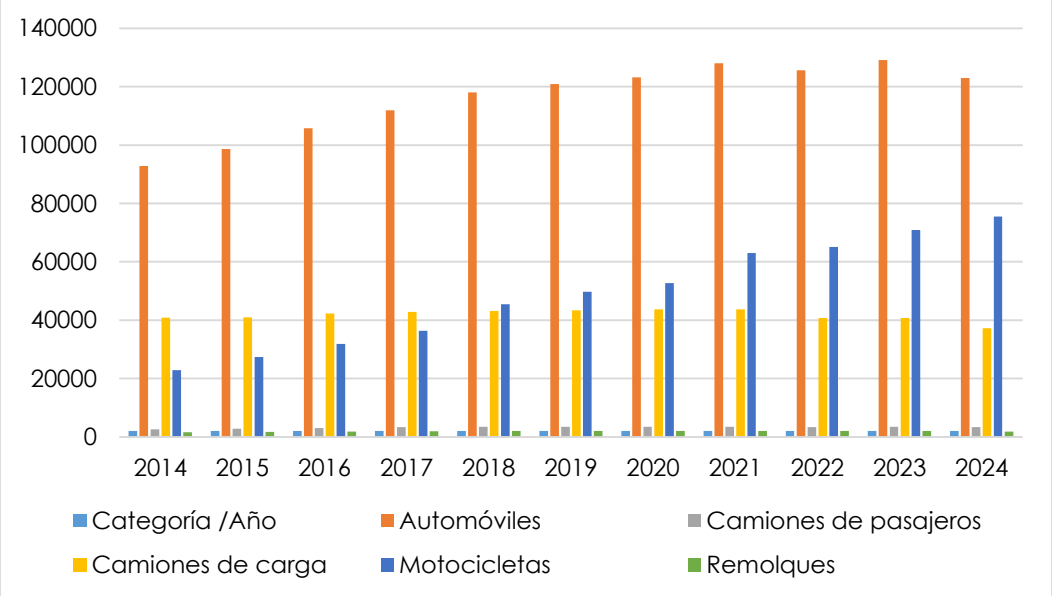
Tabla 144. Longitud de la red carretera de Irapuato según tipo de camino

Fuentes carreteras	Característica	Longitud (Km)
Troncal federal [a]	Pavimentada [c]	127
Alimentadoras estatales [b]	Pavimentada	60
	Revestida	3
	Terracería	0
Caminos rurales	Pavimentada	188
	Revestida	44
	Terracería [d]	0
Brechas mejoradas	-	0
Total	**-**	**422**

[a] Primarias, comprende caminos de cuota de dos, cuatro o más carriles (incluidos los estatales) y libres de dos, cuatro o más carriles.
[b] Secundarias, acceso a las carreteras troncales.
[c] Comprende caminos de dos, cuatro o más carriles.
[d] Se refiere a tramos en mejoramiento, ampliación o en construcción.

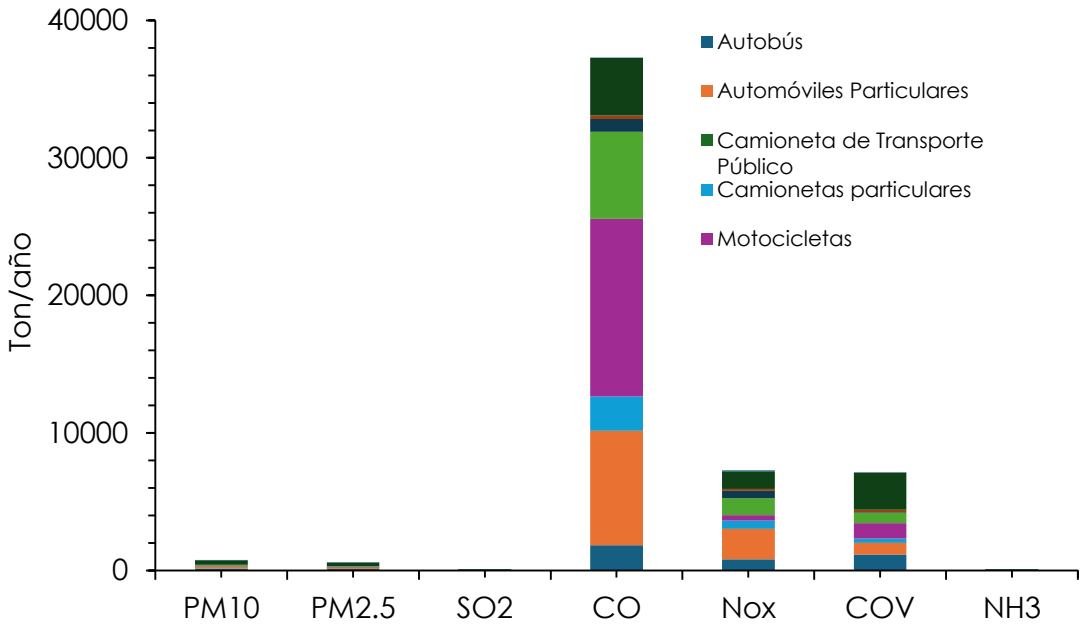
Fuente: (INEGI, 2021a)

La cantidad del tipo de vehículos registrados en el municipio de Irapuato hasta 2024, se muestran en la siguiente gráfica.



Gráfica 39. Vehículos registrados en el municipio.
Fuente: (Secretaría de Finanzas, 2024)

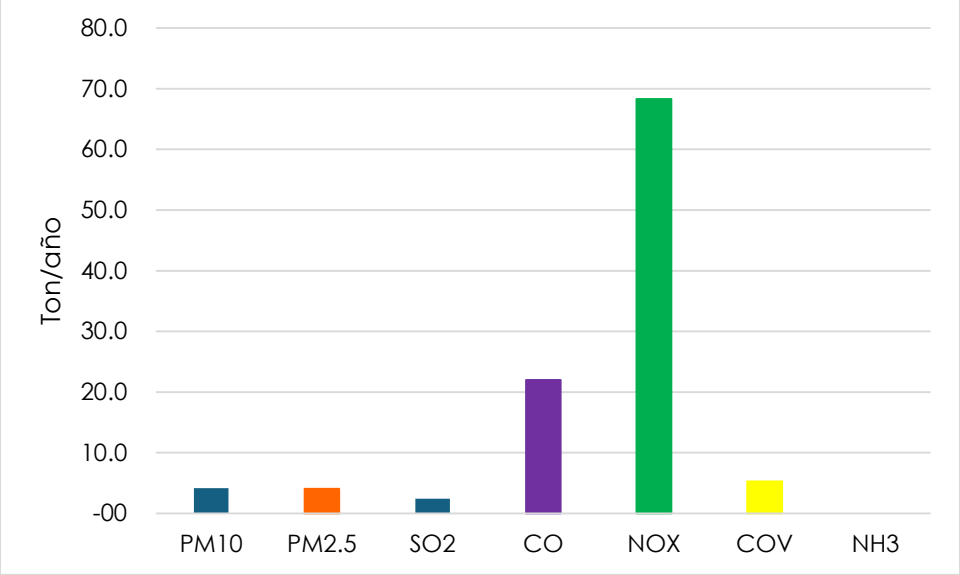
En concordancia con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018, para las fuentes móviles carreteras, las principales emisiones de contaminantes criterio son las partículas suspendidas PM_{10} y $PM_{2.5}$.



Gráfica 40. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de móviles carreteras
Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

Fuentes no carreteras

El registro de emisiones no carreteras es mucho menor a las fuentes carreteras; no obstante, no se descarta su importancia. En concordancia con los datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018 para las fuentes móviles no carreteras, las principales emisiones de contaminantes criterio son los NO_x, y la única fuente proviene de la maquinaria agrícola y de construcción, como se observa en la siguiente gráfica.



Gráfica 41. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes de móviles no carreteras.

Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

a) Fuentes Naturales

En la siguiente tabla se muestran las principales emisiones de contaminantes criterio para las fuentes naturales para el municipio, consideradas como emisiones biogénicas; de acuerdo a los datos del Inventario Nacional de Emisiones de México de Contaminantes Criterio año base 2018.

Tabla 145. Principales emisiones de contaminantes criterio por sector para las fuentes naturales.

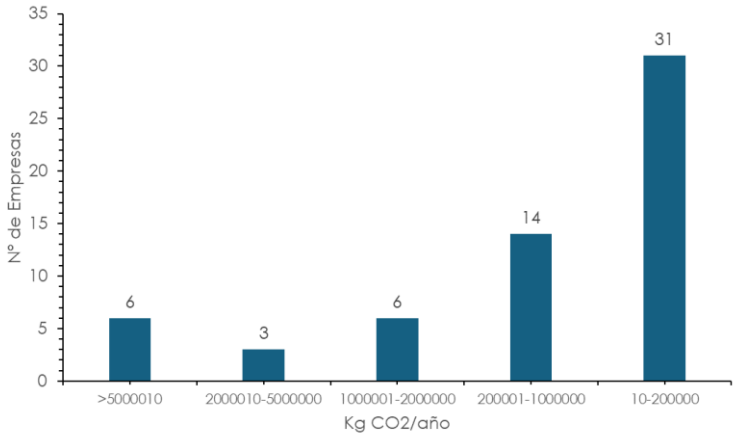
Categoría (Ton/año)	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SO_2	CO	NO_X	COV	NH_3
Emisiones Biogénicas	0	0	0	0	2,350.92	6,557.52	0

Fuente: (SEMARNAT, 2018a)

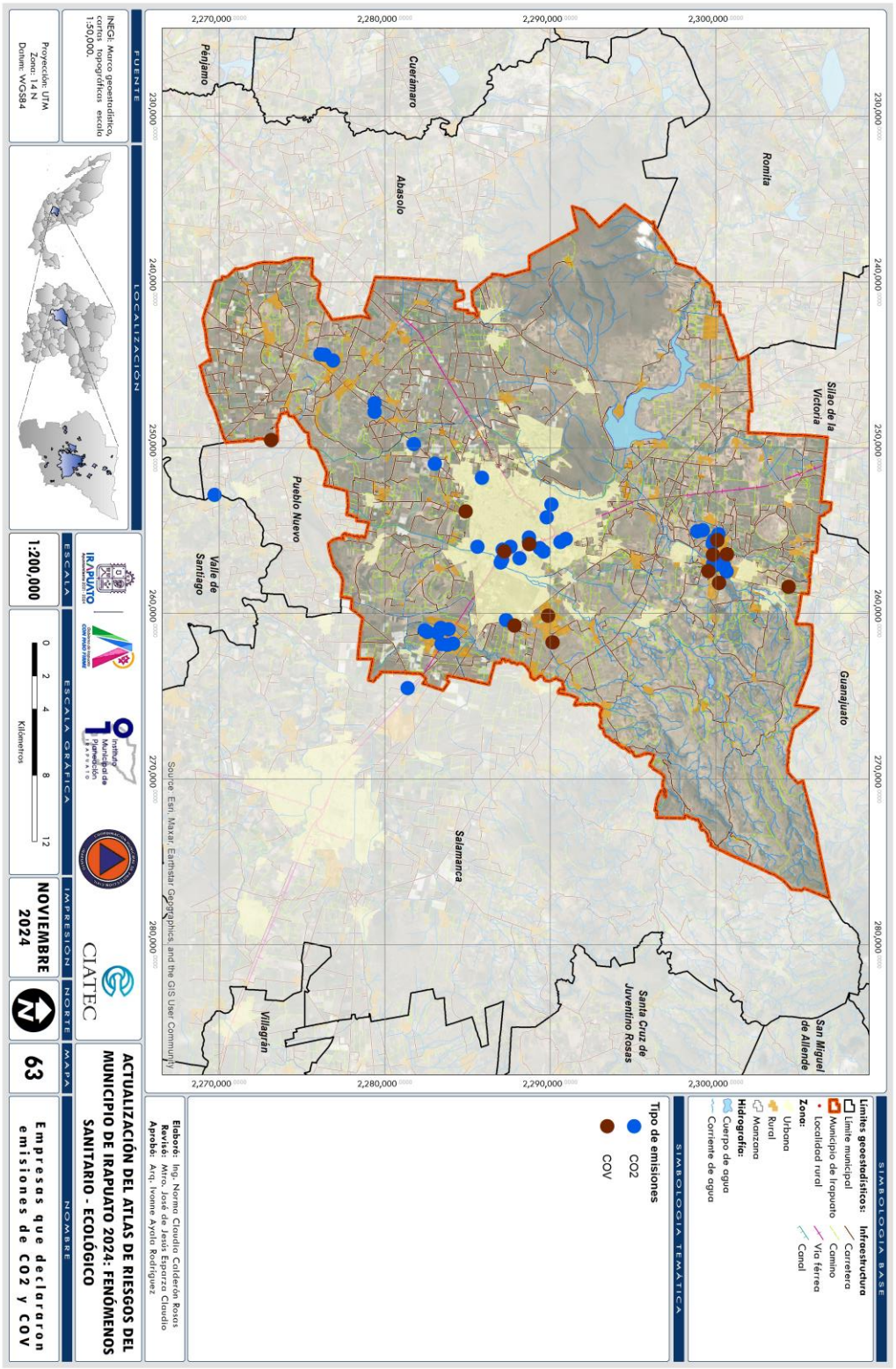
VII.6.3.1.4 Inventario de gases y compuestos de efecto invernadero

El Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC), de Guanajuato es una base de datos Estatal con información de sustancias contaminantes emitidas al ambiente (aire, agua y suelo o que son transferidas en el agua residual y/o en los residuos de manejo especial). El RETC se conforma y actualiza periódicamente con la información que presentan los establecimientos industriales que tienen su funcionamiento como fuente fija de jurisdicción estatal, siendo la Cédula de Operación Anual el principal instrumento de reporte.

En la siguiente figura agrupa el número de empresas por cantidad de dióxido de carbono generada al año 2021.



Gráfica 42. Número de empresas por cantidad de CO2 generada al año 2021.
Fuente: RETC 2021.



Mapa 57. Ubicación de empresas que declararon emisiones de CO_2 y COVs.

VII.6.4 Determinación del peligro

VII.6.4.1 Número de días que se sobrepasó el límite de emisiones de acuerdo con el índice de salud 2019

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, en todas las estaciones los contaminantes PM_{10} y $PM_{2.5}$ fueron los que registraron mayores días en los que se sobrepasó el límite de acuerdo con el índice de salud 2019.

Tabla 146. Número de días que se sobrepasó el límite por estación

	Año	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014
PM_{10}	**Bomberos**	55	89	117	135	122	178	202	93	63	54
	Teódula	67	90	119	96	114	134	138	94	76	84
	Secundaria	14	20	56	26	58	63	74	72	69	62
$PM_{2.5}$	**Bomberos**	22	24	36	36	37	37	43	0	0	0
	Teódula	19	35	46	35	38	39	67	0	0	0
	Secundaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
O_3	**Bomberos**	1	0	0	12	8	1	0	0	0	2
	Teódula	0	1	1	2	9	1	1	9	11	6
	Secundaria	0	0	1	1	3	0	1	0	2	7
SO_2	**Bomberos**	0	0	0	1	1	0	1	0	0	4
	Teódula	0	1	1	1	1	1	1	2	3	3
	Secundaria	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1
NO_2	**Bomberos**	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	Teódula	0	31	0	0	0	0	1	0	0	0
	Secundaria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CO	**Bomberos**	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Teódula	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
	Secundaria	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1

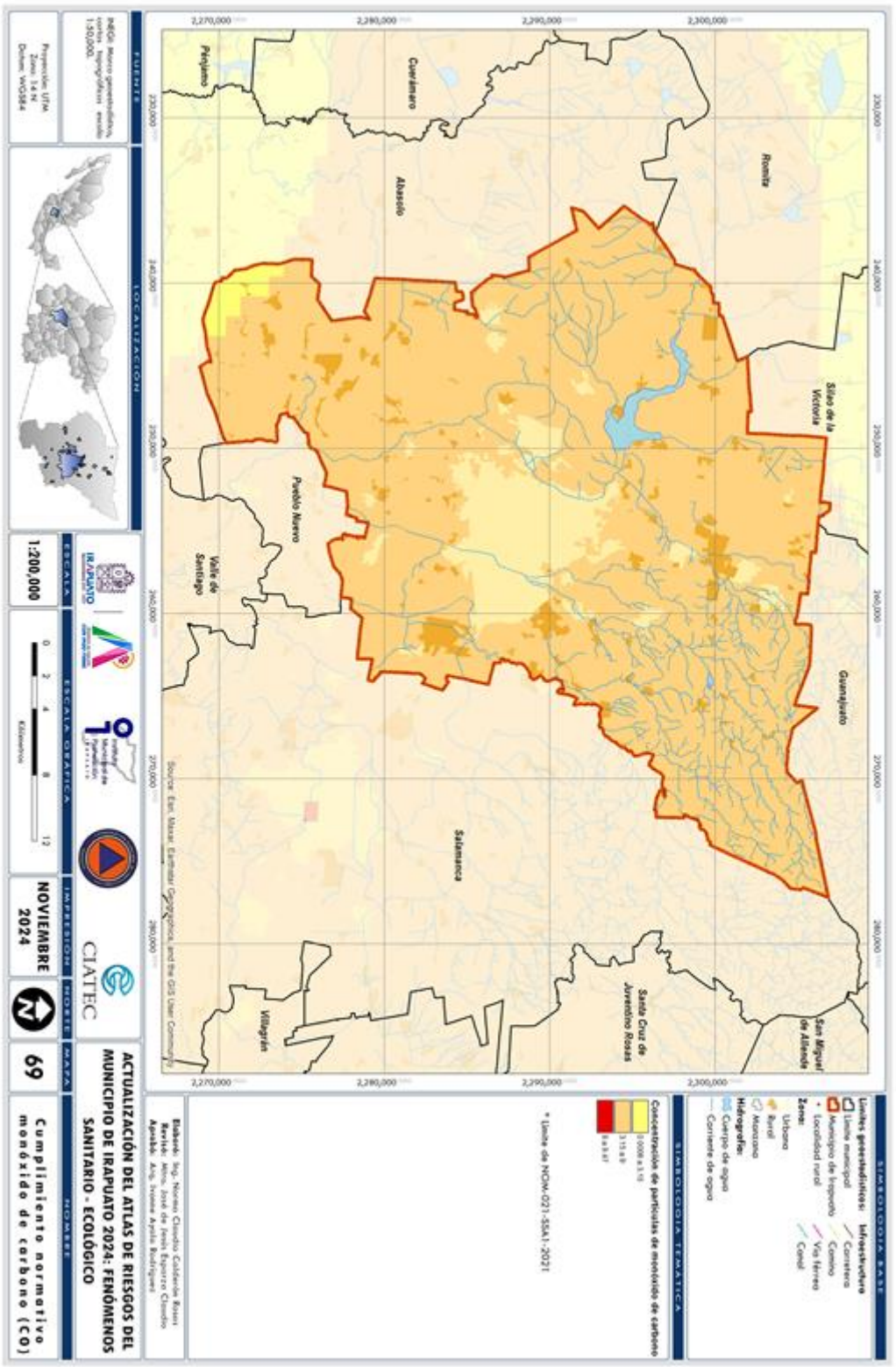
Fuente: Elaboración propia con datos de SMAOT

Las concentraciones detectadas de CO, SO2 se encuentran por debajo de los límites establecidos para aire de mala calidad, por lo que no se consideran un riesgo inmediato para la salud, se tiene desde el 2017 como máximo un día donde sobrepasa el límite.

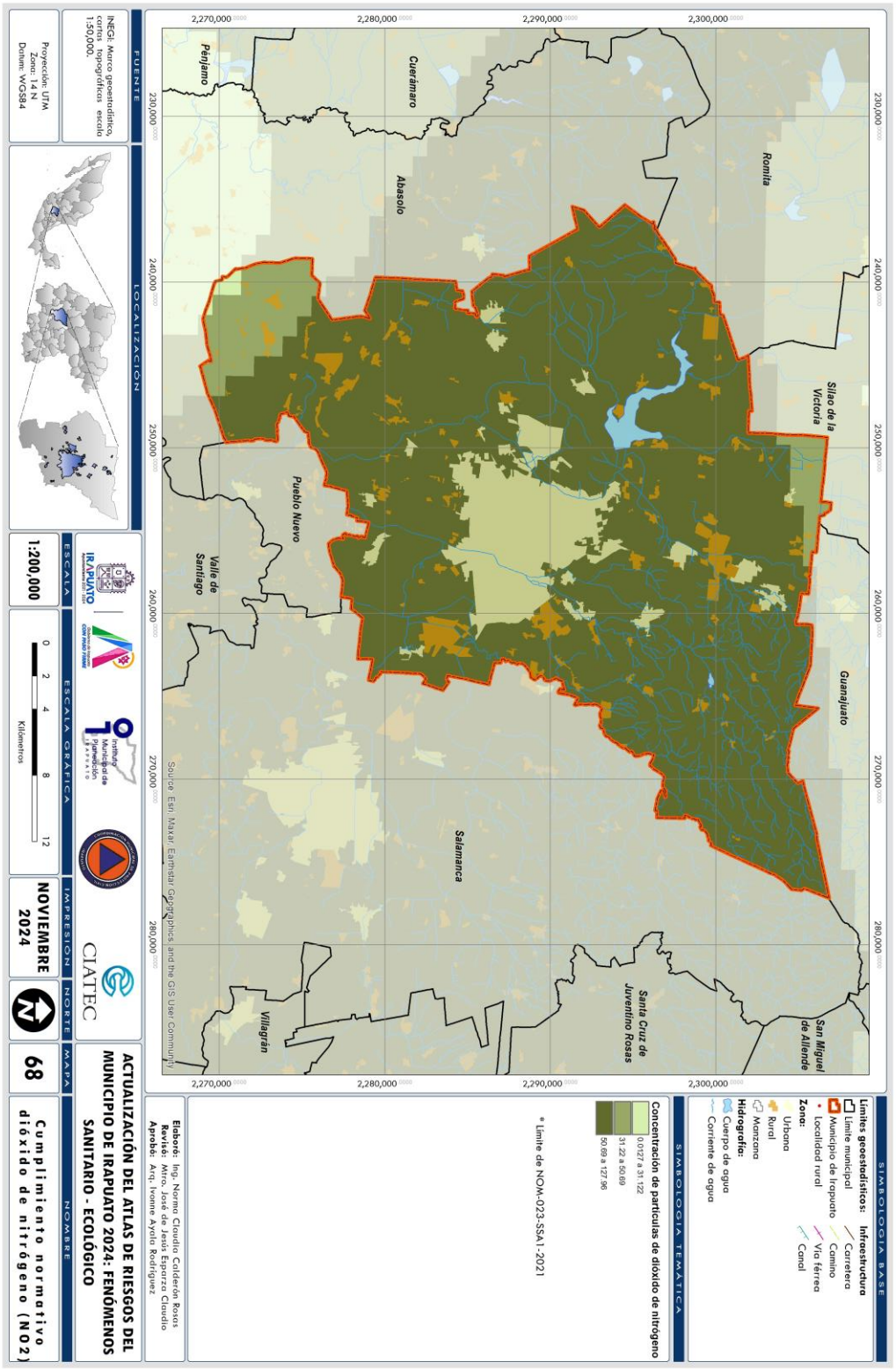
El NO_2 tiene un incumplimiento de días en el año 2022 que es significativo, el resto de la década se mantuvo estable.

Para ozono, la estación bomberos es la que más reporta días donde sobrepasa el límite (2018 y 2019), pero a partir del 2021 el número de días que sobrepasa el límite es hasta 1 día por año.

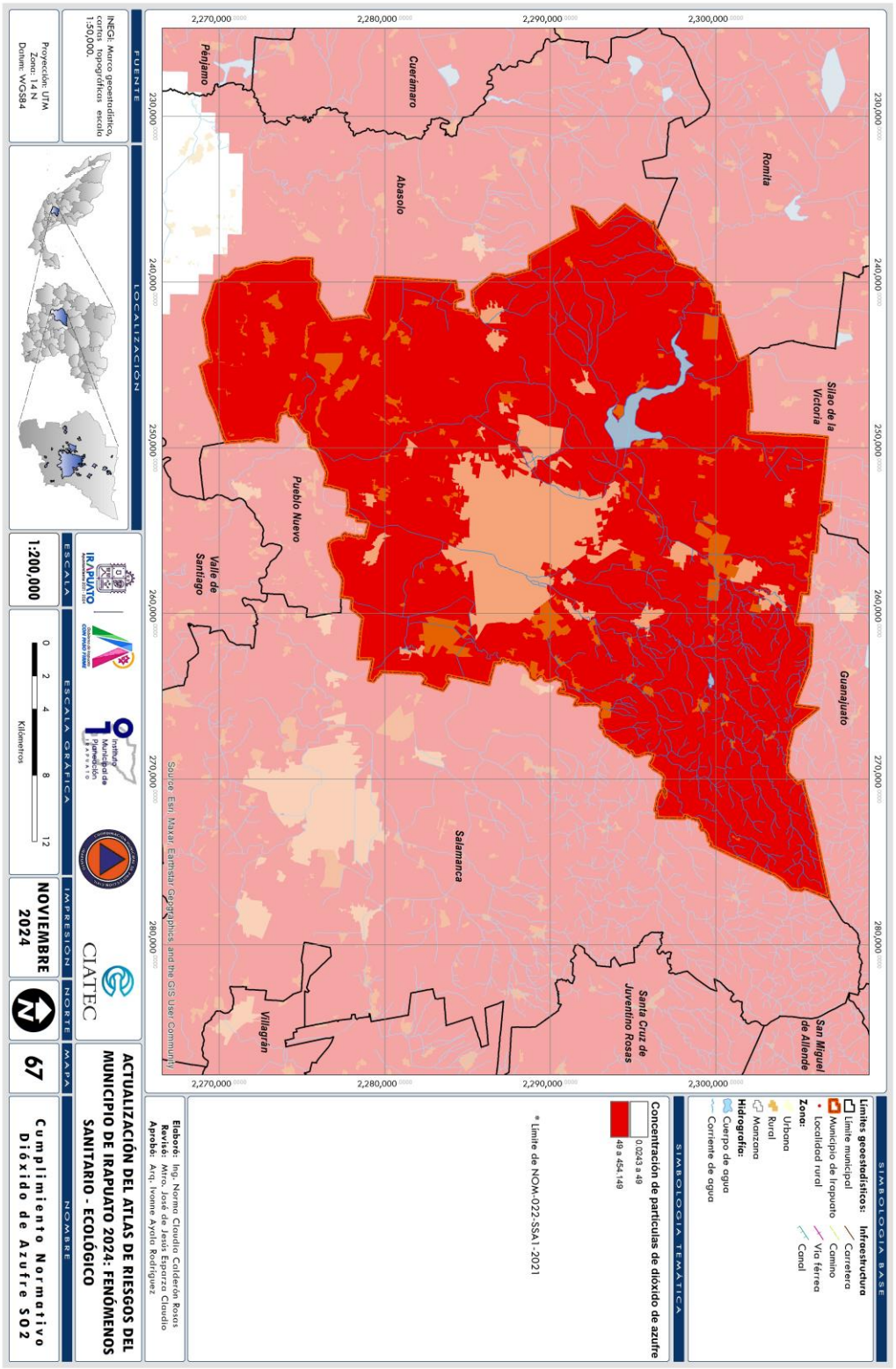
Las partículas PM10 y PM2.5 siguen siendo los contaminantes más trascendentales en las zonas urbanas, si bien hay una tendencia a la baja en Irapuato, las concentraciones encontradas representan una mala calidad del aire, generalizado en todas las zonas.



Mapa 58. Cumplimiento de las concentraciones CO.

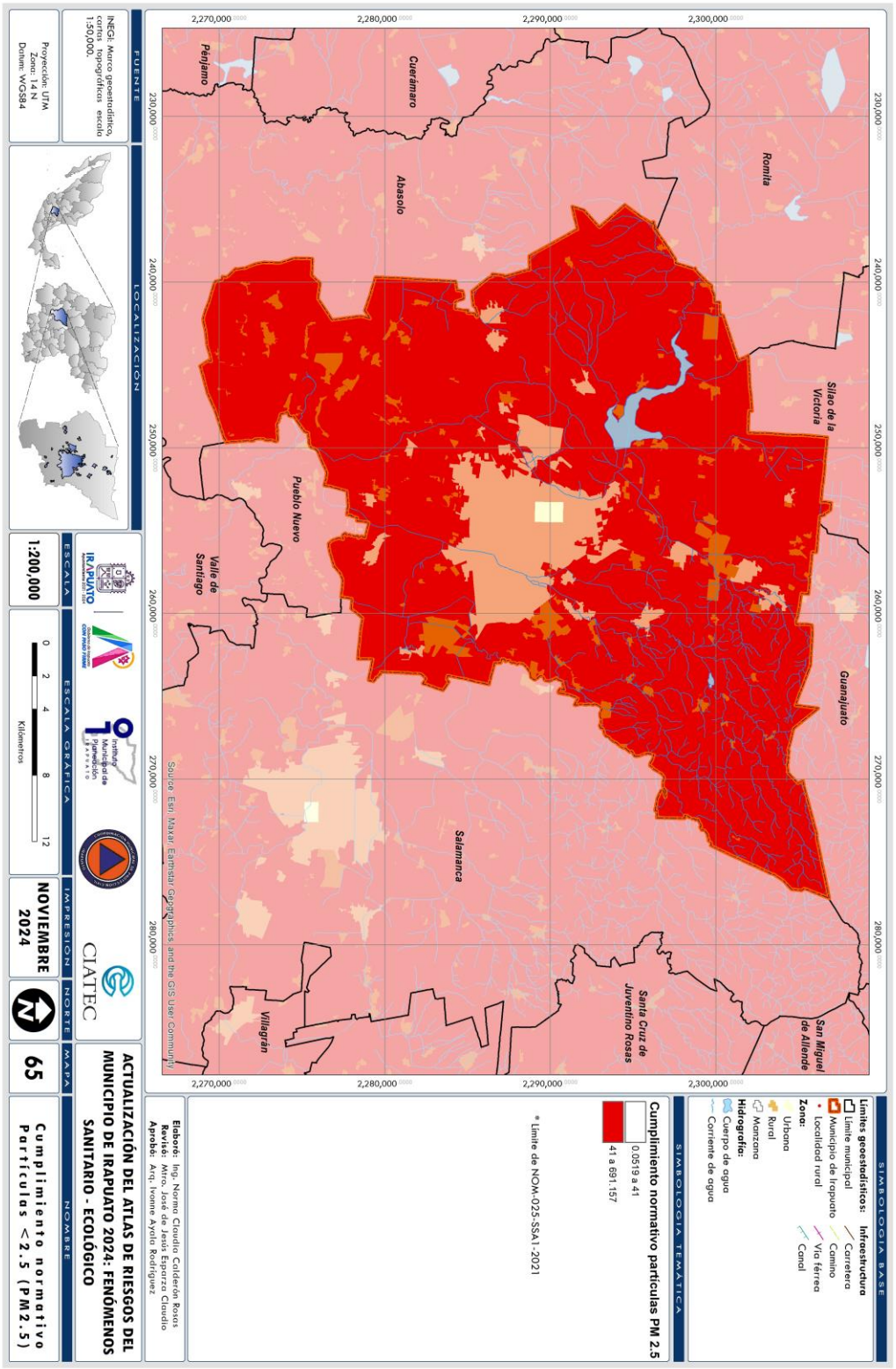


Mapa 59. Cumplimiento de las concentraciones NO_2

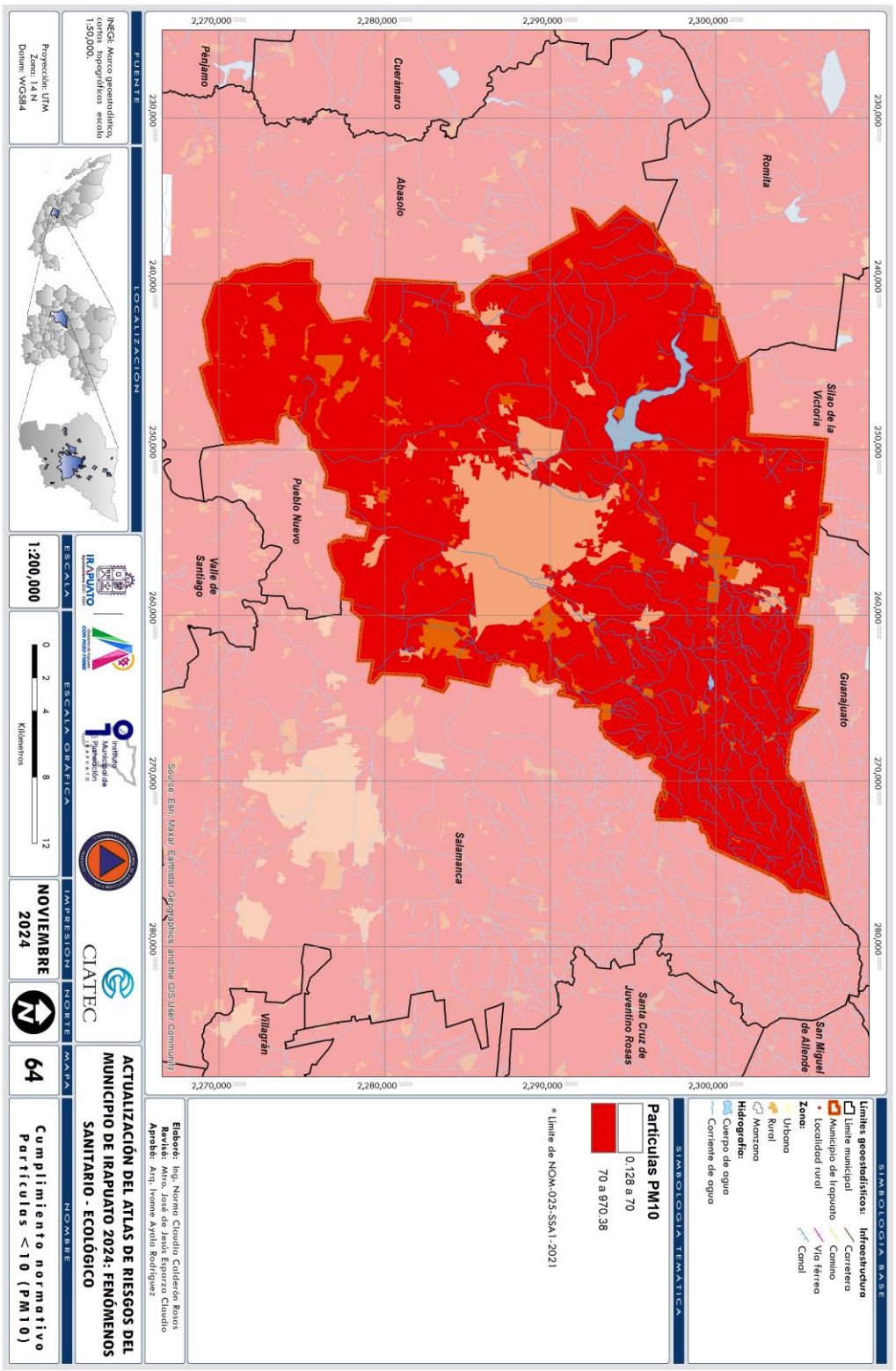


Mapa 60. Cumplimiento de las concentraciones SO_2

[1323]



Mapa 61. Cumplimiento de las concentraciones $PM_{2.5}$



Mapa 62. Cumplimiento de las concentraciones PM_{10}.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

(15 de abril de 2019). "El problema del agua hedionda…": Río Turbio. (E. Gonzalez , Entrevistador)

Adegoke, A. A., Amoah, I. D., Stenström , T. A., Verbyla, M. E., & Mihelcic, J. R. (2018). Epidemiological Evidence and Health Risks Associated With Agricultural Reuse of Partially Treated and Untreated Wastewater: A Review. *Front Public Health*, 6:337. doi:10.3389

Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente. (Abril de 2021). *SEMARNAT*. Obtenido de Sitios Contaminados: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServleta1c3.html

Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos. (04 de 2021). *Sitios contaminados remediados*. Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletdeae.html

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (6 de Mayo de 2016). *Resúmenes de Salud Pública - Formaldehído*. Obtenido de https://www.atsdr.cdc.gov/

Agua y Medio Ambiente. (2024). *Padrón de Prestadores de Servicios para el Manejo de Residuos de Manejo Especial*. Obtenido de https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/papsrme

Akidauana , D. B., Freitas, D. M., Araujo, J. P., Cavalcanti, S. N., Camara, D., Agrawal, P., & Mélo , T. (2019). HDPE/LLDPE blends: rheological, thermal, and mechanical properties. *Materials Research Innovations*, 1-6.

Almaguer Medina, J. F. (23 de 07 de 2020). *Contaminación de agua por colorantes y propuesta de remediación*. Obtenido de Universidad de Guadalajara : http://www.cucei.udg.mx/es/noticia/contaminacion-de-agua-por-colorantes-y-propuesta-de-remediacion

Alvarado, R. (10 de octubre de 2023). *Implementan podas sanitarias en Sierra de Pénjamo y Cuerámaro*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapua

to/local/implementan-podas-sanitarias-en-sierra-de-penjamo-y-cueramaro-20659742

Amantesdelasplantas. (3 de mayo de 2024). *Ficus benjamina: Cultivo y Cuidado de Plagas y Enfermedades*. Obtenido de amantesdelasplantas: https://amantesdelasplantas.com/ecologia/ficus-problemas/

Argüello Tovar, O. (1996). *Calidad del agua para riego*. Obtenido de Agrosavia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria: http://hdl.handle.net/20.500.12324/37104

Arton, F. (4 de diciembre de 2023). *Muérdago, la plaga que afecta a árboles del Irekua y sus alrededores*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/muerdago-la-plaga-que-afecta-a-arboles-del-irekua-y-sus-alrededores-13248687

Arton, F. (26 de enero de 2025). *Agricultores de Irapuato enfrentan crisis agrícola por cambio climático y falta de apoyos*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/agricultores-de-irapuato-enfrentan-crisis-agricola-por-cambio-climatico-y-falta-de-apoyos-21383746

ASEA. (29 de 12 de 2023). *Cantidad de sitios contaminados por tipo de contaminante*. Obtenido de https://datos.gob.mx/busca/dataset/cantidad-de-sitios-contaminados-por-tipo-de-contaminante

Aseo Publico Leon. (2023). *Aseo Publico* . Obtenido de Escombrera: https://www.aseopublicoleon.gob.mx/escombrera

ASOCIACIÓN MEXICANA DE DISTRIBUIDORES DE AUTOMOTORES. (s.f.). *Programa Nacional de Auditoría Ambiental. Guía rápida.* Obtenido de https://www.amda.mx/wp-content/uploads/ARCHIVOS-AMBIENTAL/Gui%CC%81a%20ra%CC%81pida%20PNAA%20AMDA%20.pdf

ASTM. (2013). *American Society of Testing Materials*. Obtenido de https://compass.astm.org/CUSTOMERS/index.html

Avelar-Roblero, J. U., Sánchez-Bravo, J. R., Domínguez-Acevedo, A., Lobato de la Cruz, C., & Mancilla-Villa, O. R. (2019). Validación de un prototipo de sistema captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano. *IDESIA, 37*(1), 53-59.

Ayuntamiento de Manuel Doblado. (13 de Junio de 2020). *Manuel Doblado*. Obtenido de https://cdmanueldoblado.com.mx/

Ayuntamiento de Purisima del Rincón. (2 de Abril de 2020). *Purisima del Rincón*. Obtenido de

http://purisimadelrincon.mx/principal/

Ayuntamiento de San Franciso del Rincón. (19 de Julio de 2020). *San Francisco del Rincon*. Obtenido de http://www.sanfrancisco.gob.mx/index/site/index.php

Ayuntamiento León. (20 de Julio de 2020). *León* . Obtenido de https://www.leon.gob.mx/leon/

Balmaseda, A. H. (2006). Serotype-specific differences in clinical manifestations of dengue. *The American journal of tropical medicine and hygiene, 74*(3), 449-456.

Barstow, M., & Deepu, S. (septiembre de 2018). *Azadirachta indica (Neem)*. Obtenido de Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN 2018: e.T61793521A61: https://www.iucnredlist.org/species/61793521/61793525

Bena, C. (2020). *LA CAPTACIÓN Y EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA : ¿UNA POSIBLE SOLUCIÓN AL ABASTECIMIENTO PARA LA CIUDAD DE MÉXICO?* (Tesis de maestría ed.). El Colegio de México.

Bitton, G. (2005). *Wastewater Microbiology* (Third ed.). Wiley-Blackwell.

Bocanegra-Martínez, A., Ponce-Ortega, J., Nápoles-Rivera, F., Serna-Gonzáleza,, M., Castro-Montoyaa,, A., & El-Halwagi, M. (2014). Optimal design of rainwater collecting systems for domestic use into. *Resources, Conservation and Recycling, 84*, 44-56. doi:10.1016/j.resconrec.2014.01.001

BOMBEROS. (2023). *Base de datos por captura de fauna.* Leon.

Bomberos. (2023). *Base de datos por incendios atendidos.* León.

Bomberos. (2023). *Bases de datos por derrames de sustancias peligrosas.* León.

Bond, T., Goslan, E., Parsons, S. A., & Jefferson, B. (2012). A critical review of trihalomethane and haloacetic acid formation from natural organic matter surrogates. *Environmental Technology Reviews*, 92-113.

Byrns, G., Barham, B., Yang, L., Webster, K., Rutherford, G., Steiner, G., . . . Scannell, M. (2021). Usos y limitaciones de la lámpara ultravioleta germicida portátil para la desinfección de superficies. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, S75–S85.

California Deparment of Industrial Relations. (Marzo de 2013). *Seguridad de Amoniaco.* Obtenido de https://www.dir.ca.gov/dosh/dosh_publications/AmmoniaHazardAlertSp.pdf

Carpio-Domínguez, J. L., Villarreal-Martínez, M. T., & Hernández-Jiménez, M. C. (22 de septiembre de 2021). *Posesión de animales exóticos y enfermedades*

zoonóticas: una aproximación desde el contexto mexicano. Obtenido de Sociedad y Ambiente, 24, 2021, ISSN: 2007-6576, pp. 1-31. doi: 10.31840/sya.vi24.2414: https://revistas.ecosur.mx/sociedadyambiente/index.php/sya/article/download/2414/1879/

CDC. (2024). *About One Health*. Obtenido de Center for Disease Control and Prevention.

CDC. (Feb de 2025). *U.S. Government Releases First National One Health Plan to Protect People, Animals, and Our Environment from Shared Health Threats*. Obtenido de CDC Newsroom: https://www.cdc.gov/media/releases/2025/us-government-releases-national-one-health-plan.html

CENAPRED. (2006). *ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO POR INUNDACIONES Y AVENIDAS SÚBITAS EN ZONAS RURALES, CON ARRASTRE DE SEDIMENTOS*. México.

CENAPRED. (2014). *Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. D.F.: CENAPRED.

CENAPRED. (21 de 12 de 2016). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5466288&fecha=21/12/2016#gsc.tab=0

CENAPRED. (2023). *Información Básica de Peligros Naturales a Nivel Municipal*. (D. d. Investigación, Ed.) Obtenido de Estado de Guanajuato, Municipio de Irapuato 11017: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/InformacionBasicaMunicipal/Guanajuato/11017.pdf

CENAPRED. (22 de Agosto de 2024). *Declaratorias*. Obtenido de http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/apps/Declaratorias/

Centro Eure. (2021). *PROGRAMA MUNICIPAL DE DESARROLLO URBANO Y DE ORDENAMIENTO ECOLÓGICO TERRITORIAL DE IRAPUATO, GTO*. Irapuato.

Certicalia. (2014). *Certificado EMAS*. Obtenido de https://www.certicalia.com/certificado-emas

CESAVEG, C. (2024). *Sistema de Alerta Fitosanitaria del Estado de Guanajuato*. Obtenido de https://siafeg.org.mx/Inicio

CEVECE. (2020). *Panorama Epidemiologico de las Neumonias*. Centro Estatal de Vigilancia Epidemiologica y Control de Enfermedades del Gobierno del Estado de Mexico. Obtenido de https://cevece.edomex.gob.mx/sites/cevece.edomex.gob.mx/files/files/docs/documentostec/reportes/2019/RCERBHMMJEM%2002.pdf

CIIFEN. (09 de Octubre de 2017). *Centro Internacional para la Investigación*

del Fenomeno del Niño. Obtenido de Efecto Invernadero: http://www.ciifen.org/index

Cisneros-Cisneros, C., Álvarez-Olguín, G., Sustaita-Rivera, F., Morales-Luis, R., & Herrera-Arellano, I. (2022). Dimensionamiento óptimo de tanques de sistemas de captación de agua de. *Tecnología y ciencias del agua, 13*(6), 166-208. doi:10.24850/j-tyca-13-06-04

Comision Europea. (2009). *Documentos y guías de aplición EMAS*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-comunitario-de-ecogestion-y-ecoauditoria-emas/ventajas_emas.aspx

Comisión para la Coperación Ambiental. (2025). *Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) de América del Norte*. Obtenido de http://takingstock.cec.org/Report?AgencyIDs=2&CityIDs=1363&Culture=es-MX&IndustryLevel=4&Measure=3&MediaTypes=29&ReportType=1&ResultType=1&StateProvinceIDs=25&WatershedLevel=2&Years=2022

CONAGUA. (2022). *Indicadores de la calidad del agua superficial u subterránea*. Obtenido de Red nacional de medición de la calidad del agua: https://files.conagua.gob.mx/lca20/Contenido/Documentos/PresentaciondeIndicadoresdelaCalidaddelAgua.pdf

CONAGUA. (12 de Agosto de 2023). *Gerencia de Aguas Subterráneas*. Obtenido de https://sigagis.conagua.gob.mx/dma230911/

CONAGUA. (2023b). *Pronóstico climático: Temperatura*. Obtenido de https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/temperatura-form

CONAGUA. (2024). *SINA 3.0*. Obtenido de Situación de los recursos hídricos: https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/SINA/?opcion=calidad

CONAPO. (4 de Octubre de 2021). *CONAPO*. Obtenido de IMU_2020: https://www.gob.mx/conapo/documentos/indices-de-marginacion-2020-284372

CONEVAL. (3 de Diciembre de 2019). *Documentos.* Obtenido de Dirección de Información y Comunicación Social: https://www.coneval.org.mx/SalaPrensa/Comunicadosprensa/Documents/2019/NOTA_INFORMATIVA_DIA_INTERNACIONAL_PERSONAS_CON_DISCAPACIDAD.pdf

CTMA Consultores. (21 de Junio de 2019). *¿Qué es la norma ISO 14000 y para qué sirve?* Obtenido de https://ctmaconsultores.com/normas-iso-14000/

Cuadri, A. A., & Martín Alfonso, J. E. (2017). The effect of thermal and thermo-oxidative degradation conditions

on rheological, chemical and thermal properties of HDPE. *Polymer Degradation and Stability, 141*, 11-18.

De la Concha Tiznado, M., Flores Palomar, F., Lara Ruiz, R., Cabadas Contreras, A., & Garcia Huitron, J. (2020). Actualizaciones en la mordedura de pero. *Acta*, 284-289. doi: 10.35366/95406

De Marchi, L., Neto, V., Pretti, C., Figueira, E., & Freitas, R. (2017). The impacts of emergent pollutants on Ruditapes philippinarum: biochemical responses to carbon nanoparticles exposure. *Aquatic Toxicology*, 38-47.

Del Puerto Rodriguez, A., Suarez Tamayo, S., & Palacio Estrada, D. (2014). Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 372-387.

DENUE. (Noviembre de 2024). Obtenido de Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas: https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx

DGCCSE. (2023). *Oficio SMAOT/DGCCSE/154/2023 Generadores de residuos industriales.*

DGMA . (2020). *OFICIO DGMA/438/2020 Denuncia.* León.

DGMA. (2020a). *Programa Municipal de Cambio Climático de León.* León: Dirección General de Medio Ambiente. Obtenido de https://leon.gob.mx/modulos/img/adjuntos/adjuntos-646.pdf

DGMA. (2023). *Listado y base de datos denuncias escurrimientos 2018-2023.*

DGMA. (2023). *Oficio IMPDS-911 Solicitud de información sitios contaminados.* León.

DGS, D., & DGPPA, D. A. (2022). *a Paleta Vegetal de Irapuato, 2022*. Obtenido de https://www.irapuato.gob.mx/uploads/files/medioambiente/paleta_vegetal2022.pdf

Diario Oficial de la Federación. (1996). NOM-001-SEMARNAT- 1996, QUE ESTABLECE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CONTAMINANTES EN LAS DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES EN AGUAS Y BIENES NACIONALES. México.

Diario Oficial de la Federación. (2000). NMX-AA-093-SCFI-2000 ANÁLISIS DE AGUA - DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTROLÍTICA - MÉTODO DE PRUEBA. México.

Diario Oficial de la Federación. (2001). NMX-AA-029-SCFI-2001 IS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE FÓSFORO TOTAL EN AGUAS NATURALES, RESIDUALES Y RESIDUALESTRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA. México.

Diario Oficial de la Federación. (2008). NMX-AA-131/1-SCFI-2008 DETERMINACIÓN DE METALES POR ESPECTROSCOPÍA DE EMISIÓN ATÓMICA DE PLASMA POR

ACOPLAMIENTO INDUCTIVO (ICP), EN AGUAS NATURALES, POTABLES Y RESIDUALES –MÉTODO DE PRUEBA. DF, México.

Diario Oficial de la Federación. (20 de 11 de 2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-172-SEMARNAT-2019, Lineamientos para la obtención y comunicación del Índice de Calidad del Aire y Riesgos a la Salud.* Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579387&fecha=20/11/2019

Díaz Delgado, C., Quentin, E., & Fall, C. (2003). CONSIDERACIONES SOBRE LOS SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCION. En *Agua potable para comunidades rurales, reuso y tratamientos avanzados de aguas residuales domésticas.* D.F.: Iberoamericana de Potabilización y Depuración del Agua.

Dirección de Sustentabilidad. (2 de diciembre de 2023). *Dan saneamiento a árboles históricos*. Obtenido de Gobierno de Irapuato: https://www.irapuato.gob.mx/2023/12/02/dan-saneamiento-a-arboles-historicos-2/

Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas. (Abril de 2021). Obtenido de https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2021/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletd649.html

Dirección General de Informacion en Salud. (14 de Mayo de 2025). *Egresos Hospitalarios Cubos dinámicos*. Obtenido de http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/bdc_egresoshosp_gobmx.html

Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía. (2 de Octubre de 2013). NMX-AA-162-SCFI-2012. *AUDITORÍA AMBIENTAL – METODOLOGÍA PARA REALIZAR AUDITORÍAS Y DIAGNÓSTICOS, AMBIENTALES Y VERIFICACIONES DE CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE ACCIÓN - DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE DESEMPEÑO AMBIENTAL DE UNA EMPRESA* . México.

Dirección General de Servicios Publicos. (18 de marzo de 2022). *Dictamen de adjudicación directa por causal.* Obtenido de https://transparencia.irapuato.gob.mx/HV/2022/0040_DA/ADJ%20DIRECTA%2001%202022%20PE%C3%91ITAS/DICTAMEN%20DE%20ADJ%20DIRECTA.pdf

DOF. (2007). *NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004, Que establece criterios para determinar lasconcentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente,mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o vanadio.* México.

DOF. (02 de Marzo de 2007b). Norma Oficial Mexicana NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004 Que

establece criterios para determinar las concentraciones de remediación de suelos contaminados por arsénico, bario, berilio, cadmio, cromo hexavalente, mercurio, níquel, plata, plomo, selenio, talio y/o. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4964569&fecha=02/03/2007#gsc.tab=0

DOF. (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-002-SCT/2011, Listado de las substancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4623/SCT2a/SCT2a.htm#:~:text=%2D%20Es%20el%20Documento%20que%20contiene,expedidor%20realice%20para%20su%20transportaci%C3%B3n.

DOF. (19 de 02 de 2013). *Norma Oficial Mexicana NOM-017-SSA2-2012, Para la vigilancia epidemiológica.* Obtenido de www.dof.gob.mx: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5288225&fecha=19/02/2013#gsc.tab=0

DOF. (21 de Diciembre de 2016). Guía de Contenido Mínimo para la Eaboración del Atlas Nacional de Riesgos. *Diario Oficial de la Federación*, pág. http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/descargas/Guia_contenido_minimo2016.pdf.

DOF. (20 de Agosto de 2019). Norma Oficial Mexicana NOM-022-SSA1-2019 Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al dióxido de azufre (SO2). Valores normados para la concentración de dióxido de azufre (SO2) en el aire ambiente. *Diarios Oficial de la Federación*, pág. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5568395&fecha=20/08/2019#gsc.tab=0. Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOF. (10 de 05 de 2021). Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003. *Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial.* México: DOF.

DOF. (27 de Octubre de 2021a). Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto a las partículas suspendidas PM10 y PM2.5. Valores normados para la concentración de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 en el aire. (S. d. Salud, Ed.) *Diario Oficial de la Federación*, pág. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633855&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0. Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOF. (28 de Octubre de 2021b). Norma Oficial Mexicana NOM-020-SSA1-2021 Salud ambiental Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al ozono (O3). Valores normados para la concentración de ozono(O3) en el aire ambiente como medida de protección a la salud de la pob. *Diario Oficial de la Federación*, pág. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633956&fecha=28/10/2021#gsc.tab=0. Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOF. (27 de Octubre de 2021c). Norma Oficial Mexicana NOM-023-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al dióxido de nitrógeno (NO2). Valores normados para la concentración de dióxido de nitrógeno (NO2) en el aire ambiente. *Diario Oficial de la Federación*, pág. https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5633854&fecha=27/10/2021#gsc.tab=0. Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOF. (21 de Octubre de 2021d). Norma Oficial Mexicana NOM-021-SSA1-2021, Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente, con respecto al monóxido de carbono (CO). Valores normados para la concentración de monóxido de carbono (CO) en el aire ambiente. (S. d. Salud, Ed.) *Diario Oficial de la Federación*, pág. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5634084&fecha=29/10/2021#gsc.tab=0. Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOF. (2023). Ley General para la Prevención y Gestión Integral e los Residuos. Ultima reforma. . Mexico. Recuperado el 27 de 02 de 2025, de https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPGIR.pdf

DOF, D. (6 de noviembre de 2020). *Ley General de protección Civil*. Obtenido de Honorable Congreso de la Unión: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/593503/LGPC_061120.pdf

DOFu. (26 de 10 de 2022). *Declaratoria de vigencia de la norma mexicana NMX-AA-028-SCFI-2021-Análisis de agua-medición de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-dilución y método de siembra-método de prueba (cancela a la NMX-AA-02*. Obtenido de www.dof.gob.mx: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5669720&fecha=26/10/2022&print=true

DOFv. (27 de 06 de 2013). *Norma mexicana NMX-AA-030/2-SCFI-2011 análisis de agua - determinación de la demanda química de oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba - parte 2 - determinación del índice*

de la demanda química de oxígeno – método. (S. d. ecónomia, Editor) Obtenido de www.dof.gob.mx.

DOFx. (21 de 004 de 2001). *Declaratoria de vigencia de las normas mexicanas NMX-AA-012-SCFI-200. Análisis de agua-determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba (cancela a la NMX-AA-012-1980)*. Obtenido de www.dof.gob.mx: https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=767361&fecha=17/04/2001

DOFy. (09 de 09 de 2016). *Declaratoria de vigencia de la norma mexicana, NMX-AA-008-SCFI-2016, "Análisis de agua- medición de pH en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-método de prueba (Cancela a la NMX-AA-008-SCFI-2011)*. Obtenido de www.dof.gob.mx: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5452147&fecha=09/09/2016#gsc.tab=0

DOFz. (26 de 06 de 2018). *Declaratoria de vigencia de la norma mexicana NMX-AA-093-SCFI-2018, análisis de agua-medición de la conductividad eléctrica en aguas naturales, residuales y residuales tratadas.-método de prueba (Cancela a la NMX-AA-093-SCFI-2000)*. Obtenido de www.dof.gob.mx: https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/7188/seeco12_C/seeco12_C.html

EAE Business School. (23 de Junio de 2017). *ISO 14000: Cómo implantar un Sistema de Gestión del Medio Ambiente (SGA)*. Obtenido de https://retos-operaciones-logistica.eae.es/iso-14000-como-implantar-un-sistema-de-gestion-del-medio-ambiente-sga/

económia, S. d. (2001). Determinación de la demanda de bioquímica de oxígeno en aguas residuales naturales, residuales (DBO5) y residuales tratadas. *NMX-AA-028-SCFI-2001*.

ECOTUR. (2019). *Sistema Comunitario de Gestión y Auditoría Medioambiental (EMAS)*. Obtenido de http://www.caib.es/sites/ecotur/es/etapas_para_la_implantacion-5533/

EM-DAR, C. (23 de 08 de 2024). *UCLouvain*. Obtenido de https://www.emdat.be/

Enrique, V., Gerardo, M., María, S. A., Eduardo, G. J., & Tovar, N. H. (s.f.).

EPA. (28 de Mayo de 2020). *Greenhouse Gas Emissions*. Obtenido de https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases

Ferrer, A. (2003). Intoxicación por plaguicidas. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 155-171.

Fomento Ecológico y Social A.C., 2017. (2017). *Diseño de un plan de*

monitoreo y control de 5 especies exóticas invasoras en la reserva de los Tuxtlas. Plan de monitoreo y control de muérdago. . México: Proyecto GEF-PNUD 089333.

Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental, A.C. (s.f.). *Agua.org.mx.* Obtenido de El Agua en la Naturaleza: https://www.agua.org.mx/wp-content/uploads/2018/01/Alteraciones-del-ciclo-del-agua1.pdf

Freire, C., Soler, R., Fernandez, M., Villanueva, C., & Grimalt , J. (2008). Trihalomethane levels in drinking water in the province of Granada [Spain]. *Gaceta sanitaria*, 520-526.

Galán Madruga, D., & Fernández Patier, R. (2006). IMPLICACIÓN DE LOS NOx EN LA QUÍMICA ATMOSFÉRICA . *Revista Electronica de Medioambiente UCM*, 90-103.

Garcia Carpintero, E. E., Cardaba Arranz, M., & Sanchez Gomez, L. M. (2020). *Revisión bibliografica sobre eficacia y seguridad de luz ultravioleta y ozono para la desinfección de superficies.* MADRID: Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS).

Garcia-Garcia, J. (Abril de 1998). *Medición del riesgo en epidemiología (Primera parte)*, Ensayo. Obtenido de Revista Mexicana de Pediatría: https://www.medigraphic.com/pdfs/pediat/sp-1998/sp982i.pdf

Garduño, F. (13 de junio de 2023). *Plagas aumentan con la sequía y acaban con cultivos*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/plagas-aumentan-con-la-sequia-y-acaban-con-cultivos-20672789?utm_source=chatgpt.com

Garzaro, C. (28 de Agosto de 2018). *Blog ISO 14000*. Obtenido de Costos de Implementación ISO 14000: http://ema.us.tempcloudsite.com/wordpress/?p=342

Gestión de Calidad Consulting. (2019). *Sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales*. Obtenido de http://gestion-calidad.com/emas

Gobierno de la Ciudad de México y Secretaría del Medio Ambiente. (s.f.). *Directorio de Empresas Instaladoras de Sistemas Cosechadores de Lluvia.* Recuperado el 31 de Agosto de 2024, de https://www.sedema.cdmx.gob.mx: https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/media/CosechaDeLluvia/DirectorioEmpresasInstaladorasDeSCALL/Directorio_Empresas_Instaladoras_SCALL_2.pdf

Gobierno del Estado de Guanajuato. (2020). *Boletines Guanajuato*. Obtenido de Guanajuato cumple con normas federales en materia de calidad del aire: https://boletines.guanajuato.gob.

mx/2020/02/18/guanajuato-cumple-con-normas-federales-en-materia-de-calidad-del-aire/

Gonzalez Santana, O. (2013). El reto de la gestión del agua en las regiones de México ante los efectos del cambio climático: el caso de la cuenca del río Turbio. *Revista Colombiana de Geografía*, 125-144.

González-Padrón, S., Lerner, A., & Mazari-Hiriart, M. (2019). Improving Water Access and Health through. *Sustainability*(11), 1-17. doi:10.3390/su11184884

Guanajuato, H. C. (21 de 9 de 2018). *H. Congreso Estado Guanajuato*. Obtenido de LXV Legislatura: https://congreso-gto.s3.amazonaws.com/uploads/reforma/pdf/1431/Ley_de_Protecci_n_Civil_para_el_Estado_de_Guanajuato_20181010.pdf

Guanajuato, S. d. (2023). *El Sistema de Salud de Guanajuato informa vigilancia epidemiológica ante reportes de chinches*. Obtenido de Boletines Dependencias: https://boletines.guanajuato.gob.mx/2023/10/06/el-sistema-de-salud-de-guanajuato-informa-vigilancia-epidemiologica-ante-reportes-de-chinches/

Guerrero Rojas, J. d., Amezquita Hernández, D. K., Hernández Juárez, A. G., Mireles Arriaga, A. I., & Hernández Ruíz, J. (2024). Determinación de ecotoxicidad de los agroquímicos utilizados en dos comunidades rurales de Guanajuato. *Verano de la Ciencia XXIX, 28*, 1-6.

Guerrero Rojas, J. d., Amezquita Hernández, D. K., Hernández Juárez, A. G., Mireles Arriaga, A. I., & Hernández Ruíz, J. (2024). Determinación de ecotoxicidad de los agroquímicos utilizados en dos comunidades rurales de Guanajuato. *Verano de la Ciencia XXIX, 28*, 1-6.

Gutiérrez, J. (22 de octubre de 2024). *Árboles en Irapuato afectados por muérdago requieren intervención urgente*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/muerdago-infesta-arboles-en-irapuato-zonas-afectadas-y-acciones-de-sustentabilidad-13242306

He, S., Zhang, J., Xiao, X., & Hong, X. (2017). Effects of Ultrasound Vibration on the Structure and. *POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE*, 10.

Heaton, N. S. (2011). Dengue Virus and Autophagy. *Viruses, 3*(8), 1332.

Hernandez A, A., & Hansen, A. M. (2011). Uso de plaguicidas en dos zonas agrícolas de México y evaluación de la contaminación de agua y sedimentos. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 115-127.

Hi-Lex Mexicana. (02 de Mayo de 2016). *Manual para la certificación en Industria*. Obtenido de

https://www.hi-lex.com.mx/wp-content/uploads/2019/01/Manual_para_la_Certificaci%C3%B3n_en_Industria_Limpia_rev1.pdf

Hu, B., Sakakibara , H., Takebayashi , Y., Peters , F., Schumacher, J., Mónica , E., . . . Rennenberg, H. (mayo de 2017). *La infestación de muérdago media la alteración del perfil de fitohormonas y el metabolismo antioxidante en la corteza y la madera de su huésped Pinus sylvestris.* Obtenido de Fisiología del árbol , Volumen 37, Número 5, mayo de 2017, páginas 676–691: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28338758/

IMPLAN. (2013). *ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE IRAPUATO 2013.* Irapuato: IMPLAN IRAPUATO.

IMPLAN. (2022). *Diagnóstico ambiental de la Presa Blanca para determinar la factibilidad de establecer un parque en la zona sur de la Ciudad de León, Gto*. León, Guanajuato.

IMSS. (2017). *Prevencion, diagnostico y tratamiento de la neumonia adquirida en la comunidad.* Instituto Mexicano del Seguro Social, Direccion de Prestaciones Medicas. Obtenido de https://www.imss.gob.mx/sites/all/statics/guiasclinicas/234GER.pdf

IMSS. (s.f.). *Directorio de Unidades IMSS* . Instituto Méxicano del Seguro Social. Obtenido de http://www.imss.gob.mx/filtro-directorio/?dom_estado=Guanajuato

IMTA. (febreo de 2024). *Intensidad de Sequía*. Obtenido de SPI Indice Estandarizado de Precipitación (Plataforma Galilieo IMTA): http://galileo.imta.mx/Sequias/moseq/mapaGob.html

iNaturalistMX. (2024). *iNaturalistMX*. Obtenido de iNaturalistMX: https://mexico.inaturalist.org/

INEGI. (20 de Septiembre de 2020). *Datos*. Obtenido de Temas: https://www.inegi.org.mx/datos/

INEGI. (2020). *Marco Geoestadístico*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda 2020: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463807469

INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*.

INEGI. (25 de 1 de 2021). *Subsistema de Información Demográfica y Social*. Obtenido de Censo de Población y Vivienda - 2020: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/#Microdatos

INEGI. (2021a). *México en cifras.* Recuperado el 2024, de Longitud de la red carretera por municipio según tipo de camino y superficie de rodamiento: https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/Gto/2022/22/22_1

INEGI. (2023). *Sistemas de consulta*. Obtenido de Publicaciones: https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825007073

INEGI. (2024). *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)*.

INEGI. (2024). *Programas*. Obtenido de Panorama: https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/tableros/panorama/

Instituto de Ecología del Estado. (2015). Programa de gestión para la mejora de la calidad del aire de la zona metropolitana de León, Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón. Guanajuato, Guanajuato, México.

Instituto de Planeación, Estadistica y Geografía. (05 de 10 de 2020). *Programa Municipal de Desarrollo Urbano y de Ordenamiento Ecológico Territorial de Irapuato, Gto*. Obtenido de https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/seieg/wp-content/uploads/2022/05/20201005_PMDUOET_Irapuato__VInt__1626107685.pdf

Instituto Nacional de Ecología. (1999). *Manual de procedimientos para el Manejo Adecuado de los Residuos de la Curtiduría*. México. DF: Noviembre 1999.

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2018). Elementos para inventario de fuentes móviles. Informe Final. Ciudad de México, México.

Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. (2018). *Ficha de seguridad de silicato de Calcio*. Obtenido de https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_card_id=1401&p_version=2&p_lang=es#:~:text=Puede%20causar%20irritaci%C3%B3n%20mec%C3%A1nica%20en%20los%20ojos%20y%20el%20tracto%20respiratorio.&text=Puede%20alcanzarse%20r%C3%A1pidamente%20una%20concentraci%

IPLANEG. (2021). *Censo 2020*. Obtenido de Guanajuato: https://iplaneg.guanajuato.gob.mx/resultados-del-censo-2020/

ISSSTE. (2015). *Directorio de Unidades Médicas*. Dirección de Comunicación Social. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/423/unidadesmedicas.pdf

Jandik, P., Haddad, P. R., & Sturrock, P. E. (1988). Electrochemical Detectors for Ion Chromatographic Analysis: A Critical Review. *C R C Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 1-74.

Jimenez-Abarca, V. (2017). *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA DE LA CAPTACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA EN ZONA URBANA"* (Tesis de Maestría ed.). IMTA.

Jones, K. E. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature, 451*(7181), 990-993.

Kaeslin, A. R. (2013). La fauna silvestr en un clima cambiante. *FAO*.

Kardis, M., Ignatiades, L., & Moschopoulou, N. (1983). An index associated with nutrient eutrophication in the marine environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 16*(3). doi:doi.org/10.1016/0272-7714(83)90151-8

Kelley, L. (2022). *The Global Governance of Emerging Zoonotic Diseases: Challenges and Proposed Reforms.* Council on Foreign Relations.

Khan Academy. (2016). *El ciclo del agua*. Obtenido de https://es.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water-cycle

Lafarge. (2011). *Hoja de datos de seguridad de materiales*. Obtenido de Arena y Grava: http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/Programas/FichasDeSeguridad/AlmacenGeneral/Arena%20y%20Grava.pdf

LAFARGE. (03 de 01 de 2011). *Hoja de seguridad de materiales.* Obtenido de Grava y arena.

León, H. A. (14 de 5 de 2020). *H. Ayuntamiento de León*. Obtenido de Normativa municipal: https://apps.leon.gob.mx/aplicaciones/normasleyes/public/documentos/202005151238560.REGLAMENTO%20DEL%20SISTEMA%20MUNICIPAL%20DE%20PROTECCION%20CIVIL.pdf?normaPage=3

López-Hernandez, N. A., Palacios-Velez, O. L., Anaya-Garduño, M., Chávez-Morales, J., Rubiño-Panta, J. E., & García-Carrillo, M. (2017). Diseño de sistemas de captación del agua de lluvia: alternativa de abastecimiento hídrico. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8*(6), 1433-1439.

Lothrop, N., Bright, K., Sexton, J., Pearce-Walker, J., Reynolds, K., & Verhougstraete, M. (2018). Optimal strategies for monitoring irrigation water quality. *Agricultural Water Management, 199*, 86-89. doi:doi.org/10.1016/j.agwat.2017.12.018

Maldonado, N., Robledo, C., & Robledo , J. (2017). La espectrometría de masas MALDI-TOF en el laboratorio de microbiología clínica. *Infectio*, 35-45.

Martínez-Coss, M. (20 de enero de 2019). *Heladas afectan producción agrícola*. Obtenido de El Sol de Irapuato: https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/heladas-afectan-produccion-agricola-20654820?utm_source=chatgpt.com

Mayolo Deloisa, K., Rito Palomares, M., & Martinez, L. M. (2012). Chromatography techniques and their application to studies of conformational changes, stability and refolding of proteins. *Revista*

mexicana de ingeniería química, 415-429.

Medina, M. E., Galván R., L. E., & Reyes, R. E. (2015). Las nanopartículas y el medio ambiente. *Universidad, Ciencia y Tecnología* , 49-58.

Méndez F., M. A., Ricardo C., M. P., Pérez P., J., Hernández C., G., & Campos, O. (2006). Uso de las aguas residuales para el riego de cultivos agrícolas, en la agricultura urbana. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 17-21.

Methanol Institute. (Enero de 2013). *Manual de manipulación segura del metanol.* Obtenido de www.methanol.org

Monarca , S., Zani, C., Richardson, S. R., Moretti, M., & Feretti, D. (2004). A new approach to evaluating the toxicity and genotoxicity of disinfected drinking water. *Water Research*, 3809-3819.

Mora Barrantes, J. C., Morera Ramos, L., Ulate Salas, M., Núñez Aguero, V., Acuña Salazar , E., & Cordero Carvajal, M. (2022). Clasificación del riesgo químico de solventes orgánicos mediante la aplicación del método "CHEM21 selection guide of classicaland less classical-solvents". *Tecnología en Marcha*, 28-43.

NACIONES UNIDAS. (2018). *Día Internacional de la Preservación de la Capa de Ozono*. Recuperado el 22 de 07 de 2020, de https://www.un.org/es/events/ozoneday/background.shtml#:~:text=Esto%20se%20formaliz%C3%B3%20en%20el,agotan%20la%20capa%20de%20ozono.

National Library of Medicine. (2020). *PubChem Database*. Obtenido de Californium-249 dichloride: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Californium-249-dichloride

New Jersey Department of Healath. (2003). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas.* Obtenido de Butilmercaptano: https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0290sp.pdf

New Jersey Department of Health. (2003). *Hoja informativa sobre sustacias peligrosas.* Obtenido de Butilmercaptano: https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0290sp.pdf

New Jersey Department of Health. (Marzo de 2012). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas.* Obtenido de Azufre: https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1757sp.pdf

NIH. (2022). *Piojos de la cabeza*. Obtenido de https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000840.htm

Nolasco García, L. I., Marín Leon, J. L., Ruiz Nieto, J. E., & Hernandez Ruiz, J. (2020). Métodos de identificación del virus de la fruta rugosa marrón del tomate (ToBRFV) en México.

Agronomía Mesoamericana, 31(3), 835-844.

Nuevas Normas ISO. (15 de Diciembre de 2014). *ISO 14001:2015 Diseño e Implementacion del Sistema de Gestion Ambiental*. Obtenido de https://www.nueva-iso-14001.com/2014/12/iso-14001-diseno-e-implementacion-de-un-sistema-de-gestion-ambiental/

Observatorio de Responsabilidad Social Corporativa. (Julio de 2013). *El Reglamento EMAS* . Obtenido de Guía Práctica: https://observatoriorsc.org/wp-content/uploads/2013/07/reglamento_EMAS.pdf

OMS. (2024). *Zoonoses*. Obtenido de https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/zoonoses.

Organización Mundial de la Salud. (13 de Septiembre de 2023). *Agua para consumo humano*. Obtenido de Agua y salud: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water

Organización Mundial de la Salud. (4 de octubre de 2024). Inocuidad de los alimentos. Obtenido de https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-safety

Orona-Tamayo, D., Camacho-Coronel, X., Hernández-Zepeda, O., & Salas-Mendoza, M. (febrero de 2024). *Contaminantes atmosféricos encontrados en tres parques urbanos de León, Guanajuato y sus posibles efectos en la salud.* Obtenido de nverted Journal of Information Technology Education: https://www.researchgate.net/publication/377980332_Contaminantes_atmosfericos_encontrados_en_tres_parques_urbanos_de_Leon_Guanajuato_y_sus_posibles_efectos_en_la_salud

Orozco Barrenetxea, C., Gonzales Delgado, M. N., & Perez Serrano, A. (2005). Importancia de los contaminantes organicos en el agua. *Anales de la Real Socierad Española de Quimica*, 43-53.

Orta Arrazcaeta, L. (2002). CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR PLAGUICIDAS QUÍMICOS. *Fitosanidad*, 55-62.

OSARENMWINDA, J., & OLODU, D. (2018). Optimization of Injection Moulding Process Parameters in the Moulding of High Density Polyethylene (HDPE). *Journal of Applied Sciences end Environmental Managment, 22*.

Otero, J., & Cano, V. (2015). Espectroscopía Raman: Fundamento y aplicaciones. 1-26.

Parque Central Guanajuato. (2024). *Parque Central Guanajuato*. Obtenido de https://parquecentralguanajuato.com/servicios.html

PASA. (Septiembre de 2023). Controles aplicados en el Relleno Sanitario "El Verde". (CIATEC, Entrevistador)

PEMEX. (2024). *Derrames de hidrocarburos IMPLAN/5-886/2025.* Irapuato: PEMEX.

PNUD. (20 de 6 de 2011). *PNUD*. Obtenido de Gestión del riesgo urbano: https://www.undp.org/es/publications/gestion-del-riesgo-urbano

PNUD, P. (2016). *Mapa de vulnerabilidades por Inundación Calakmul, Campeche*. Obtenido de Coordinador Residente del Sistema de las Naciones Unidas (CR) y Representante Residente (RR) del PNUD para México: https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/latinamerica/2aba2da2c12d760c17fabdcbc9d2e6c8b8ec4c472e2cad653779042eb4d5e36b.pdf

Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente. (08 de abril de 2019). *Procuraduria Federal de Proteccion al Ambiente* . Obtenido de PROGRAMA NACIONAL DE AUDITORÍA AMBIENTAL: https://www.gob.mx/profepa/acciones-y-programas/programa-nacional-de-auditoria-ambiental-56432

PROFEPA. (s.f.). *Programa Nacional de Auditoría Ambiental*. Obtenido de http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/v/26/1/mx/programa_nacional_de_auditoria_ambiental.html

Protección Civil. (2023). *Bases de datos por derrames de productos peligrosos.* León.

Protección Civil. (2023). *Incendios y acumulación de residuos* . León.

RED AMBIENTAL. (2021). *Centro Integral de Procesamiento de Residuos (CIPRES)*. Obtenido de https://redambiental.com/detalle_linea/centro-integral--procesamiento-residuo

Red Ambiental. (2025). *Página oficial de Red Ambiental*. Obtenido de CIPRES Irapuato: https://redambiental.com/sucursales/red-ambiental-cipres--irapuato

Rodriguez, M. J., Rodriguez, G., Serodes, J., & Saquid, R. (2007). SUBPRODUCTOS DE LA DESINFECCIÓN DEL AGUA POTABLE: FORMACIÓN, ASPECTOS SANITARIOS Y REGLAMENTACIÓN. *Interciencia*, 749-756.

Rojas González, A. F., & Osswald, T. (2015). Determination of Polymers Thermal Degradation by Color Change Analysis. *Ingeniería, 21*(1), 19-30.

Roshfrans. (2023). *HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD*. Obtenido de Anticongelante: https://www.roshfrans.com/documentos/fichasTecnicasySeguridad/64_HDS_ANTICONGELANTE_ROSHFRANS_CONCENTRADO.pdf

Ruiz-Matus, C., Kuri-Morales, P., & Narro-Robles, J. (2017). Comportamiento de las temporadas de influenza en Mexico de 2010 a 2016, analisis y prospectiva. *Gaceta Medica de Mexico, 13*, 153:205.

SA, S. (agosto de 2021). *Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector (ETV).* Obtenido de Dirección de Vigilancia Epidemiológica de Enfermedades Transmisibles: https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/manuales/36_Manual_ETV.pdf

SALUD, SEDENA y SEMAR. (s.f.). *Guia Practica Clinica: Atencion, diagnostico y tratamiento de diarrea aguda en adutos en el primer nivel de atencion. SSA-106-08.* Consejo de Salubridad General de Mexico. Obtenido de http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/emergencias/descargas/pdf/guia_ref_rapida_sinlogo.pdf

Salyer, S. J. (2017). Prioritizing zoonoses for global health capacity building—themes from One Health zoonotic disease workshops in 7 countries, 2014–2016. *Emerging infectious diseases, 23*(Suppl 1), S55.

SAMA. (2022). *Residuos plásticos provenientes de la agricultura en el Estado de Guanajuato*. Obtenido de https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/manejo-integral-de-residuos/195/Residuos-pl%C3%A1sticos-provenientes-de-la-agricultura-en-el-Estado-de-Guanajuato

SAMA. (2025). *Padrón de Prestadores de Servicios para el Manejo de Residuos de Manejo Especial* . Obtenido de https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/papsrme

SAMA. (2025c). *Padrón de Prestadores de Servicios para el Manejo de Residuos de Manejo Especial.* Obtenido de https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/papsrme

SAPAL. (2017). *Guía del usuario PRECO.*

SAPAL. (2022). *Informe anual 2022.*

SAPAL. (2022b). Oficio Respuesta a solicitud 150/2022 Plataforma Nacional de Transparencia 110198700015022 de fecha 25 de Mayo. León, Guanajuato, México.

SAPAL. (2023). Descargas no reguladas.

SAPAL. (2023a). Odicio DJ/798/2023 Se turna denuncia de fecha 19 de Octubre. León, Guanajuato, México.

SAPAL. (2023c). Datos de descargas municipales (Excel). León, Guanajuato.

SAPAL. (s.f.). *NMX-AA-012-SCFI-2001 análisis de agua - determinación de oxígeno disuelto en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba (cancela a la NMX-AA-012-1980)*. (S. d. económica, Editor) Obtenido de www.dof.gob.mx.

SAPALx. (2023). *Descarga de aguas no reguladas. OF:SP-025-HIDRO-013-2023.*

SAPALy. (2023). *Datos de descargas municipales.*

SAPALz. (2023). *Descarga de aguas residuales no reguladas. DJ-797-2023.*

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (17 de febrero de 2020). *La NOM 172 garantizará información más oportuna sobre calidad del aire en todo el país para proteger la salud de la población*. Obtenido de https://www.gob.mx/semarnat/prensa/nom-172

Secretaría de Salud. (2020). *Gobierno de Mexico*. Obtenido de COFEPRIS: https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/acciones-sobre-covid-19?state=published

Secretaría de Salud. (2020). *Gobierno de México*. Obtenido de Medidas de prevención: https://coronavirus.gob.mx/prevencion/

Secretaria de Salud. (2021). *Manual de Procedimientos Estandarizados para la Vigilancia Epidemiológica de las Enfermedades Transmitidas por Vector (ETV)*. Mexico. Obtenido de https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/manuales/36_Manual_ETV.pdf

Secretaría de salud. (17 de diciembre de 2021). Prevención y cntrol de enfermedades diarreicas agudas 2020 -2024. *Programa de acción específico*.

Secretaría de Salud. (02 de 2025). *Datos Abiertos: Defunciones*. Obtenido de http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/da_defunciones_gobmx.html

Secretaría de Salud de Guanajuato. (31 de octubre de 2023). Oificio JSVII-SSG-CEP-2023-8968 Casos de Dengue 2018-2023. León, Guanajuato: Juridicción Sanitaria VII.

Secretaría de Salud de Guanajuato. (29 de Noviembre de 2024). Bases de datos Morbilidad Jurisdicción Sanitaria VI Oficio JSVI/SS/2025/2024.

Secretaría de Salud de Guanajuato. (2024). *Casos anuales para diferentes patologias Oficio JSVI/EPI/3797/2024. Jurisdicción Sanitaria VI.* Irapuato.

Secretaría de Salud de Guanajuato. (2025). *Directorio Unidades Médicas*. Obtenido de https://salud.guanajuato.gob.mx/directorio/unidades-medicas

Secretaria de Salud. (s.f.). *Sistema Unico Automatizado para la Vigilancia Epidemiologica SUAVE*. Obtenido de https://www.sinave.gob.mx/SUAVE/Inicio_sesion.aspx

Secretaria de Salud y Direccion General de Informacion en Salud. (11 de

Octubre de 2022). *Cubos Dinamicos*. Obtenido de http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/basesdedatos/BD_Cubos_gobmx.html

SEDATU. (2018). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. Obtenido de Subsecretaría de Ordenamiento Territorial: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/300387/Te_rminos_de_Referencia_Atlas.pdf

SEGOB. (01 de 04 de 2022). *Unidad de Política Migratoria*. Obtenido de Documentos: http://www.politicamigratoria.gob.mx/work/models/PoliticaMigratoria/CPM/foros_regionales/multimedia/diag_Guan.pdf

SEMARNAT. (2008). *Indicadores básicos del desempeño ambiental de México*. Obtenido de Conjunto de indicadores básicos del desempeño ambiental: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/indicadores_2008/index.html

SEMARNAT. (16 de 07 de 2015). *¿Que son los hidrocarburos?* Obtenido de https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos#:~:text=Los%20Hidrocarburos%20son%20un%20grupo,todos%20los%20dem%C3%A1s%20compuestos%20org%C3%A1nicos.

SEMARNAT. (05 de 2018). *Sitios contaminados*. Obtenido de Compendio de estadisticas ambientales 2018: https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/compendio_2018/dgeiawf.semarnat.gob.mx_8080/ibi_apps/WFServletfe05.html

SEMARNAT. (2018a). *datos/aire/inem/2018*. Obtenido de https://dsiappsdev.semarnat.gob.mx/datos/aire/inem/2018/

SEMARNAT. (22 de 06 de 2020). *Atención a Emergencias Químicas con presencia de Amoníaco*. Obtenido de https://www.gob.mx/profepa/articulos/96898

SEMARNAT. (2023). Sistema Informatico de Sitios Contaminados. León, Guanajuato.

SEMARNAT. (30 de 04 de 2024). *Inventario Homologado Preliminar de Presas de Jales*. Obtenido de https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-homologado-preliminar-de-presas-de-jales

SEMARNAT. (30 de 05 de 2024). *Inventario Nacional de Sitios Contaminados y Remediados*. Obtenido de https://datos.gob.mx/busca/dataset/inventario-nacional-de-sitios-contaminados-y-remediados

SENASICA. (2022). Informe sobre enfermedades zoonóticas en México. *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, México*.

SENASICA. (2023). Obtenido de Federal strategy for the prevention and control of rabies has strengthened the livestock sector, public health

and ecosystems: Agriculture: https://www.gob.mx/senasica/documentos/guatemala-a-strategic-partner-for-food-supply-in-mexico-agriculture

Servicio Geológico Mexicano. (02 de 08 de 2005). *Localización de Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos Urbanos en la Poción Centro-Norte de la Cuenca del Río Lerma-Salamanca, Estado de Guananjuato y su Gestión Integral.* Obtenido de https://mapserver.sgm.gob.mx/InformesTecnicos/GeologiaAmbientalWeb/T112005SAMJ0001_01.PDF

Servicio Geologico Mexicano. (Diciembre de 2018). *Panorama Minero del Estado de Guanajuato* . Obtenido de file:///C:/Users/msilva/Downloads/pdfcoffee.com_panorama-minero-del-estado-de-guanajuato-pdf-free.pdf

Servicio Geologico Mexicano. (01 de 10 de 2019). *Información ciudadana sobre jales*. Obtenido de https://www.gob.mx/sgm/articulos/informacion-ciudadana-sobre-jales?idiom=es

Servicio Geologico Mexicano. (2021). *Panorama Minero del Estado Guanajuato* . Obtenido de https://www.sgm.gob.mx/pdfs/GUANAJUATO.pdf

Shehzad, F., Ahmad, M. I., & Al-Harthi, M. A. (2018). Photooxidative degradation of graphene-reinforced high-density polyethylene nanocomposites. *Applied Polymer*(47030), 1-9.

SIAFEG. (2024). *Mildiu del Frijol (Phytophthora phaseoli)*. Obtenido de https://siafeg.org.mx/Enfermedades?id=7

SIAFEG. (2024). *Roya del Frijol (Uromyces phaseoli)*. Obtenido de Boletín fitosanitario para Roya del Frijol : https://siafeg.org.mx/Enfermedades?id=8

SIAFEG. (2024). *Roya del Tallo (Puccinia graminis f.sp tritici)*. Obtenido de https://siafeg.org.mx/Enfermedades?id=24

SIAFEG. (2024). *Roya Lineal Amarilla del Trigo (Puccinia striiformis)*. Obtenido de https://siafeg.org.mx/Enfermedades?id=11

SIAP. (Septiembre de 2023). Controles aplicados en el Ex Basurero "La Reserva". (CIATEC, Entrevistador)

SIAP. (2023). *Oficio IMPDS-911 Calidad de biogas.* León.

SIAP. (2023). *Oficio IMPDS-911 Solicitud de información de pasivos ambientales.* León.

SIAP. (2023). *Oficio SIAP/DG/350/2023 Generadores de residuos industriales.* Leon.

SIAP. (2023). *Oficio SIAP/DTDR/2647/2023 Manejo de residuos.* Leon.

SIAP. (2023). *Oficio SIAP/DTDR/2647/2023 Sitios de disposición final.* León.

SIAP. (2023). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Obtenido de Datos abiertos: http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php

SIAP, S. (31 de diciembre de 2024). *Avance de Siembras y Cosechas Municipio de Irapuato, 2024*. Obtenido de https://nube.agricultura.gob.mx/avance_agricola/

Sidney, T. U. (2021). *Factors that may predict next pandemic*. Obtenido de New modelling identifies human and human-influenced environmental factors that are associated with disease outbreaks: https://www.sydney.edu.au/news-opinion/news/2021/03/30/factors-that-may-predict-next-pandemic.html

Silva, M. (31 de Octubre de 2023). Sí había chinches en escuelas: en 5 de León y 3 de Guanajuato capital. *Periodico AM*, págs. https://www.am.com.mx/guanajuato/2023/10/31/si-habia-chinches-en-escuelas-en-de-leon-de-guanajuato-capital-681903.html.

SINAPROC. (6 de 6 de 2012). *Secretaría de Gobernación*. Obtenido de INDESOL: https://www.gob.mx/indesol/documentos/ley-general-de-proteccion-civil-60762

SMAOT. (2021). *SEBIO-GTO*. Obtenido de Subsistema Estatal de Información de Biodiversidad y Recursos Naturales del Estado de Guanajuato: http://mapas.ecologia.guanajuato.gob.mx/

SMAOT. (2021b). *Informe de Estado y Tendencia de Calidad de Aire del Estado de Guanajuato*. Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.

SMAOT. (2022a). *Informe Ambiental del Estado de Guanajuato 2021-2022*. Secretaría de Medio Ambiente y Ordenamiento Territorial.

SMAOT. (2022b). *SEICA Monitoreo atmosférico León*. Obtenido de www.smaot.guanajuato.gob.mx: https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/seica/monitoreo/leon

SMAOT. (2023). *Listado y base de datos denuncias escurrimientos 2018-2023*. León, Gto.

SMAOT, S. T. (2021). *Informe de Estado y Tendencia de Calidad del Aire 2021*. Obtenido de Sistema de Monitoreo de la calidad del Aire del Estado de Guanajuato (SIMEG): https://smaot.guanajuato.gob.mx/sitio/calidad-del-aire/1/Sistema-de-Monitoreo-de-la-calidad-del-Aire-del-Estado-de-Guanajuato-(SIMEG)

SMOAT. (2021). *Registro de emisiones y trasnferencia de contaminantes del estado de guanajuato*. Guanajuato: 2021.

Sosa-Martínez, A., Narchi, N., Leal-Bautista, R., Frausto-Martínez, O., & Casas-Beltrán, D. (2020). Percepción y uso del agua de lluvia por. *Sociedad y*

Ambiente(23), 1-20. doi:10.31840/sya.vi23.2166

SSA. (2020). *Secretaría de Salud. Perfil nacional de Riesgos*. Obtenido de Subsecretaría de Prevención y Promoción de la Salud; Dirección General de Epidemiología: https://epidemiologia.salud.gob.mx/gobmx/salud/documentos/pnr/Perfil_Nacional_de_Riesgos_DGE2020.pdf

SSA. (2023). *EPidemiologia* . Obtenido de Anuario de Morbilidad 1984 - 2023: https://epidemiologia.salud.gob.mx/anuario/html/casos_mes.html

SSA. (2024). *Datos Abiertos Dirección General de Epidemiología*. Obtenido de Secretaría de Salud: https://www.gob.mx/salud/documentos/datos-abiertos-152127

SSE. (2023). *Secretaria de Seguridad Pública.* (C. E. Guanajuato, Ed.) Obtenido de Atlas de Riesgos del Municipio de Irapuato: https://drive.google.com/file/d/1EdrxndRVEdc3JD7k-mWDpXYiflSphH_6/view?pli=1

SSG, S. (13 de abril de 2023). *Llama el Sistema de Salud de Guanajuato a sumarse contra la enfermedad de Chagas.* Obtenido de https://boletines.guanajuato.gob.mx/2023/04/13/llama-el-sistema-de-salud-de-guanajuato-a-sumarse-contra-la-enfermedad-de-chagas/

Stuart, E. J., & Compton, R. G. (2015). Nanoparticles-Emerging Contaminants. En K. K. L.M. Moretto, *Environmental Analysis by Electrochemical* (págs. 855-879). New York: Springer Science.

Tagle-Zamora, D., Caldera-Ortega, A., & Rodríguez-González, J. (2022). Evaluación de un sistema de captación de agua. *Vivienda y comunidades sustentables,* 6(12), 147-163.

Thomas, L. V. (2008). Influence of the dengue serotype, previous dengue infection, and plasma viral load on clinical presentation and outcome during a dengue-2 and dengue-4 co-epidemic. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene, 78*(6), 990-998.

U. E. Environmental Protection Agency. (Noviembre de 2017). *Technical Fact Sheet - Nanomaterials.* Obtenido de https://www.epa.gov/sites/production

U.S. Food & Drug Administration. (07 de 15 de 2020). *Drug Safety and Availability* . Obtenido de La FDA advierte a los consumidores sobre los riesgos de contaminación por metanol en algunos desinfectantes para las manos: fda.gov/drugs/drug-safety-and-availability

UNDRR. (18 de 12 de 2019). *UNDRR*. Obtenido de UN: https://www.undrr.org/media/16098/download?startDownload=20240923

UOC. (5 de Enero de 2015). *Importancia de la Norma ISO 14000*. Obtenido de http://blogdecalidadiso.es/importancia-de-la-norma-iso-14000/

USGS. (2018). *The Water Cycle*. Obtenido de https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#3

Vázquez- Chacón, J. (12 de junio de 2023). *Mezquite*. Obtenido de Lifeder: https://www.lifeder.com/mezquite/

Velázquez-Delgado, J., Olmos-Ruíz, E., Rodríguez-Pérez, J., Tavares-Torres, A., Arrona-Manríquez, J., Rodríguez-Ríos, J., & Turcott-Cervantes, E. (2023). Manejo de residuos de construcción y demolición en "La Escombrera"; León, México. *Actas del X Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos Hacia la circularidad y el residuo cero* (págs. 1161-1166). Castelló de la Plana, España: Universiat Jaume I, Servei de Comunicacio i Publicacions.

Venegas, N. (4 de noviembre de 2021). *Plaga invade árboles de parques y bulevares de Irapuato*. Obtenido de Periodico El Correo: https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/2021/nov/04/plaga-invade-arboles-de-parques-y-bulevares-de-irapuato-33268.html

Vicente, C. R. (2016). Serotype influences on dengue severity: a. *BMC infectious diseases, 16*, 1-7.

Villafaña, L. (25 de julio de 2024). *Por estrés hídrico baja producción de fresa en Irapuato*. Obtenido de Zona Franca: https://zonafranca.mx/politica-sociedad/por-estres-hidrico-baja-produccion-de-fresa-en-irapuato/?utm_source=chatgpt.com

Villareal, E. (1996). Costo en el primer nivel de atención. *Salud pública de México*, 332-340.

WHO. (2022). *World Health Organization*. Obtenido de Development training modules on zoonosis prevention and control to enhance collaboration in One Health approach: https://www.who.int/indonesia/news/detail/04-01-2022-development-training-modules-on-zoonosis-prevention-and-control-to-enhance-collaboration-in-one-health-approach

Wildysanto, A., Goldin, J., & Mathew, G. (2025). *Chronic Bronchitis.* StatPearls Publishing. Obtenido de https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK482437/.

Yang, S., Kim, O.-J., Shin, M., Kim, w., KIm, W. J., & Kim, S.-Y. (2021). Association between long-term exposure to high levels of ambient air pollution and incidence of lung cancer in a population-based cohort. *Environmental Research, 111214*.

doi:doi.org/10.1016/j.envres.2021.111214

Yu, M., Zheng, Y., & Tian , J. (2020). Study on the biodegradability of modified starch/polylactic acid (PLA) composite materials. *Royal Society of Chemistry, 10*, 26298–26307.

Zachwatowicz, M., Sudnik-Wójcikowska, B., & Petroviae, C. (enero de 2008). *La presencia de muérdago europeo en condiciones de alto impacto humano en la parte central de Varsovia, Polonia*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301560008_The_occurrence_of_European_mistletoe_under_the_conditions_of_high_human_impact_in_the_central_part_of_Warsaw_Poland

ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO

FENÓMENO SOCIO – ORGANIZATIVO

2025

Responsable del fenómeno:
Dr. Néstor Corona Morales

Índice

I. Introducción ..... - 1365 -

II. Objetivo ..... - 1369 -

II.1.1 Objetivos específicos ..... - 1369 -

III. Metodología ..... - 1371 -

III.1 Generalidades ..... - 1371 -

III.2 Metodología ..... - 1372 -

III.2.1 Susceptibilidad ..... - 1372 -

III.2.2 Vulnerabilidad ..... - 1373 -

III.2.3 Riesgo ..... - 1373 -

IV. Taller con dependencias ..... - 1375 -

IV.1 Conclusiones ..... - 1379 -

IV.2 Implicaciones ..... - 1380 -

V. Análisis de datos ..... - 1385 -

V.1 Antecedentes según registros CENAPRED ..... - 1385 -

V.1.1 Consideraciones y desafíos: ..... - 1395 -

V.2 Bases de datos para el análisis de FSO ..... - 1396 -

V.2.1 Arrancones ..... - 1403 -

V.2.2 Accidentes de tránsito ..... - 1407 -

V.3 Estructura económica ..... - 1410 -

V.3.1 Centro urbano y colonias de alta concentración económica ..... - 1412 -

V.3.2 Corredores Económicos Clave: ..... - 1412 -

V.3.3 Zonas industriales y comerciales especializadas: ..... - 1412 -

V.3.4 Colonias con actividad económica moderada: ..... - 1412 -

V.3.5 Colonias con menor actividad económica: ..... - 1412 -

V.4 Densidad poblacional ..... - 1414 -

VI. Terrorismo ..... - 1417 -

VI.1 Susceptibilidad a terrorismo ..... - 1420 -

VI.2 Vulnerabilidad a terrorismo ..... - 1423 -

VI.3 Riesgo de terrorismo ..... - 1426 -

VII. Vandalismo 2013 ..... - 1429 -

VII.1 Susceptibilidad a vandalismo ..... - 1441 -

VII.1.1 Asaltos y robos ..... - 1444 -

VII.1.2 Vulnerabilidad por vandalismo ..... - 1467 -

VII.1.3 Riesgo por vandalismo ..... - 1489 -

VIII. Accidentes Terrestres ..... - 1493 -

VIII.1 Susceptibilidad a accidentes terrestres ..... - 1498 -

VIII.2 Vulnerabilidad a accidentes terrestres ..... - 1501 -

VIII.3 Riesgo a accidentes terrestres ..... - 1503 -

IX. Accidentes Aereos 2023 ..... - 1505 -

IX.1.1 Susceptibilidad de accidentes aéreos ..... - 1506 -

IX.1.2 Vulnerabilidad por accidentes aéreos ..... - 1507 -

IX.1.3 Riesgo por accidentes aéreos ..... - 1507 -

X. Concentraciones Masivas ..... - 1509 -

X.1 Eventos comerciales específicos: El Buen Fin ..... - 1516 -

X.1.1 Susceptibilidad concentraciones masivas tipo comercial: el Buen Fin ..... - 1517 -

X.1.2 Vulnerabilidad en concentraciones masivas tipo comercial: Buen Fin. ..... - 1521 -

X.1.3 Riesgo en concentraciones masivas de tipo comercial, el Buen Fin. ..... - 1523 -

X.2 Tianguis ..... - 1526 -

X.2.1 Susceptibilidad concentraciones masivas tipo comercial: Tianguis ..... - 1529 -

X.2.2 Vulnerabilidad en concentraciones masivas tipo comercial: Tianguis ..... - 1535 -

X.2.3 Riesgo en concentraciones masivas de tipo comercial: Tianguis. ..... - 1537 -

X.3 Concentraciones masivas de tipo religioso ..... - 1539 -

X.3.1 Susceptibilidad en Zonas de Equipamiento Religioso ..... - 1539 -

X.3.2 Susceptibilidad en concentraciones masivas con fines religiosos ..... - 1541 -

X.3.3 Vulnerabilidad en concentraciones masivas con fines religiosos ..... - 1546 -

X.3.4 Riesgo en concentraciones masivas con fines religiosos ..... - 1552 -

X.4 Rutas de peregrinación ..... - 1553 -

X.4.1 Susceptibilidad en zonas de Peregrinaciones ..... - 1553 -

X.4.2 Susceptibilidad en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe ..... - 1558 -

X.4.3 Vulnerabilidad en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe ..... - 1561 -

X.4.4 Riesgo en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe ..... - 1563 -

X.5 Cabalgata de los Reyes Magos ..... - 1566 -
X.5.1 Susceptibilidad en la Cabalgata de los Reyes Magos ..... - 1566 -
X.5.2 Vulnerabilidad durante la Cabalgata de los Reyes Magos ..... - 1569 -
X.5.3 Riesgo durante la Cabalgata de Reyes ..... - 1571 -

XI. Interrupción de servicios básicos ..... - 1575 -

XI.1 Susceptibilidad de irrupción de servicios básicos ..... - 1581 -

XI.2 Vulnerabilidad de irrupción de servicios básicos ..... - 1586 -

XI.3 Riesgo de irrupción de servicios básicos ..... - 1589 -

XII. BIBLIOGRAFÍA ..... - 1593 -

Índice de figuras

Figura 1. Manifestaciones de los fenómenos socio-organizativos. ..... - 1365 -
Figura 2: Estratos sociales; mural "Sueño de una tarde en la Alameda Central" de Diego Rivera. ..... - 1366 -
Figura 3. Diversos acontecimientos sociales en el municipio de Irapuato. ..... - 1367 -
Figura 4: Respuesta a los reactivos que aluden a la sensación de seguridad. ..... - 1379 -
Figura 5: Definiciones de FSO expresados por el grupo y la concatenación de ideas..... - 1380 -
Figura 6: Evidencia del taller participativo, mesa sobre FSO..... - 1383 -
Figura 7: Relación de incidencias por subcategorías ..... - 1396 -
Figura 8: Nube de palabra de colonias por cantidad de incidencias reportadas. ..... - 1400 -
Figura 9: Nube de palabra de colonias por cantidad de incidencias reportadas. ..... - 1403 -
Figura 10. Ubicación de radiodifusoras en Irapuato..... - 1434 -
Figura 11. Ubicación de puntos de mayor afluencia en el Municipio de Irapuato. ..... - 1435 -
Figura 12. Clasificación de Vialidades en el municipio de Irapuato. ..... - 1436 -
Figura 13. Mapa de líneas de alta tensión en el municipio de Irapuato. ..... - 1437 -
Figura 14. Mapa de poliductos de PEMEX en el municipio de Irapuato. ..... - 1438 -
Figura 15. Mapa de ductos de gas del municipio de Irapuato. ..... - 1439 -
Figura 16. Mapa de la ubicación de la subestación eléctrica del municipio de Irapuato.- 1440 -
Figura 17. Mapa de las Instalaciones de Gobierno Diversas del municipio de Irapuato.... - 1441 -
Figura 18. Evidencias de vandalismos en la ciudad de Irapuato. ..... - 1444 -
Figura 19. Mapa de asaltos en Irapuato. ..... - 1448 -
Figura 20. Mapa de robos reportados en Irapuato. ..... - 1452 -
Figura 21. Aseguramiento de armas 2013. ..... - 1453 -
Figura 22. Mapa de uso de arma de fuego en el municipio de Irapuato. ..... - 1455 -
Figura 23. Se resalta la zona de coincidencia de número alto de reportes por uso de arma de fuego y riñas campales presentado más delante. ..... - 1456 -
Figura 24. Mapa de venta clandestina de droga en el municipio de Irapuato. ..... - 1459 -
Figura 25. Coincidencia de zona con la problemática descrita. ..... - 1459 -
Figura 26. Mapa de colonias con problemas de grafitti en el municipio de Irapuato..... - 1462 -

Figura 27. Mapa de riñas campales en el municipio de Irapuato. ..... - 1465 -
Figura 28. Ubicación de colonias con pandillerismo. ..... - 1465 -
Figura 29. Presencia de Pandillerismo en la ciudad. ..... - 1467 -
Figura 30. Mapa de vulnerabilidad municipal. ..... - 1488 -
Figura 31. Mapa general de riesgo. Municipio de Irapuato. ..... - 1491 -
Figura 32: Accidentes viales ocurrido en el municipio de Irapuato. ..... - 1497 -
Figura 33: Componentes de las incidencias asociadas a accidentes viales ..... - 1498 -
Figura 34: Población según grado de vulnerabilidad a accidentes terrestres. ..... - 1501 -
Figura 35: Expanda del INFORUM de Irapuato. ..... - 1506 -
Figura 36. La Seguridad Pública de Guanajuato cuenta con helicópteros que se desplazan en Irapuato. ..... - 1506 -
Figura 37. Ruta de peregrinos 2012. ..... - 1515 -
Figura 38: Foto aérea de plaza Cibeles. ..... - 1516 -
Figura 39: Incidencias durante los periodos del buen fin dentro de las zonas de mayores dinamismos económico. ..... - 1519 -
Figura 40: Distribución porcentual del tipo de incidencias a las que se puede ser susceptible durante las festividades religiosas. ..... - 1544 -
Figura 41: Ejemplo de peregrinaje ..... - 1553 -
Figura 42: Peregrinación de la Virgen de Guadalupe. ..... - 1556 -
Figura 43: Incidencias durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe. ..... - 1557 -
Figura 44: Incidencias durante Cabalgata de los Reyes Magos ..... - 1568 -
Figura 46: Ejemplo de notificaciones de irrupción de servicio de energía eléctrica. ..... - 1579 -
Figura 47: Nube de palabras por cantidad de incidencias que afectan la vía pública y prestación de servicios básicos. ..... - 1583 -

Índice de gráficas

Gráfica 1: Rangos de edad de los participantes ..... - 1378 -
Gráfica 2: Costo de los FSO en Irapuato del 2003 al 2023. ..... - 1386 -

Gráfica 3: Evolución de las Incidencias del 2020 al primer semestre de 2024 ..... - 1397 -
Gráfica 4: Compendio de incidencias asociados a acciones de terrorismo. ..... - 1419 -
Gráfica 5: Distribución de la población por grado de vulnerabilidad ..... - 1423 -
Gráfica 6. Motivos del componente Interrupción de servicios causados por el hombre ... - 1444 -
Gráfica 7: Incidencias durante los periodos establecimiento de tianguis en Irapuato (2020-2024). ..... - 1532 -
Gráfica 8: Población por grado de vulnerabilidad dentro de las zonas de mayores dinamismos económico. ..... - 1535 -
Gráfica 9: Equipamiento religioso del municipio. ..... - 1541 -
Gráfica 10: Frecuencia de incidencias en zonas aledañas a equipamiento religioso. ..... - 1545 -
Gráfica 11: Diagrama de frecuencia de la cantidad de incidencia a lo largo del periodo de muestra en zonas aledañas a equipamiento religioso ..... - 1546 -
Gráfica 12: Población por nivel de vulnerabilidad para espacios religiosos. ..... - 1549 -
Gráfica 13: Relación de población y viviendas vulnerables a la interrupción de servicios básicos por FSO. ..... - 1586 -

Índice de mapas

Mapa 1: Distribución territorial de las principales zonas de conflicto socio-organizativo. ... - 1382 -
Mapa 2: Distribución espacial de incidencias del 911 en el periodo 2020-2024 (Primer semestre). ..... - 1402 -
Mapa 3: Distribución espacial de arrancones ..... - 1406 -
Mapa 4: Distribución espacial de accidentes de tránsito sin lesionados. ..... - 1409 -
Mapa 5: Densidad de unidades económicas por hectárea ..... - 1413 -
Mapa 6: Densidad poblacional ..... - 1415 -
Mapa 7: Susceptibilidad a terrorismo ..... - 1422 -
Mapa 8: Mapa de vulnerabilidad a terrorismo ..... - 1425 -
Mapa 9: Mapa de riesgo a terrorismo. ..... - 1427 -
Mapa 10: Susceptibilidad a accidentes terrestres ..... - 1500 -
Mapa 11: Vulnerabilidad a accidentes terrestres. ..... - 1502 -
Mapa 12: Riesgo a accidentes terrestres. ..... - 1504 -

Mapa 13: Susceptibilidad a incidencias negativas durante el Buen Fin. .....- 1520 -
Mapa 14: Vulnerabilidad en zonas de mayor dinamismo económico. .....- 1522 -
Mapa 15: Riesgo en zonas de mayor dinamismo económico.....- 1525 -
Mapa 16: Susceptibilidad a incidencias negativas durante el establecimiento de tianguis- 1534 -
Mapa 17: Vulnerabilidad a incidencias negativas durante el establecimiento de tianguis.- 1536 -
Mapa 18: Riesgo durante el establecimiento de tianguis. .....- 1538 -
Mapa 19: Susceptibilidad concentraciones masivas en espacios religiosos. .....- 1543 -
Mapa 20: Vulnerabilidad por concentraciones masivas en equipamiento religioso. .....- 1548 -
Mapa 21:Vulnerabilidad a FSO por concentraciones masivas en equipamiento religioso- 1551 -
Mapa 22: Puntos de descanso para peregrinos en la zona urbana.....- 1555 -
Mapa 23: Susceptibilidad durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe. .....- 1560 -
Mapa 24: Vulnerabilidad durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe. .....- 1562 -
Mapa 25: Riesgo durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe.....- 1565 -
Mapa 26: Susceptibilidad durante la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos. .....- 1567 -
Mapa 27: Riesgo durante la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos. .....- 1573 -
Mapa 28: Susceptibilidad a interrupción de servicios básicos por FSO. .....- 1585 -
Mapa 29: Vulnerabilidad de interrupción de servicios básicos .....- 1588 -
Mapa 30: Riesgo de interrupción de servicios básicos.....- 1591 -

Índice de tablas

Tabla 1: Comparativo de definiciones de terrorismo. .....- 1366 -
Tabla 2. Funcionarios públicos que asistieron al taller participativo.....- 1375 -
Tabla 3: Formato de encuesta aplicada en el taller. .....- 1375 -
Tabla 4: Búsqueda hemerográfica relativa a componentes socio-organizativos. .....- 1387 -
Tabla 5: Hallazgos de las tendencias. .....- 1398 -
Tabla 6: Hallazgos de las incidencias. .....- 1399 -
Tabla 7: Colonias de alta incidencia: focos de actividad de "arrancones" .....- 1403 -

Tabla 8: Patrones y factores contribuyentes: causas subyacentes. ..... - 1404 -
Tabla 9: Recomendaciones: estrategias de intervención. ..... - 1404 -
Tabla 10: Implicaciones y recomendaciones. ..... - 1407 -
Tabla 11: Patrón espacial de la densidad poblacional en Irapuato. ..... - 1414 -
Tabla 12. Amenaza de bomba, número de llamadas por colonia durante el 2012. ..... - 1417 -
Tabla 13: Reportes de incidencias relativas a terrorismo. ..... - 1419 -
Tabla 14: Rangos de valores para los niveles de susceptibilidad. ..... - 1420 -
Tabla 15: Rangos de valores para los niveles de susceptibilidad. ..... - 1420 -
Tabla 16: Sistemas afectables del componente Interrupción de servicios vitales causados por el hombre (Delincuencia, sabotaje y terrorismo) ..... - 1432 -
Tabla 17: Oficinas de correo como sistema afectable. ..... - 1433 -
Tabla 18: Radiodifusoras como sistemas afectables. ..... - 1433 -
Tabla 19 ..... - 1434 -
Tabla 20. Principales vías de comunicación ..... - 1435 -
Tabla 21. Motivos de Interrupción de servicios vitales causados por el hombre. ..... - 1442 -
Tabla 22. Motivos de Llamadas Asociadas a Vandalismo en Irapuato ..... - 1443 -
Tabla 23. Número de asaltos y robos en Irapuato 2013. ..... - 1445 -
Tabla 24. Asalto a casa habitación por colonia 2012. ..... - 1446 -
Tabla 25. Asalto a persona por colonia 2012. ..... - 1446 -
Tabla 26. Robo domiciliario 2013. ..... - 1447 -
Tabla 27. Asalto a comercio o industria por colonia 2012. ..... - 1447 -
Tabla 28. Robo a casa habitación por colonia 2012. ..... - 1449 -
Tabla 29. Robo a vehículo por colonia 2012. ..... - 1449 -
Tabla 30. Vandalismo por cristalazo a vehículos 2013. ..... - 1450 -
Tabla 31. Robo a vehículo 2013. ..... - 1451 -
Tabla 32. Sitios de reporte de venta clandestina de droga. ..... - 1458 -
Tabla 33. Sitios que más reportan la actividad de los grafiteros. ..... - 1461 -
Tabla 34. Sitios reportados con riñas campales ..... - 1463 -
Tabla 35. Sitios con presencia de pandillerismo. ..... - 1466 -
Tabla 36. Porcentaje de diferentes variables socioeconómicas de la población de Irapuato. ..... - 1469 -

Tabla 37. Calificación por indicador socioeconómico. ..... - 1470 -
Tabla 38. Calificación por indicador socioeconómico. ..... - 1471 -
Tabla 39. Calificación por indicador socioeconómico. ..... - 1472 -
Tabla 40. Calificación por indicador socioeconómico. ..... - 1473 -
Tabla 41. Calificación total entre el número de indicadores de cada rubro ..... - 1474 -
Tabla 42. Cuestionario capacidad de prevención y respuesta. ..... - 1476 -
Tabla 43. Criterios para determinar la capacidad de respuesta. ..... - 1477 -
Tabla 44. Ponderación por pregunta del cuestionario percepción de riesgo ..... - 1478 -
Tabla 45. Tabla de rangos de percepción local del riesgo. ..... - 1485 -
Tabla 46. Percepción ciudadana de peligro. ..... - 1485 -
Tabla 47. Tabla de rangos de grado de vulnerabilidad social. ..... - 1487 -
Tabla 48. Motivos de Accidentes terrestres. ..... - 1493 -
Tabla 49. Sitios de accidentes viales 2012. ..... - 1495 -
Tabla 50. Eventos de choque con objeto fijo por colonia 2012. ..... - 1495 -
Tabla 51. Sitios de choques múltiples 2012. ..... - 1496 -
Tabla 52. Sitios de choque por alcance 2012. ..... - 1496 -
Tabla 53: Instalaciones expuestas para el componente Accidentes aéreos y terrestres. ..- 1506 -
Tabla 54. Puntos de mayor afluencia en el municipio 2012. ..... - 1511 -
Tabla 55. Motivos del componente Concentración Masiva de personas 2012. ..... - 1513 -
Tabla 56. Sitios de bloqueo por mitin y/o manifestación 2012. ..... - 1513 -
Tabla 57. Sitios de Mítines y manifestaciones 2012. ..... - 1513 -
Tabla 57. Relación de Tianguis en la ciudad y comunidades. ..... - 1526 -
Tabla 58. Motivos de Interrupción de servicios vitales causados por el hombre 2012. ..... - 1575 -
Tabla 59: Interrupción de servicios básicos, causas y consecuencias. ..... - 1578 -
Tabla 60: Relación de incidencias con potencial de interrumpir la prestación de servicios básicos. ..... - 1581 -

I. INTRODUCCIÓN

El fenómeno socio-organizativo (**FSO**) desde la perspectiva de gestión integral del desastre ayuda identificar las acciones, motivaciones y consecuencias de la actividad humana en el territorio, y sus potenciales efectos dañinos sobre la integridad física de las personas, bienes materiales y servicios públicos y privados. El objetivo de este análisis busca identificar y analizar las estructuras, procesos y dinámicas sociales que influyen en la organización y desarrollo de las actividades sociales, políticas y económicas en el país.

Figura 1. Manifestaciones de los fenómenos socio-organizativos.
Fuente: elaboración propia.

Los FSO fueron formalmente integrados en los marcos de protección civil mexicanos en 1986. Estos eventos, originados en la interacción entre la sociedad y sistemas creados por el hombre, se manifiestan como perturbaciones que pueden escalar a desastres. La actividad humana subyace en la mayoría de los FSO, desde errores hasta acciones premeditadas (CENAPRED, 2016). La Ley General de Protección Civil en su Artículo 2 fracción XXVII, define al FSO como: "*agente perturbador que se genera con motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población, tales como: demostraciones de inconformidad social, concentración masiva de población, terrorismo, sabotaje, vandalismo, accidentes aéreos, marítimos o terrestres, e interrupción o afectación por*

errores humanos o de forma premeditada de los servicios básicos o de infraestructura estratégica" (CENAPRED, 2016).

El análisis de los FSO en México se centra en los procesos de cambio social y sus determinantes históricos, económicos, políticos y culturales. Se estudian las dinámicas de interacción entre los actores y los sistemas sociales, así como los mecanismos de adaptación y resistencia al cambio. Este enfoque permite comprender la complejidad de las transformaciones sociales y diseñar estrategias para promover el desarrollo social.

Figura 2: Estratos sociales; mural "Sueño de una tarde en la Alameda Central" de Diego Rivera.
Fuente: tomado de www.inba.gob.mx/recinto/46/museo-mural-diego-rivera.

Una de las mayores dificultades supone para su evaluación tiene que ver con el terrorismo, por lo que se adopta la definición de mayores alcances, referida en Código Penal Federal, en el Art. 139. Dado que sus alcances incluyen aspectos de específicos de efectos contra la integridad física, emocional o la vida personal de las personas y sus bienes. Estos últimos no contemplados explícitamente en el Código Penal del Estado de Guanajuato (ver siguiente tabla).

Tabla 1: Comparativo de definiciones de terrorismo.

Código Penal Federal	Código Penal del Estado de Guanajuato
Artículo 139. Se impondrá pena de prisión de seis a cuarenta años y hasta mil doscientos días multa al que utilizando sustancias tóxicas, armas químicas, biológicas o similares… o por cualquier otro medio violento, intencionalmente realice **actos en contra de bienes o servicios**, ya sea públicos o privados, o bien, **en contra de la integridad física**, **emocional,** o la **vida de personas**, que produzcan *alarma, temor o terror en la*	Artículo 245.- A quien por cualquier medio realice **actos en contra de las personas, las cosas o servicios al público**, que produzcan alarma, temor o terror en la población o en un sector de ella, para *perturbar la paz pública, menoscabar la autoridad del Estado o presionar* a la autoridad para que tome una determinación, se le impondrá prisión de tres a quince años y de treinta a ciento cincuenta días multa.

Código Penal Federal	Código Penal del Estado de Guanajuato
población o en un grupo o sector de ella, para **atentar contra la seguridad** nacional o presionar a la autoridad o a un particular, u obligar a éste para que tome una determinación.	

Fuente: elaboración propia.

Uno de los de los mayores retos del FSO tiene que ver con las dimensiones, o campos temáticos que motivan a la población a congregarse de manera periódica en el espacio público; estos pueden ser de orden religioso, cultural, deportivo y político. Cada uno de estos cuenta con sus propias estructuras sociales, jerarquías, códigos y esquemas organizacionales y manifestaciones espaciotemporales. Esto implica explorar los roles que desempeñan cada agente, los procesos de toma de decisiones, la distribución de poder y recursos, y la forma en que se relacionan con otros actores sociales.

El análisis de los FSO es esencial para fortalecer la resiliencia urbana. Al comprender los procesos sociales subyacentes a los FSO, podemos desarrollar estrategias para mitigar riesgos, fomentar la adaptación y promover la transformación social. Este enfoque contribuye a una mejor gobernanza y a una mayor capacidad de respuesta ante crisis en ciudades como Irapuato y sus alrededores (ver Figura 3).

Figura 3. Diversos acontecimientos sociales en el municipio de Irapuato.

Marcho 8 M

Peregrinos a San Juan de los Lagos, Jal.

Desfile PRIDE

Visita de los siete templos

Feria de las Fresas

Peregrinos locales

Fuente: elaboración propia.

II. OBJETIVO

Evaluar el Fenómeno Socio-Organizativo para el municipio de Irapuato, Guanajuato. La caracterización es a 2025, y la temporalidad de base de referencia estará condicionada a la disponibilidad de datos históricos.

II.1.1 Objetivos específicos

I. Caracterización de susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo por el componente de "terrorismo".
II. Caracterización de peligro, vulnerabilidad y riesgo por el componente de "concentraciones masivas de la población".
III. Caracterización de susceptibilidad, vulnerabilidad y riesgo por la condición de "accidentes terrestres".
IV. Caracterización de peligro, vulnerabilidad y riesgo por el componente de "interrupción de servicios básicos e infraestructura estratégica"

III. METODOLOGÍA

III.1 Generalidades

La metodología desarrollada para el análisis del FSO se fundamenta en lo publicado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres y el Diario Oficial de la Federación en la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del 2016 (DOF, 2016). En esta versión se parte del análisis de las incidencias registradas por el Centro de Comando, Control, Comunicación y Cómputo (C4 o C5), en el periodo que haya disponibilidad de información. En términos generales, estos dan cuenta de los "efectos nocivos", "calamidades" o "externalidades" de resultantes de las manifestaciones de los FSO. Estos datos serán complementados con las fichas puntuales y/o consideraciones derivadas de la experiencia de los funcionarios públicos encargados de la gestión de los eventos que involucren concentraciones masivas.

El enfoque metodológico se diseñó a partir de una perspectiva de minería de datos para dotar de sentido a la información proporcionada por las dependencias. Por otro lado, la experiencia del taller de trabajo con funcionarios municipales y estatales contribuyeron a establecer un proceso analítico con productos derivados de las expectativas y señalamientos de los asistentes.

De manera genérica, todos los componentes del FSO se identificaron puntualmente, ya sea en sitios específicos, zonas, o corredores viales. Por lo tanto, el primer paso en todos los casos fue documentar la ocurrencia de la incidencia de índole socio-organizativa. Dentro de los elementos de análisis se integran los atributos de localización geográfica, y localización temporal. En segunda instancia se procedió a dotar de componentes de magnitud (aforo, capacidad, tamaño, densidad).

La unidad de análisis espacial fueron AGEBs, así como unidad de análisis socioespacial limítrofes locales o colonias. Estos contienen a los sujetos de vulnerabilidad, población, unidades económicas, infraestructura y equipamiento, indispensables para la definición de vulnerabilidad y posterior cálculo de riesgo.

En conclusión, el enfoque metodológico para el análisis del Fenómeno Socioorganizativo en Irapuato permite una comprensión estructurada de los eventos de concentración social desde una perspectiva espacial, temporal y de magnitud. Al integrar datos oficiales con la experiencia operativa de las autoridades locales, se fortalece la capacidad del municipio para identificar zonas de riesgo, sujetos vulnerables y niveles de exposición, lo que constituye una base sólida para la formulación de estrategias de prevención y mitigación en el marco del Atlas de Riesgos.

III.2 Metodología

La metodología contempla un marco genérico para cada uno de los FSO a evaluar, los cuales incluyen: terrorismo, accidentes terrestres, concentraciones masivas e interrupción de servicios básicos. En la sección de resultados, se presentarán los aspectos metodológicos específicos que permitieron llevar a cabo la evaluación del riesgo asociado a cada FSO.

III.2.1 Susceptibilidad

En términos generales, y con las adecuaciones correspondientes según cada caso, la evaluación de la susceptibilidad se realizará siguiendo el siguiente flujo de trabajo:

1. Colecta de información de incidencias.
2. Análisis espaciotemporal (Leong & Sung, 2015; Grubesic & Mack, 2008; Ohyama, K., & Nakae, 2022; Spaulding, 2020) de cada tipología de incidente, anual, mensual, semanal y por día.
3. Análisis espacial (Lisowska-Kierepka, 2022) de cada incidencia.
    a) Proyección de información con base a atributos de coordenadas.
    b) Protección de información a partir de referencias específicas.
    c) Re-proyección de datos al sistema de coordenadas métrico.
4. Análisis de densidades espaciales. Interpolación de datos espaciales a partir de la geolocalización de puntos, bajo el enfoque "*Point Density*" (Alexander, 1993), para tasar la distribución espacial de las incidencias en eventos por hectárea.
5. Zonificación de incidencias por hectárea, en donde a partir de comportamiento geoestadístico de la distribución espacial de las incidencias se establecerán rangos de susceptibilidad de muy alto a muy bajo dependiendo la cantidad de eventos por hectárea que se presenten en el territorio.

III.2.2 Vulnerabilidad

Este dato se calculó evaluando la cantidad de personas expuestas en cada una de las zonas definidas por los distintos componentes del FSO. Dadas las características de la información sobre incidencias (principal insumo para esta evaluación) se optó por trabajar a nivel de manzanas urbanas, lo que permitió un mayor rango de flexibilidad en el manejo de los datos, a diferencia de las unidades espaciales como las AGEBs, que se habían considerado en un primer momento. Una vez modelados los patrones espaciales de cada incidencia, se identificó una alta variabilidad en los patrones de concentración.

1) Recolección de información sociodemográfica del INEGI a nivel de vivienda.
2) Recolección de información sobre unidades económicas a partir del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE).
3) Transformación de la información a formato de puntos, con el fin de correlacionarla con las zonas de influencia de cada incidencia y los fenómenos que potencialmente favorecen la concentración masiva de personas.
4) Análisis espacial de coincidencias, para contabilizar la cantidad de personas y unidades económicas dentro de cada perímetro susceptible a los distintos componentes del FSO.

III.2.3 Riesgo

A partir de la identificación de zonas con distintos grados de susceptibilidad, así como de la población y unidades económicas expuestas a cada tipo de amenaza, se procedió al cálculo de la cantidad de eventos registrados anualmente en cada una de estas zonas, con el fin de correlacionar dicha frecuencia con la cantidad de personas, bienes o unidades económicas ubicadas dentro de cada perímetro.

Como resultado, se diseñó un modelo de evaluación del riesgo que contempla, por un lado, la estimación del número de personas afectadas (expresado como "x" cantidad de personas por cada 100 habitantes) que anualmente podrían experimentar los efectos negativos del fenómeno; y por otro lado, un modelo análogo para la evaluación del riesgo en unidades económicas, tal como se ilustran en las siguientes ecuaciones.

$$Riesgo\ población\ \ i, = \frac{Incidencias\ \ del\ tipo_i\ en\ la\ Zona_j}{Población\ total\ la\ Zona^3{}_j} * 100$$

$$Riesgo\ UE\ i = \frac{Total\ incidencias\ que\ afecten\ unidades\ económicas_j}{Total\ de\ Unidades\ economicas\ de\ la\ zona_j} * 100$$

IV. TALLER CON DEPENDENCIAS

Del taller con dependencias diez funcionarios públicos municipales y estatales, quienes representan una parte significativa de las instituciones involucradas en la prevención y atención a los componentes del Fenómeno Sociorganizativo (FSO) en Irapuato, participaron activamente en la mesa de trabajo. Los comentarios y la dinámica de la sesión reflejaron un conocimiento previo sólido y una cultura de prevención basada en experiencias directas con estos componentes del FSO. Entre los asistentes se encontraban: (ver Tabla 2).

Tabla 2. Funcionarios públicos que asistieron al taller participativo.

Funcionario	Institución municipal/estatal
Rosa Cecilia García Rangel	Dirección General de Movilidad y Transporte
David Gutiérrez Medina	Protección civil
Hugo Mosqueda González	Protección civil
Carmen Bojorges Cervantes	IMUVI
Álvaro Pereira Luna	Dirección General de Programación y Desarrollo Gubernamental

Fuente: elaboración propia.

Se realizó una mesa redonda donde los participantes compartieron sus experiencias con FSO. Tras una discusión abierta, se definió el concepto y sus elementos clave, comparándolos con el marco de referencia de CENAPRED. Luego, los participantes identificaron las necesidades de sus áreas y cómo podrían contribuir a la prevención y atención de estos fenómenos.

Por un lado, se aplicó un cuestionario estructurado con preguntas cerradas, escalas Likert y una serie de preguntas abiertas orientadas a generar un primer panorama de la tipología, magnitud, severidad y comportamiento espacial de los FSO (ver Tabla 3).

Tabla 3: Formato de encuesta aplicada en el taller.

DATOS DE IDENTIFICACIÓN			
Nombre		**Correo electrónico**	
Edad		**Teléfono**	

Dependencia			

CONTEXTO DE RESIDENCIA			
Pregunta	**Tipo de dato**	**Atributo Relativo**	**Observaciones**
¿Cuántos años lleva viviendo en Irapuato?			
¿Cuál es su ciudad de origen?	Abierta, citar ciudad o municipio	Sin atributo	
¿Por qué motivo se mudó a esta ciudad?	Abierta	Sin atributo	

PERCEPCIÓN GENERAL			
Pregunta	**Tipo de dato**	**Atributo Relativo**	**Observaciones**
Considero que Irapuato es una ciudad muy segura	Totalmente de acuerdo	5	Escala de Likert, solo para evaluar si hay un pensamiento generalizado sobre algún aspecto en particular
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	
Jamás he sido víctima de la delincuencia	Totalmente de acuerdo	5	Escala de Likert, solo para evaluar si hay un pensamiento generalizado sobre algún aspecto en particular
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	
No conozco a nadie que haya sido asaltado	Totalmente de acuerdo	5	Escala de Likert, solo para evaluar si hay un pensamiento generalizado sobre algún aspecto en particular
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	
Las noticias exageran, en realidad la ciudad es tranquila	Totalmente de acuerdo	5	Escala de Likert, solo para evaluar si hay un pensamiento generalizado sobre algún aspecto en particular
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	
Las noticias se quedan cortas, la verdad pasa más incidentes de los que se mencionan en las noticias	Totalmente de acuerdo	5	
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	

CONOCIMIENTO DE LAS CATEGORÍAS DE FENÓMENOS SOCIO-ORGANIZATIVOS

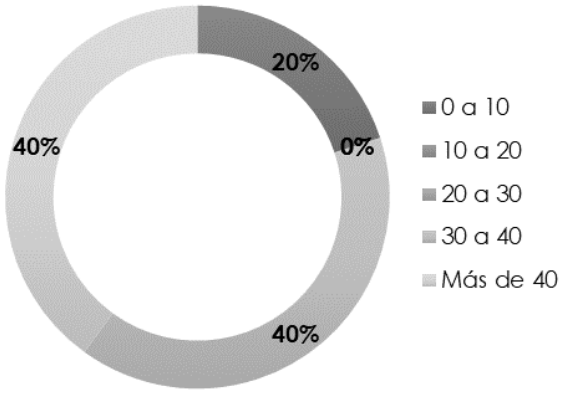
Pregunta	Tipo de dato	Atributo Relativo	Observaciones
¿Qué es un fenómeno socio-organizativo?	Binario	SI/NO	
Podría redactar un par de líneas para describir en qué consisten los fenómenos socio-organizativos (siéntase libre de expresarlo con sus propias palabras)	Texto	Pregunta abierta	Definir en su propio lenguaje el concepto para identificar puntos de encuentro y complementariedades
¿En su área de competencia, ha tenido que afrontar situaciones de contingencia relacionadas a terrorismo?	Binario	SI/NO	Recuento de la pertinencia del tema en su agenda institucional
En caso de ser afirmativo, describir brevemente el suceso asociado al terrorismo	Texto	Pregunta abierta	Definir en su propio lenguaje el concepto
En este mismo sentido, hablando de eventos masivos, ¿usted cree que haya algún tipo de evento particular que genere condiciones para que se susciten situaciones adversas?	Binario	SI/NO	Afirmación para introducir al siguiente reactivo
Podría expresar qué tipo de evento, y la razón de que sea de ese modo	Texto	Pregunta abierta	Definir en su propio lenguaje la situación en particular
¿Hay alguna(s) zona(s) de la ciudad que usted considere que son más propicias a presentar vandalismo, o que los índices delictivos sean más frecuentes?	Texto	Pregunta abierta	Enlistar lo sitios sujetos a percances de manera periódica
¿Hay alguna(s) zonas o lugares que usted sepa que haya habido incidentes negativos (muertes, heridos, pérdidas económicas, o daños materiales)?	Texto	Pregunta abierta	Ratificación de la pregunta anterior
¿Usted cree que sea posible disminuir los riesgos asociados a fenómenos socio-organizativos?	Binario	SI/NO	Afirmación para introducir al siguiente reactivo
Estoy dispuesto a contribuir a reducir la incidencia de fenómenos socio-organizativos	Totalmente de acuerdo	5	Manifestación del grado de participación para contribuir a mitigar los FSO
	De acuerdo	4	
	Neutral	3	
	En desacuerdo	2	
	Totalmente desacuerdo	1	

Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se emplearon recursos interactivos análogos, consistentes en planos impresos, rotafolio, plumones, con el objetivo, mediante la inducción de una serie de conceptos, de detonar una lluvia de ideas para: definir los alcances de los componentes de los FSO, definir las principales festividades que se realizan en la zona, identificando su fecha de realización, periodicidad, aforo y una serie de comentarios al calce referentes al grado de animadversión que genera cada fenómeno y las principales calamidades derivadas de la realización de cada evento.

De los participantes predominan aquellos con edad de más de 30 años. La mayoría de ellos llevan más de un periodo gubernamental municipal en la función pública, y en general es gente ampliamente experimentada en las áreas de competencia. En cuanto a equidad de género, se reconoce una paridad en la mesa de trabajo.

Gráfica 1: Rangos de edad de los participantes



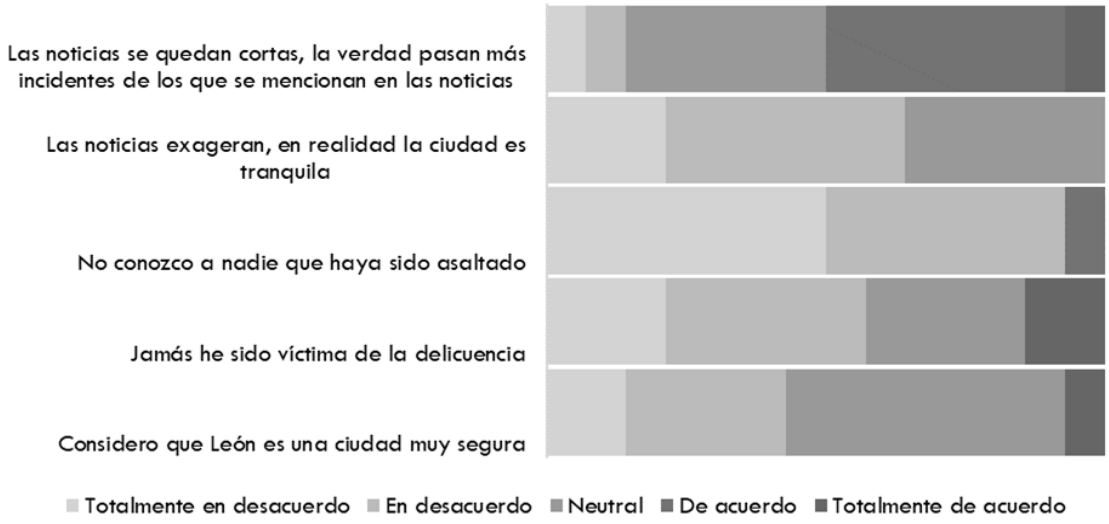
Fuente: elaboración propia.

De los participantes, dos son oriundos de Irapuato, uno de Celaya y dos de la Ciudad de México. En cuanto al bloque de preguntas relativas a la percepción de seguridad e impresiones sobre la manera en que el colectivo refiere, se hizo uso de una encuesta en el dispositivo móvil de comunicación de cada participante para captar su opinión sobre la sensación de seguridad en la ciudad (ver Figura 4), encontrado lo siguiente:

- Considero que Irapuato es una ciudad muy segura: La mayoría de los encuestados están en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con que Irapuato es una ciudad segura. Un porcentaje menor se muestra neutral, y solo una pequeña parte está de acuerdo o totalmente de acuerdo.
- Jamás he sido víctima de la delincuencia: Las opiniones están divididas. Un porcentaje similar de encuestados está en desacuerdo y de acuerdo con no haber sido víctima de la delincuencia.
- No conozco a nadie que haya sido asaltado: La mayoría de los encuestados está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que conocen a alguien que ha sido asaltado.
- Las noticias exageran, en realidad la ciudad es tranquila: La mayoría de los encuestados está en desacuerdo o totalmente en desacuerdo con que las noticias exageran la situación de seguridad en Irapuato.

- Las noticias se quedan cortas, la verdad pasa más incidentes de los que se mencionan en las noticias: La mayoría de los encuestados está de acuerdo o totalmente de acuerdo en que las noticias se quedan cortas al informar sobre los incidentes de seguridad en Irapuato.

Figura 4: Respuesta a los reactivos que aluden a la sensación de seguridad.



Fuente: elaboración propia.

IV.1 Conclusiones

Entre las principales conclusiones por parte de los participantes de la mesa de trabajo, se pueden mencionar:

- La percepción general sobre la seguridad en Irapuato es negativa. La mayoría de los encuestados no se sienten seguros en la ciudad.
- La experiencia personal con la delincuencia parece ser común, ya que muchos encuestados conocen a alguien que ha sido asaltado.
- Existe una desconfianza hacia la información proporcionada por los medios de comunicación sobre la seguridad en Irapuato. Muchos creen que la situación es peor de lo que se informa.

IV.2 Implicaciones

Se pidió a un grupo de personas que definieran el término "fenómenos socio-organizativos" con sus propias palabras. Estas definiciones fueron analizadas y codificadas por colores. Los conceptos similares o idénticos fueron marcados con el mismo color, mientras que las ideas únicas, que no se repiten, fueron consideradas como contribuciones novedosas que enriquecen la definición del concepto (ver siguiente figura).

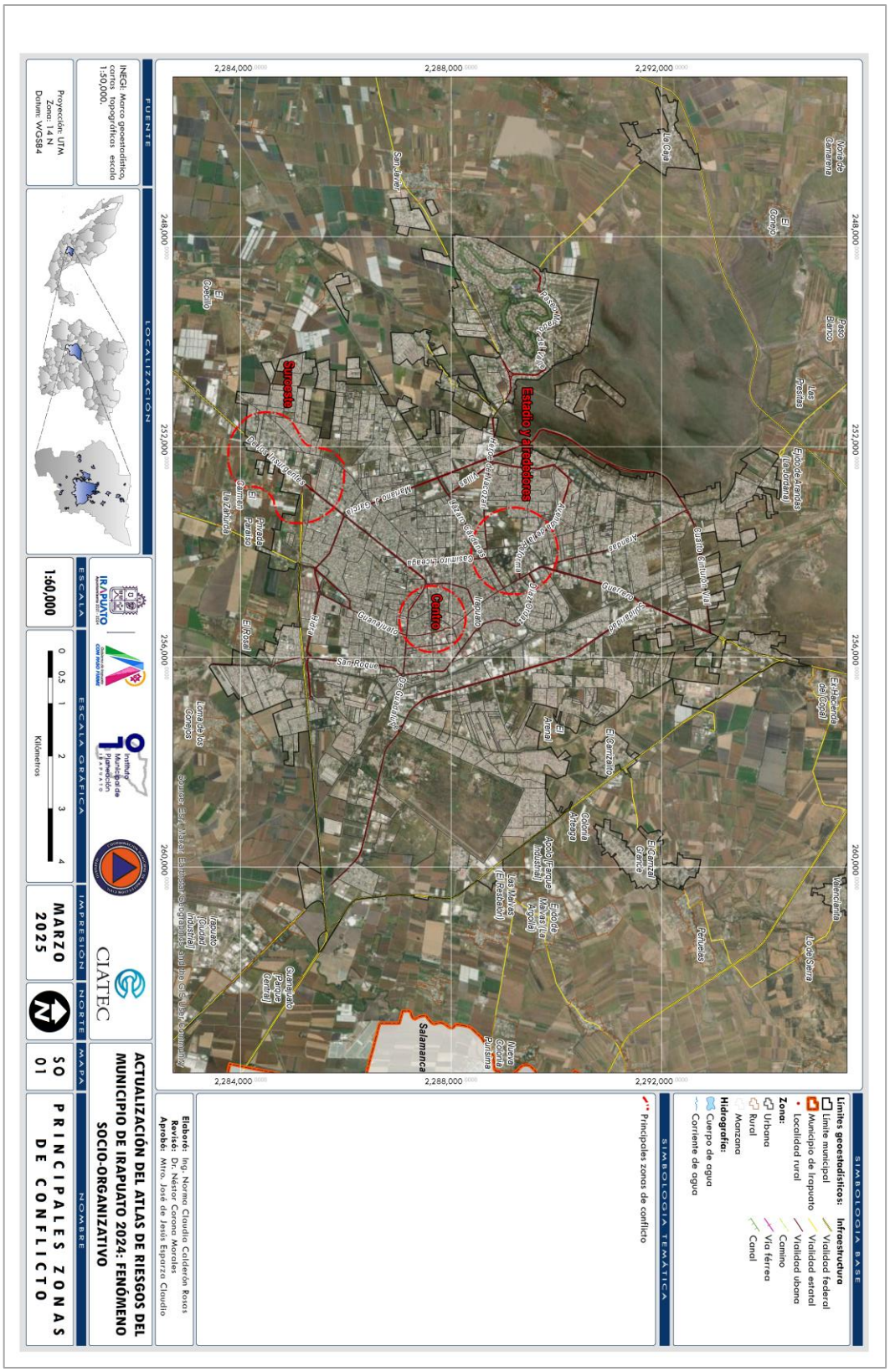
- Estos resultados sugieren que las autoridades y la sociedad en general deben tomar medidas para abordar la inseguridad en Irapuato y mejorar la percepción de seguridad entre los ciudadanos.
- Es importante fortalecer la transparencia y la comunicación sobre los incidentes de seguridad para generar confianza en la información que se difunde.

En un siguiente esfuerzo colaborativo, se buscó identificar si hay algún tipo de evento particular que genere condiciones para que se susciten situaciones adversas. Al respecto se encontró que no hay ninguna situación particular. Ninguno de los colaboradores reitera alguno en particular. Se refieren de manera genérica a presentaciones de artistas, que puede estar ligado a los conciertos al aire libre pero no de manera contundente. También se hace alusión a los partidos de fútbol y eventos deportivos que pueden suscitar riñas o peleas. Hay una mención a la cabalgata de reyes, pero sin mayores detalles sobre posibles situaciones nocivas.

Figura 5: Definiciones de FSO expresados por el grupo y la concatenación de ideas.

Fuente: elaboración propia.

Respecto a la localización en el municipio de incidentes sociorganizativos dañinos, se señalaron tres zonas puntualmente en: centro histórico de la ciudad, una región al suroeste y el estadio y sus alrededores, sin más detalle que ayude a perfilar alguna situación alarmante. Por otro lado, también se señaló que prácticamente en toda la ciudad hay percances (ver Mapa 1).



Mapa 1: Distribución territorial de las principales zonas de conflicto socio-organizativo.

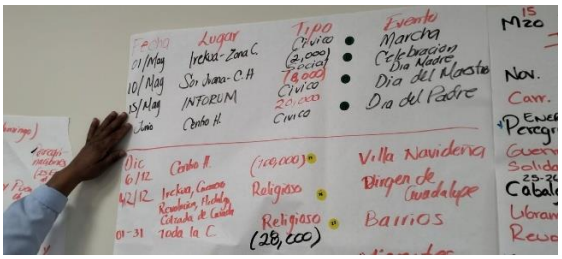
En reconocimiento a las valiosas contribuciones de los participantes, se informa que sus aportes fueron fundamentales para la revisión y ajuste de la propuesta presentada. Si bien algunos temas quedaron pendientes debido a la falta de información disponible, las ideas proporcionadas serán de gran utilidad para el desarrollo de herramientas de diagnóstico. Estas herramientas serán clave para la toma de decisiones, con el objetivo de minimizar y mitigar los efectos negativos derivados de los fenómenos socio-organizativos (ver siguiente Figura).

Figura 6: Evidencia del taller participativo, mesa sobre FSO.

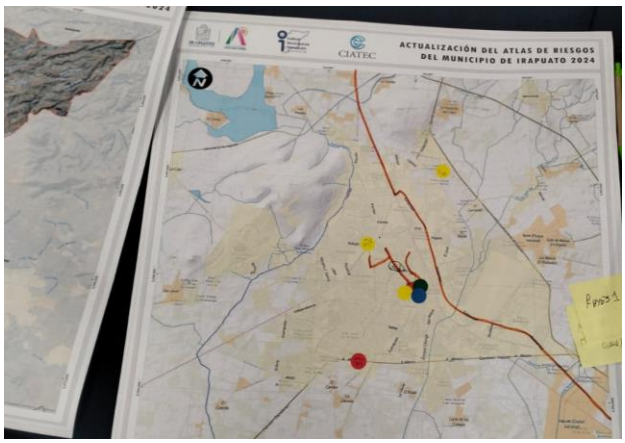
Explicación de la dinámica del taller

Fotografía de los participantes

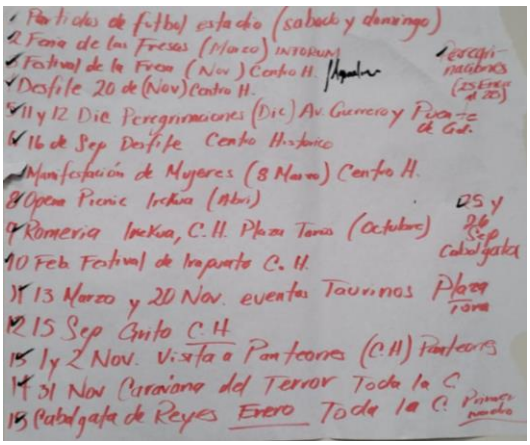
Llenado listado de problemas SO



Principales eventos en Irapuato



Identificación cartográfica de sitios, zonas y rutas de concentraciones masivas



Listado de las principales actividades a lo largo del año

Fuente: elaboración propia.

V. ANÁLISIS DE DATOS

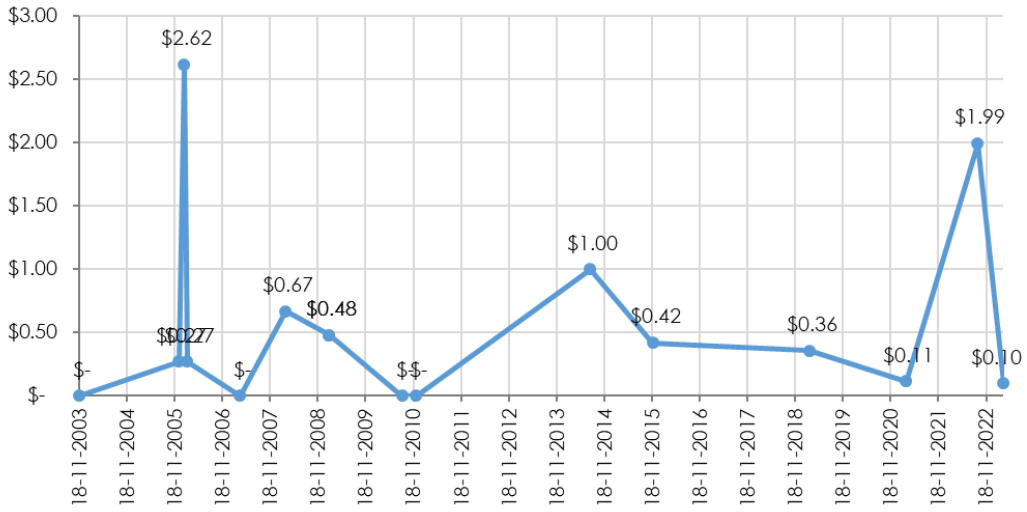
V.1 Antecedentes según registros CENAPRED

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) ha recopilado información sobre los daños y pérdidas ocasionados por fenómenos socioorganizativos en México. Aunque la diversidad y complejidad de estos fenómenos dificultan la compilación de datos exhaustivos, el CENAPRED ha generado estadísticas sobre su impacto socioeconómico. Estas estadísticas se basan en información recopilada de diversas fuentes del sector público y privado, y se presentan en informes como el "Impacto Socioeconómico de los Principales Desastres Ocurridos en México".

Es importante destacar que la información sobre fenómenos socioorganizativos puede variar en función de la fuente y la metodología utilizada. Por ejemplo, el CENAPRED menciona que en el periodo 2000-2012, la principal fuente de información sobre estos fenómenos provino del Centro Nacional de Comunicaciones (CENACOM), y que los registros se limitan a eventos en los que hubo participación de las Unidades Municipales o Estatales de Protección Civil .

Los registros disponibles para este fenómeno por parte de CENAPRED comprenden el intervalo de 2003 a 2023. En estos se da cuenta que los FSO han cobrado la vida de 9 personas, y han generado afectaciones a 463 habitantes del municipio. Adicionalmente se ha estimado que el costo acumulado ronda afectaciones por cerca de 9 millones de pesos, solo en gastos directos (Figura 8).

Gráfica 2: Costo de los FSO en Irapuato del 2003 al 2023.



Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED

En la siguiente tabla, se presenta una búsqueda hemerográfica de sucesos con origen el alguno de los componentes del FSO:

Tabla 4: Búsqueda hemerográfica relativa a componentes socio-organizativos.

Componente	Fecha	Título	Link
Accidentes terrestres	20/12/2024	Volcadura en el bulevar Mariano García de Irapuato deja un herido	https://www.periodicocorreo.com.mx/seguridad/volcadura-en-el-bulevar-mariano-garcia-de-irapuato-deja-un-herido-20241220-117272.html
	27/10/2024	Motociclista es embestido por tráiler y cae de puente vehicular en Irapuato, muere debido al fuerte impacto	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/10/27/motociclista-es-embestido-por-trailer-cae-de-puente-vehicular-en-irapuato-muere-debido-al-fuerte-impacto-722383.html
	19/10/2024	Ferrocarril arrastra automóvil con familia a bordo en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/policiaca/familia-es-embestida-en-su-auto-por-el-ferrocarril-en-irapuato-13240221
	13/10/2024	En Irapuato: Mueren prensados 2 conductores en choque de frente	https://lasillarota.com/guanajuato/estado/2024/10/13/en-irapuato-mueren-prensados-conductores-en-choque-de-frente-505492.html
	13/10/2024	Una persona muerta y varios heridos en accidente en la Carretera Irapuato-Abasolo	https://notus.com.mx/una-persona-muerta-y-varios-heridos-en-accidente-en-la-carretera-irapuato-abasolo/
	07/10/2024	Colapsa carretera Silao-Irapuato: Vuelca tráiler de doble caja y provoca tremendo caos vehicular	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/10/7/colapsa-carretera-silao-irapuato-vuelca-trailer-de-doble-caja-provoca-tremendo-caos-vehicular-720402.html
	20/09/2024	Se abre socavón en calle Ignacio Altamirano de Irapuato y se traga un auto y un camión de Coca Cola	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/9/20/se-abre-socavon-en-calle-ignacio-altamirano-de-irapuato-se-traga-un-auto-un-camion-de-coca-cola-718647.html
	14/09/2024	Trágica madrugada: Mueren prensados hombre y mujer tras volcar su auto a máxima velocidad	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/9/14/tragica-madrugada-mueren-prensados-hombre-mujer-tras-volcar-su-auto-maxima-velocidad-717980.html
	20/08/2024	Intenso choque en Irapuato deja cuatro heridos, dos de gravedad	https://www.periodicocorreo.com.mx/seguridad/intenso-choque-en-irapuato-deja-cuatro-heridos-dos-de-gravedad-20240820-107530.html
	26/06/2024	Mariachi en estado de ebriedad choca contra 5 vehículos estacionados en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/6/26/fotos-mariachi-en-estado-de-ebriedad-choca-contra-vehiculos-estacionados-en-irapuato-710104.html

Componente	Fecha	Título	Link
	20/05/2024	Muere atropellado motociclista en Ciudad Deportiva de Irapuato, auto a gran velocidad lo embistió	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/5/30/muere-atropellado-motociclista-en-ciudad-deportiva-de-irapuato-auto-gran-velocidad-lo-embistio-707010.html
	31/01/2024	Choque entre auto y camioneta deja dos heridos en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/policiaca/choque-entre-auto-y-camioneta-deja-dos-heridos-en-irapuato-13240211
	21/11/2023	Accidente en Irapuato: Carambola en la salida a León detiene la circulación por más de una hora	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/11/21/accidente-en-irapuato-carambola-en-la-salida-leon-detiene-la-circulacion-por-mas-de-una-hora-684468.html
	05/11/2023	Accidente en Irapuato: Automovilista impacta moto y tripulantes salen proyectados en bulevar Esperanza	https://www.am.com.mx/irapuato/2023/11/5/accidente-en-irapuato-automovilista-impacta-moto-tripulantes-salen-proyectados-en-bulevar-esperanza-682555.html
	19/12/2022	Accidente en Irapuato: Conductor ebrio atropella a 2 obreros y al huir arrolla a un tercer hombre	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/12/19/accidente-en-irapuato-conductor-ebrio-atropella-obreros-al-huir-arrolla-un-tercer-hombre-639224.html
	10/10/2022	Accidente en Irapuato: Tráiler pierde el control y causa choque múltiple en carretera a Salamanca	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/10/10/accidente-en-irapuato-trailer-pierde-el-control-causa-choque-multiple-en-carretera-salamanca-627106.html
	07/10/2022	Se registra volcadura de un taxi en carretera federal Irapuato, Abasolo, reportan tráfico lento	https://www.debate.com.mx/guanajuato/Se-registra-volcadura-de-un-taxi-en-carretera-federal-Irapuato-Abasolo-reportan-trafico-lento-20221007-0246.html
	02/10/2022	Dos jóvenes se accidentan en moto en Irapuato; uno fallece y el otro está grave	https://periodicocorreo.com.mx/noticias/dos-jovenes-se-accidentan-en-moto-en-irapuato-uno-fallece-y-el-otro-esta-grave-20221002-62028.html
	18/09/2022	Choca camioneta de Protección Civil contra camión en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/choca-camioneta-de-proteccion-civil-contra-camion-en-irapuato/
	23/08/2022	Casi cada 9 horas ocurrió un accidente vehicular en Irapuato, en los últimos 2 meses	https://periodicocorreo.com.mx/amp/irapuato/2022/aug/23/casi-cada-9-horas-ocurrio-un-accidente-vehicular-en-irapuato-en-los-ultimos-2-meses-61432.html

Componente	Fecha	Título	Link
	20/07/2022	Accidente en Irapuato: Choca tráiler con automóvil y se incendia al caer a una de las calles de la Ciudad Industrial	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/7/20/accidente-en-irapuato-choca-trailer-con-automovil-se-incendia-al-caer-una-de-las-calles-de-la-ciudad-industrial-614994.html
	29/05/2022	Accidente en Irapuato: Choque en carretera Irapuato - Abasolo deja una muerta y 9 heridos	https://www.am.com.mx/irapuato/2022/5/29/accidente-en-irapuato-choque-en-carretera-irapuato-abasolo-deja-una-muerta-heridos-604615.html
	05/12/2021	Accidente Irapuato: Conductor choca contra puente vehicular y muere prensado en carretera a Silao	https://www.am.com.mx/irapuato/2021/12/5/accidente-irapuato-conductor-choca-contra-puente-vehicular-muere-prensado-en-carretera-silao-443264.html
Concentración masiva de personas	06/09/2024	"Reforma judicial, una mentira que quieren repetir mil veces", exclaman manifestantes en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/reforma-judicial-una-mentira-que-quieren-repetir-mil-veces-exclaman-manifestantes-en-irapuato-13241326
	01/04/2024	Feria de las Fresas 2024 de Irapuato rompe récord con más de 400 mil visitas	https://periodicocorreo.com.mx/irapuato/2024/apr/01/feria-de-las-fresas-2024-de-irapuato-rompe-record-con-mas-de-400-mil-visitas-95851.html
	21/03/2024	Conjunto Primavera deslumbra ante 30 mil fanáticos en la Feria de las Fresas 2024	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/gossip/conjunto-primavera-deslumbra-ante-30-mil-fanaticos-en-la-feria-de-las-fresas-2024-13237970
	18/02/2024	Votamos24: Se suman León, Irapuato, Celaya y Guanajuato capital a la Marcha por la Democracia	https://www.am.com.mx/guanajuato/2024/2/18/votamos24-se-suman-leon-irapuato-celaya-guanajuato-capital-la-marcha-por-la-democracia-695285.html
	30/10/2023	Exigen justicia para menor de 11 años abusada en Irapuato; con marcha, acusan que FGE los ignoró	https://periodicocorreo.com.mx/amp/irapuato/2023/oct/30/exigen-justicia-para-menor-de-11-anos-abusada-en-irapuato-con-marcha-acusan-que-fge-los-ignoro-84791.html
	19/10/2023	Irapuato vende más boletos que el Pumas; así le va al estadio Sergio León	https://periodicocorreo.com.mx/amp/marcador/2023/oct/19/irapuato-vende-mas-boletos-que-el-pumas-asi-le-va-al-estadio-sergio-leon-84045.html
	26/09/2023	Aprueban contingencia por ola migrante en Irapuato, ¿en qué consiste y cómo afecta a los migrantes?	https://periodicocorreo.com.mx/amp/irapuato/2023/sep/26/aprueban-contingencia-por-ola-migrante-en-irapuato-en-que-consiste-y-como-afecta-a-los-migrantes-82369.html

Componente	Fecha	Título	Link
	08/03/2023	Como se llevará a cabo la marcha 8M por el Día de la Mujer en Irapuato	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/como-se-llevara-a-cabo-la-marcha-8m-por-el-dia-de-la-mujer-en-irapuato-20658735
	25/06/2022	Irapuato se pinta de arcoíris con marcha Pride 2022	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/irapuato-se-pinta-de-arcoiris-con-marcha-pride-2022/
	01/05/2022	Marcha contra feminicidios en Irapuato termina con 30 detenciones	https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2022/5/1/marcha-contra-feminicidios-en-irapuato-termina-con-30-detenciones-video-285234.html
	02/04/2022	Conmemoran el Día Mundial del Autismo con marcha en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/dia-mundial-del-autismo-en-irapuato-marchan-para-concientizar/
Interrupción de servicios básicos	26/11/2024	Suspenden última corrida de transporte público a comunidades de Irapuato tras amenazas	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/suspenden-ultima-corrida-de-transporte-publico-a-comunidades-de-irapuato-tras-amenazas/
	26/09/2024	Vecinos de la colonia Roma en Irapuato se quedan sin luz por instalación de nuevos postes eléctricos	https://www.periodicocorreo.com.mx/irapuato/vecinos-de-la-colonia-roma-en-irapuato-se-quedan-sin-luz-por-instalacion-de-nuevos-postes-electricos-20240926-110620.html
	17/09/2024	En Carrizal Grande se quedan "sin agua"	https://notus.com.mx/en-carrizal-grande-se-quedan-sin-agua/
	19/08/2024	Habitantes de la 18 de Agosto bloquean bulevar San Roque por falla en transformador de CFE	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/8/19/habitantes-de-la-18-de-agosto-bloquean-bulevar-san-roque-por-falla-en-transformador-de-cfe-715332.html
	26/05/2024	Encino del Copal vive con un día de servicio de agua a la semana	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/encino-del-copal-vive-con-un-dia-de-servicio-de-agua-a-la-semana-13250191
	21/04/2024	Agua, una crisis de años que sobrellevan comunidades y colonias de Irapuato	https://piedepagina.mx/agua-una-crisis-de-anos-que-sobrellevan-comunidades-y-colonias-de-irapuato/
	13/04/2024	Por casi un año dejaron a la comunidad de Loma Bonita en Irapuato sin agua	https://www.periodicocorreo.com.mx/irapuato/por-casi-un-ano-dejaron-a-la-comunidad-de-loma-bonita-en-irapuato-sin-agua-20240413-96813.html
	28/02/2024	¿Te quedaste sin luz e internet en la madrugada? Una camioneta chocó y derribó dos postes en el bulevar Solidaridad	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/2/28/te-quedaste-sin-luz-internet-en-la-madrugada-una-camioneta-choco-derribo-dos-postes-en-el-bulevar-solidaridad-696596.html

Componente	Fecha	Título	Link
	24/02/2024	Al menos 6 fraccionamientos, colonias y comunidades de Irapuato sufren por falta de luz	https://www.periodicocorreo.com.mx/irapuato/al-menos-6-fraccionamientos-colonias-y-comunidades-de-irapuato-sufren-por-falta-de-luz-20240223-93140.html
	05/07/2023	Vecinos de Los Álamos se quedan sin luz constantemente	https://notus.com.mx/vecinos-de-los-alamos-se-quedan-sin-luz-constantemente/
	18/05/2022	Sufren por 'unas gotas': primaria Emiliano Zapata de Irapuato carece de agua	https://periodicocorreo.com.mx/primaria-emiliano-zapata-sufre-por-falta-de-agua-en-irapuato/
	29/01/2022	Piden la instalación de drenaje en la comunidad de San Nicolás Temascatío	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/piden-la-instalacion-de-drenaje-en-la-comunidad-de-san-nicolas-temascatio-20681041
	15/09/2021	Incendio en fábrica de aceites deja sin luz a la Nueva Colonia Copalillo en Irapuato	https://periodicocorreo.com.mx/incendio-en-fabrica-de-aceites-deja-sin-luz-a-la-nueva-colonia-copalillo-en-irapuato/
	03/03/2021	Sin luz en el centro de Irapuato	https://notus.com.mx/sin-luz-en-el-centro-de-irapuato/
	08/11/2020	Urbi Villas del Rey carece de servicios básicos	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/urbi-villas-del-rey-carece-de-servicios-basicos-20667934
	23/07/2020	Suspenden transporte público en Irapuato por COVID-19	https://www.excelsior.com.mx/nacional/suspenden-transporte-publico-en-irapuato-por-covid-19/1395738
	01/02/2020	Venado de San Lorenzo, 10 años sin agua	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/venado-de-san-lorenzo-10-anos-sin-agua-20677597
	11/06/2019	Cuarto Cinturón Vial de nuevo sin luz	https://notus.com.mx/cuarto-cinturon-vial-de-nuevo-sin-luz/
	15/04/2019	Valencianita, sin servicios básicos	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/local/valencianita-sin-servicios-basicos-20669591
Terrorismo	17/11/2024	Localizan fosa clandestina en Irapuato; en San José de Jorge López por novena ocasión	https://oem.com.mx/elsoldeirapuato/policiaca/hallan-fosa-clandestina-en-san-jose-de-jorge-lopez-noveno-descubrimiento-en-2024-en-irapuato-18411033
	31/10/2024	Cancelado un torneo internacional de tenis en Irapuato tras el "secuestro virtual" de 10 jugadores menores de edad	https://elpais.com/mexico/2024-10-31/cancelado-un-torneo-internacional-de-tenis-en-irapuato-tras-el-secuestro-virtual-de-10-jugadores-menores-de-edad.html

Componente	Fecha	Título	Link
	11/06/2024	Hallan restos humanos en campo de cultivo de la comunidad de Yóstiro, en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/6/11/hallan-restos-humanos-en-campo-de-cultivo-de-la-comunidad-de-yostiro-en-irapuato-708492.html
	10/06/2024	https://portal.fgeguanajuato.gob.mx/PortalWebEstatal/Comunicacion/Formularios/VerNoticia.aspx?noticia=3696	https://portal.fgeguanajuato.gob.mx/PortalWebEstatal/Comunicacion/Formularios/VerNoticia.aspx?noticia=3696
	06/05/2024	Cártel de Sinaloa cuelga mantas invitando a combatir al CJNG en Irapuato, Guanajuato	https://www.debate.com.mx/guanajuato/Carte-del-Sinaloa-cuelga-mantas-invitando-a-combatir-al-CJNG-en-Irapuato-Guanajuato-20240506-0135.html
	19/04/2024	Hasta Encontrarte halla restos humanos en el Cerro de Arandas, en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/3/19/hasta-encontrarte-halla-restos-humanos-en-el-cerro-de-arandas-en-irapuato-699047.html
	16/04/2024	No es basura, son restos humanos lo que encontraron vecinos de la Roma en Irapuato	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/4/16/no-es-basura-son-restos-humanos-lo-que-encontraron-vecinos-de-la-roma-en-irapuato-702256.html
	15/04/2024	Capturan a narcos en Irapuato con 200,000 dosis de drogas	https://lasillarota.com/guanajuato/estado/2024/4/15/capturan-narcos-en-irapuato-con-200000-dosis-de-drogas-478458.html
	25/01/2024	Irapuato: Vecinos de Cañada de la Muerte encuentran restos humanos	https://www.am.com.mx/irapuato/2024/1/25/irapuato-vecinos-de-canada-de-la-muerte-encuentran-restos-humanos-692379.html
	11/11/2023	"El Conejo" en Irapuato se ha convertido en un lugar de fosas	https://zonafranca.mx/politica-sociedad/el-conejo-en-irapuato-se-ha-convertido-en-un-lugar-de-fosas/
	17/06/2023	Perros encuentran bolsas con restos humanos en "La Garrida", Irapuato	https://www.radioformula.com.mx/bajio/2023/6/8/perros-encuentran-bolsas-con-restos-humanos-en-la-garrida-irapuato-766282.html
	7/03/2023	Hallan 7 cuerpos en una fosa clandestina en Irapuato	https://www.reforma.com/hallan-7-cuerpos-en-una-fosa-clandestina-en-irapuato/ar2570175
	19/10/2023	Balacera en Irapuato dejó dos agentes heridos y un agresor abatido	https://www.infobae.com/mexico/2023/10/20/balacera-en-irapuato-dejo-dos-agentes-heridos-y-un-agresor-abatido/
	20/10/2022	Masacre en bar de Irapuato se cobró vidas inocentes por guerra territorial entre el CJNG y el CSR, recién aliado con el Cártel de Sinaloa	https://www.infobae.com/america/mexico/2022/10/20/masacre-en-bar-de-irapuato-se-cobro-vidas-inocentes-por-guerra-territorial-entre-el-cjng-y-el-csr-recien-aliado-con-el-cartel-de-sinaloa/

Componente	Fecha	Título	Link
	17/10/2022	Desplegaron presuntas narcomantas del CJNG tras la masacre del bar “La Texana” en Irapuato	https://www.infobae.com/america/mexico/2022/10/17/desplegaron-presuntas-narcomantas-del-cjng-en-las-que-se-deslindaron-de-la-masacre-del-bar-en-irapuato/
	15/10/2022	Masacre en Guanajuato: sicarios ejecutaron a 12 personas en bar de Irapuato	https://www.infobae.com/america/mexico/2022/10/16/masacre-en-guanajuato-sicarios-ejecutaron-a-11-personas-en-bar-de-irapuato/
	22/09/2022	Cayó el “Coco” de Guanajuato: sicario ligado a masacres en Irapuato, Silao y Romita	https://www.infobae.com/america/mexico/2022/09/22/cayo-el-coco-de-guanajuato-sicario-ligado-a-masacres-en-irapuato-silao-y-romita/
	12/08/2022	Celaya e Irapuato: los centros de operación de "El Mencho" en Guanajuato	https://lasillarota.com/guanajuato/estado/2022/8/12/celaya-irapuato-los-centros-de-operacion-de-el-mencho-en-guanajuato-387987.html
	10/08/2022	Irapuato es la capital del CJNG en Guanajuato	https://oem.com.mx/elsoldemexico/mexico/irapuato-es-la-capital-del-cjng-en-guanajuato-15412051
	02/12/2021	Golpe al narco en Guanajuato: desarticularon célula delictiva ligada a desapariciones en Irapuato	https://www.infobae.com/america/mexico/2021/12/02/golpe-al-narco-en-guanajuato-desarticularon-celula-delictiva-ligada-a-desapariciones-en-irapuato/
	07/07/2020	Masacre en Irapuato: confirmaron que habría relación entre los tres detenidos y el Cártel Santa Rosa de Lima	https://www.infobae.com/america/mexico/2020/07/07/masacre-en-irapuato-confirmaron-que-habria-relacion-entre-los-tres-detenidos-y-el-cartel-santa-rosa-de-lima/
	03/07/2020	Masacre en centro de rehabilitación de Irapuato deja al menos 27 muertos	https://oem.com.mx/elsoldemexico/mexico/masacre-en-centro-de-rehabilitacion-de-irapuato-deja-al-menos-27-muertos-anexo-guanajuato-el-marro-cjng-15930828
	31/08/2019	Ataque a bar en Irapuato: tres personas murieron y dos resultaron heridas	https://www.infobae.com/america/mexico/2019/08/31/ataque-a-bar-en-irapuato-tres-muertos-y-dos-heridos/
	30/08/2019	Irapuato, símbolo de violencia en las ciudades medianas de México	https://insightcrime.org/es/noticias/irapuato-simbolo-violencia-en-ciudades-medianas-mexico/
	06/06/2017	Acribillan a los Rivera	https://portalguanajuato.mx/2017/06/acribillan-a-los-rivera/

Fuente: elaboración propia.

Este es el resultado de que Irapuato fue escenario de una serie de sucesos que dejaron una marca indeleble en su comunidad. Estos eventos, clasificados principalmente en dos categorías: accidentes de transporte y amenazas de bomba, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 4. Rangos de valores para las clases de susceptibilidad.

Fecha	T*	Descripción general de los daños	D	PA	DE
18-11-2003	T	Accidente vehicular entre un remolque tractocamión y un vehículo compacto.	2	3	$ -
19-12-2005	T	Volcadura de una pipa con capacidad de 40 mil litros, se presentó fuga. se evacuó a 250 personas pertenecientes a 2 colonias.	0	250	$0.27
30-01-2006	T	volcadura de un auto tanque que transportaba 42,200 litros de turbosina la cual se derramó en su totalidad.	0	1	$2.62
20-02-2006	T	Choque de un autobús foráneo contra un tractocamión con capacidad para 11 mil litros de ácido fosfórico, produciéndose derrame del material.	1	1	$0.27
03-04-2007	T	Choque y volcadura; en el accidente entre 2 vehículos	2	5	$ -
17-03-2008	T	Volcadura de un tractocamión que transportaba 40 mil litros de combustóleo, presentando derrame del material mismo que ocasiono daño ecológico.	0	0	$0.67
11-02-2009	T	Volcadura de una pipa que transportaba 42 mil litros de acetato de vinilo, se registró la fuga de 15 mil litros del producto.	0	1	$0.48
12-02-2009	T	Volcadura de un auto tanque con capacidad para de 42 mil litros y transportaba acetato de vinilo, presentando fuga en el domo de aproximadamente 15 mil litros.	0	1	$0.48
25-08-2010	B	A las 12:02 horas se reporta una amenaza de bomba en los Juzgados Civiles, de Av. Irapuato. Se realizó una evacuación preventiva de 120 personas. Se declara falsa alarma.	0	120	$ -
09-12-2010	B	A las 15:00 se registra una amenaza de bomba al interior de la empresa Grupo Industrial Mexicano de Aluminio SA de CV, se evacuaron 30 empleados.	0	30	$ -
01-08-2014	T	Choque de la Soledad, tramo Irapuato-Abasolo, entre 1 autobús de pasajeros de la línea ETN y 1 tractocamión y 1 thorton.	1	13	$1.00
25-11-2015	T	Volcadura de un autobús que trasladaba trabajadores	1	15	$0.42
07-03-2019	T	Choque entre 2 vehículos adscritos a la secretaria de Seguridad Pública Municipal	0	5	$0.36
15-03-2021	T	Volcadura de una unidad de la Guardia Nacional en Boulevard Solidaridad y calle Benito Juárez, colonia Rancho Grande, municipio de Irapuato. Contra un automóvil particular.	0	7	$0.11

Fecha	T*	Descripción general de los daños	D	PA	DE
15-09-2022	A	Desplome de una avioneta tipo Cessna, en camino Estatal - Irapuato, comunidad Camino al Guayabo. Se reportó 1 fallecido (piloto), asimismo afectación a las líneas vitales de energía eléctrica.	1	1	$1.99
31-03-2023	T	Volcadura de un camión que transportaba personal en la carretera Federal Irapuato - Silao a la altura de la empresa "El rey de la Fresa", colonia El Carrizalito.	1	10	$0.10
Total			9	463	$8.8

Notas: T*, Tipo de FSO, T, accidente de tránsito, B, Amenaza de bomba, A, accidente aéreo; D, defunciones, PA, población afectada y DE, Daños económicos en millones de pesos.
Fuente: elaboración propia.

A nivel detallado se pueden caracterizar los incidentes como:

a) Accidentes de transporte: la carretera y el cielo de Irapuato fueron testigos de colisiones devastadoras, volcaduras de vehículos cargados con sustancias peligrosas y accidentes aéreos que truncaron vidas. Tractocamiones, automóviles, autobuses y avionetas se vieron involucrados en incidentes que dejaron un saldo de fallecidos y lesionados, y en algunos casos, un impacto ambiental significativo.

   - Materiales peligrosos: La presencia de combustible, químicos y otros materiales peligrosos en algunos de estos accidentes elevó la gravedad de la situación, exigiendo una respuesta rápida y coordinada de los servicios de emergencia.
   - Variedad de vehículos: La tabla revela la diversidad de vehículos implicados, desde autobuses de pasajeros hasta camiones de carga y vehículos particulares, lo que subraya la necesidad de reforzar la seguridad vial en todos los niveles.

b) Amenazas de bomba: aunque menos frecuentes, las amenazas de bomba sembraron el temor en edificios públicos y empresas privadas, obligando a evacuaciones preventivas y movilizando a las fuerzas de seguridad. En resumen, queda reflexionar sobre las causas y consecuencias de estos incidentes. La frecuencia de los accidentes de transporte, muchos de ellos con resultados fatales, exige una revisión exhaustiva de las medidas de seguridad vial.

V.1.1 Consideraciones y desafíos:

Para comprender plenamente estos sucesos, sería valioso contar con información adicional, como la ubicación precisa de los incidentes, las causas probables y las medidas preventivas adoptadas. La respuesta de los servicios de emergencia y los tiempos de

respuesta son también elementos cruciales para evaluar la eficacia de la gestión de riesgos.

V.2 Bases de datos para el análisis de FSO

Como base de datos brutas de las consecuencias nocivas de la cotidianidad en el Irapuato, se tima como pinto de partida los reportes efectuados al 911, descritos en la siguiente figura:

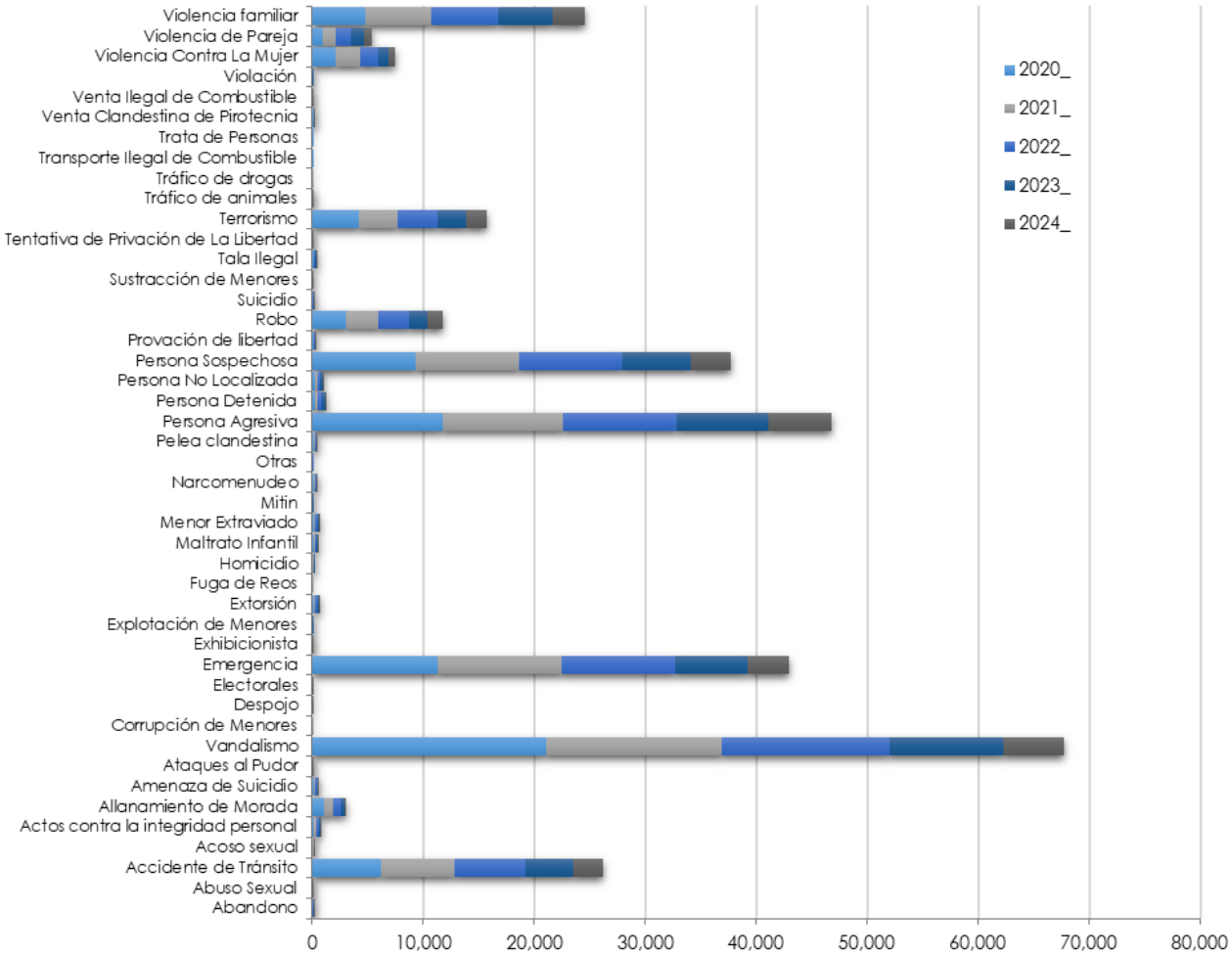
Figura 7: Relación de incidencias por subcategorías

Abandono	Actos relacionados con armas / explosivos	Actos relacionados con las vías de comunicación
Objeto Sospechoso O Peligroso	Detonación de Arma de Fuego	Accidente de Tránsito Sin Lesionados
Persona Tirada en Vía Pública	Detonación de Arma de Fuego en Escuela	Aeronave Sospechosa
Vehículo Abandonado	Detonación de Cohetes O Fuegos Artificiales	Arrancones O Carreras de Vehículos
Actos relacionados con el patrimonio	Detonación de Explosivos	Bloqueo O Corte de Vías de Comunicación
Activación de Alarma en Escuela	Persona Armada en Escuela	Circular en Sentido Contrario
Botón de Emergencia Activado	Portación de Armas O Cartuchos	Otras Faltas al Reglamento de Tránsito
Cristalazo O Robo al Interior de Vehículo	**Actos relacionados con la familia**	Vehículo a Exceso de Velocidad
Daño a Propiedad Ajena	Abandono de Persona	Vehículo en Huida
Despojo	Maltrato Infantil	Vehículo Sospechoso
Extorsión	Otros Actos Relacionados Con La Familia	**Actos relacionados con otros bienes jurídicos**
Extorsión Telefónica	Violencia de Pareja	Allanamiento de Morada
Otras Alarmas de Emergencias Activadas	Violencia Familiar	Amenaza
Otros Actos Relacionados Con El Patrimonio	**Actos relacionados con la libertad personal**	Daño a Bienes Públicos, Instituciones, Monumentos
Robo a Banco Con Violencia	Menor Extraviado	Descarga de Desechos Sin Permisos
Robo a Banco Sin Violencia	Otros Actos Relacionados Con La Libertad Personal	Electorales
Robo a Cajero Automático	Persona Detenida	Fuga de Reos
Robo a Casa de Cambio Sin Violencia	Persona No Localizada	Narcomenudeo
Robo a Casa Habitación Con Violencia	Privación de La Libertad	Otros Actos Relacionados Con Otros Bienes Jurídicos
Robo a Casa Habitación Sin Violencia	Sustracción de Menores	Tala Ilegal
Robo a Escuela Con Violencia	Tentativa de Privación de La Libertad	Tráfico de Drogas Y Estupefacientes en Vía Pública
Robo a Escuela Sin Violencia	**Actos relacionados con la libertad sexual**	Trafico Y/ O Venta Clandestina de Animales
Robo a Ferrocarril	Abuso Sexual	Tráfico Y/ O Venta Clandestina de Animales
Robo a Gasolinera Con Violencia	Acoso U Hostigamiento Sexual	**Disturbio y alteraciones del orden público**
Robo a Gasolinera Sin Violencia	Ataques al Pudor	Alteración Del Orden Público Por Persona Alcoholizada
Robo a Negocio Con Violencia	Corrupción de Menores	Alteración Del Orden Público Por Persona Drogada
Robo a Negocio Sin Violencia	Explotación de Menores	Conductor Ebrio
Robo a Transeúnte Con Violencia	Otros Actos Relacionados Con La Libertad Y La Seguridad Sexual	Consumo de Alcohol en Escuela
Robo a Transeúnte Sin Violencia	Trata de Personas	Consumo de Alcohol en Vía Pública
Robo a Transportista Con Violencia	Violación	Consumo de Drogas en Escuela
Robo a Transportista Sin Violencia	**Actos relacionados con la seguridad colectiva**	Consumo de Drogas en Vía Pública
Robo de Arte Sacro	Amenaza de Bomba	Grafitis
Robo de Autopartes O Accesorios	Asociación Delictuosa O Pandillerismo	Manifestación Con Disturbios O Bloqueos
Robo de Combustible O Toma Clandestina de Ductos	Enfrentamiento de Grupos Armados	Mitin
Robo de Ganado	Otros Actos Relacionados Con La Seguridad Colectiva	Otros Tipos de Alteración al Orden Público
Robo de Placa	Terrorismo O Atentado	Pelea Clandestina Con Animales
Robo de Vehículo Particular Con Violencia	Venta Clandestina de Pirotecnia, Cohetes O Fuegos Artificiales	Persona Exhibicionista
Robo de Vehículo Particular Sin Violencia	Venta Ilegal de Combustible	Riña / Pelea Clandestina
Robo en Carretera Con Violencia	**Actos relacionados con la vida y la integridad personal**	
Robo en Carretera Sin Violencia	Accidente de Tránsito Con Muertos	
Robo en Transporte Público Colectivo Con Violencia	Agresión Física en Pandilla	
Robo en Transporte Público Colectivo Sin Violencia	Amenaza de Suicidio	
Robo en Transporte Público Individual Con Violencia	Homicidio	
Robo en Transporte Público Individual Sin Violencia	Otros Actos Relacionados Con La Vida Y La Integridad Personal	
Transporte Ilegal de Combustible	Persona Agresiva	
	Persona Sospechosa	
	Suicidio	
	Violencia Contra La Mujer	

Fuente: elaboración propia

De este catálogo se seleccionaron las incidencias que pueden estar asociadas a FSO, tomando en cuenta la evolución de diversos tipos de sucesos desde 2020 hasta 2024, mostrando la cantidad de eventos reportados en el eje vertical y las categorías de incidentes en el eje horizontal. Se observa una variación significativa en la cantidad a lo largo de los años y entre las categorías, con algunos incidentes mostrando tendencias claras y otras fluctuaciones irregulares. Destaca un pico muy alto en el incidente de "Vandalismo" en 2022.

El gráfico permite identificar los incidentes más frecuentes y su evolución, lo cual es útil para analizar tendencias y patrones en la seguridad pública. La información proporcionada es relevante para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de prevención en materia de seguridad.



Gráfica 3: Evolución de las Incidencias del 2020 al primer semestre de 2024

Fuente: elaboración propia con datos de CENAPRED.

Para analizar las tendencias de los incidentes a lo largo de los años, podemos observar la gráfica anterior e identificar patrones y cambios significativos en la cantidad de incidentes reportados, los cuales se menciona a continuación:

Tabla 5: Hallazgos de las tendencias.

Concepto	Hallazgo
Tendencias crecientes	Violencia familiar: Se observa un aumento constante en los incidentes de violencia familiar a lo largo de los años, lo que indica un problema creciente que requiere atención.
	Violencia contra la mujer: Similar a la violencia familiar, los incidentes de violencia contra la mujer también muestran una tendencia creciente, lo que sugiere la necesidad de medidas específicas para abordar este problema.
	Tráfico de drogas: Los incidentes de tráfico de drogas muestran un aumento constante a lo largo de los años, lo que indica un problema persistente que requiere atención continua.
	Tala ilegal: Los incidentes de tala ilegal muestran un aumento constante a lo largo de los años, lo que sugiere la necesidad de medidas específicas para proteger los recursos naturales.
	Persona agresiva: Los incidentes relacionados con personas agresivas muestran un aumento constante a lo largo de los años, lo que indica la necesidad de estrategias para abordar problemas de salud mental y comportamiento agresivo.
	Maltrato infantil: Los incidentes de maltrato infantil muestran un aumento constante a lo largo de los años, lo que destaca la necesidad de fortalecer los sistemas de protección infantil.
	Accidente de tránsito: Los accidentes de tránsito muestran un aumento constante a lo largo de los años, lo que sugiere la necesidad de mejorar la seguridad vial y la educación.
Tendencias decrecientes	Venta ilegal de combustible: Se observa una disminución en los incidentes de venta ilegal de combustible en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en la aplicación de la ley o una disminución en la demanda.
	Suicidio: Los incidentes de suicidio muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los programas de prevención del suicidio.
	Provocación de libertad: Los incidentes relacionados con la provocación de libertad muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en la aplicación de la ley.
	Persona no localizada: Los incidentes relacionados con personas no localizadas muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los sistemas de búsqueda y rescate.
	Otras: La categoría "Otras" muestra una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una disminución en la cantidad de incidentes que no se ajustan a las categorías principales.
	Mitin: Los incidentes relacionados con mítines muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una disminución en la actividad política o social.

Concepto	Hallazgo
	Fuga de reos: Los incidentes de fuga de reos muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los sistemas de seguridad penitenciaria.
	Explotación de menores: Los incidentes de explotación de menores muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los sistemas de protección infantil.
	Emergencia: Los incidentes de emergencia muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los sistemas de respuesta a emergencias.
	Despojo: Los incidentes de despojo muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en la aplicación de la ley.
	Amenaza de suicidio: Los incidentes de amenaza de suicidio muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los programas de prevención del suicidio.
	Actos contra la integridad...: Los incidentes relacionados con actos contra la integridad muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en la aplicación de la ley.
	Abandono: Los incidentes de abandono muestran una tendencia decreciente en los últimos años, lo que podría indicar una mayor efectividad en los sistemas de protección social.
Tendencias fluctuantes	Terrorismo: Los incidentes de terrorismo muestran fluctuaciones a lo largo de los años, lo que indica la naturaleza impredecible de este tipo de incidentes.
	Vandalismo: Los incidentes de vandalismo muestran fluctuaciones a lo largo de los años, con un pico significativo en 2022.
Picos	Vandalismo en 2022: Se observa un pico significativo en los incidentes de vandalismo en 2022, lo que podría indicar un evento o serie de eventos específicos que contribuyeron a este aumento.
Consideraciones adicionales	Es importante tener en cuenta que estos datos representan solo los incidentes reportados y pueden no reflejar la verdadera magnitud de los problemas.
	Se necesita más investigación para identificar las causas subyacentes de estas tendencias y desarrollar estrategias efectivas para abordarlas.

Fuente: elaboración propia.

A nivel espacial, el mapa siguiente ofrece una visualización de las zonas con mayor concentración de incidencias, mientras que la nube de palabras permite identificar las colonias específicas que más contribuyen a dicha densidad. La combinación de ambas representaciones facilita una comprensión más detallada y contextualizada del fenómeno.

Tabla 6: Hallazgos de las incidencias.

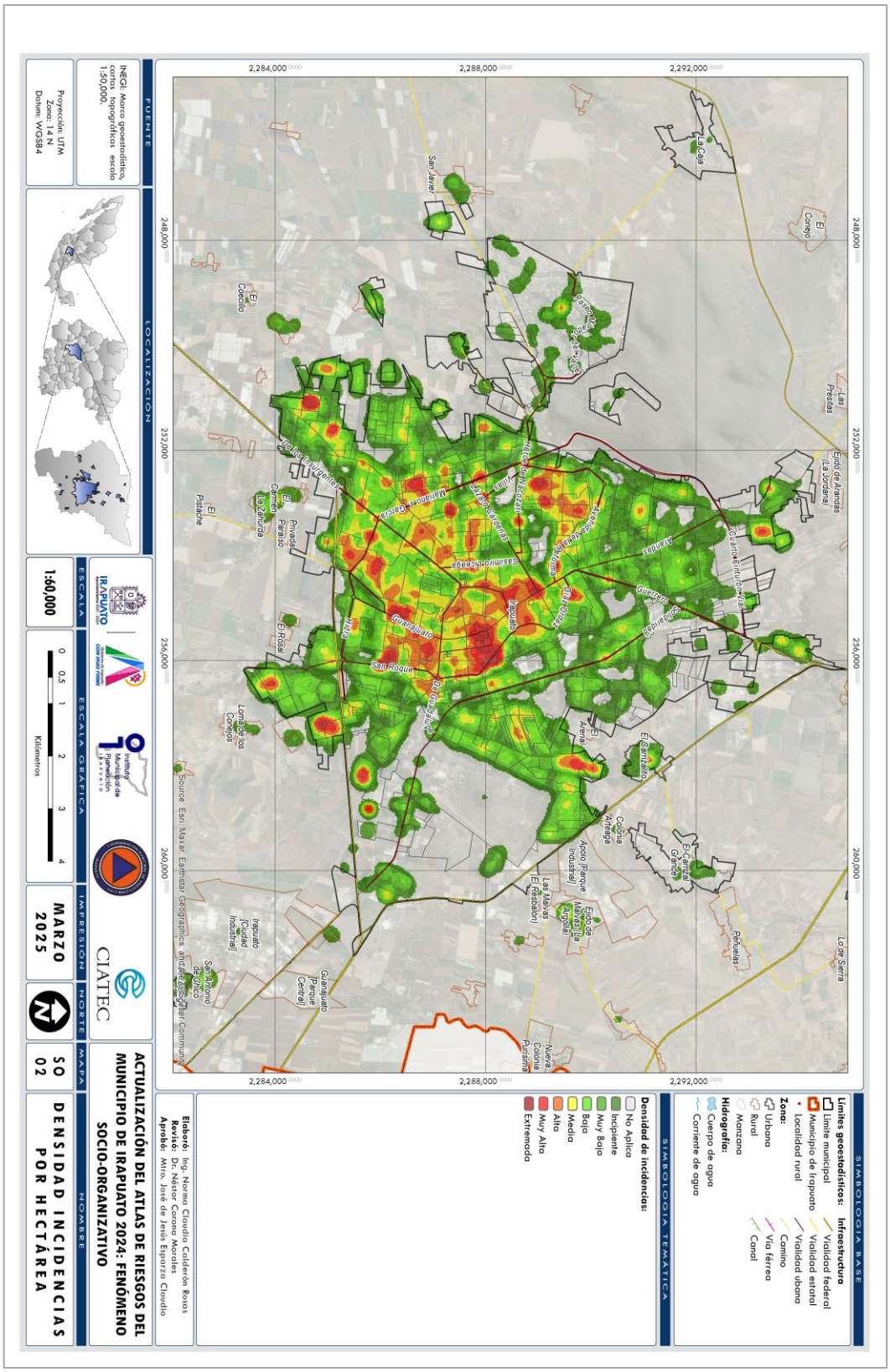
Concepto	Descripción
Colonias destacadas en la nube de palabras	Las Eras: Esta colonia destaca significativamente en la nube de palabras, lo que sugiere que es un punto focal para las incidencias. Su tamaño y prominencia indican una alta frecuencia de eventos.

Concepto	Descripción
	Villas de Irapuato: Otra colonia prominente en la nube de palabras. Es crucial investigar las características de esta colonia que podrían estar contribuyendo a esta alta concentración.
	Miguel Hidalgo: Esta colonia también se destaca, lo que indica una concentración significativa de incidencias. Es posible que su ubicación o características específicas la hagan propensa a este tipo de eventos.
	San Miguelito: Esta colonia también es relevante en la nube de palabras, lo que indica una presencia notable de incidencias. Se debe investigar si existen factores específicos en esta colonia que contribuyan a esta situación.
	Santa Julia: Esta colonia también es relevante, se debe de tomar en cuenta para las investigaciones y planes de acción.
Implicaciones y recomendaciones	Enfoque en las Colonias Destacadas: Las autoridades locales deben prestar especial atención a las colonias destacadas en la nube de palabras, ya que son los puntos críticos de incidencias.
	Análisis Detallado: Se debe realizar un análisis exhaustivo de estas colonias para identificar los factores específicos que contribuyen a la alta densidad de incidencias.
	Estrategias de Intervención: Se deben implementar estrategias de intervención adaptadas a las características de cada colonia, como aumentar la vigilancia policial, mejorar la iluminación, fortalecer los programas sociales o promover la participación comunitaria.
	Colaboración Interinstitucional: Es fundamental la colaboración entre diferentes instituciones (policía, gobierno local, organizaciones civiles) para abordar de manera integral la problemática de las incidencias.

Fuente: elaboración propia.

Figura 8: Nube de palabra de colonias por cantidad de incidencias reportadas.

Fuente: elaboración propia.



Mapa 2: Distribución espacial de incidencias del 911 en el periodo 2020-2024 (Primer semestre).

V.2.1 Arrancones

Aunque los arrancones no necesariamente son accidentes terrestres, si pueden suscitar la ocurrencia de defunciones, heridos, choques, potencial daño a la infraestructura. El mapa elaborado utiliza un sistema de calor para representar la densidad de "arrancones" por hectárea en Irapuato. Las áreas con colores más cálidos (rojo y naranja) indican una mayor concentración de este tipo de eventos, mientras que las áreas con colores más fríos (verde) muestran una menor densidad.

Figura 9: Nube de palabra de colonias por cantidad de incidencias reportadas.

Fuente: elaboración propia.

La nube de palabras (Figura 9) actúa como un reflejo del mapa de densidad, al reforzar y validar sus hallazgos. Las colonias que aparecen con mayor tamaño en la nube coinciden de manera consistente con las zonas de mayor concentración de eventos de "arrancones" identificadas en el mapa. Esta convergencia entre ambas herramientas analíticas respalda la precisión del análisis espacial y proporciona una visión integral y confiable del fenómeno. A continuación, se presenta un análisis detallado de las incidencias:

Tabla 7: Colonias de alta incidencia: focos de actividad de "arrancones"

Colonia	Detalle
Playa Azul	- Esta colonia emerge como el epicentro de los "arrancones" en Irapuato. Su prominencia en la nube de palabras, con el nombre más grande, confirma su estatus como el punto crítico identificado en el mapa de densidad. - La alta frecuencia de estas carreras ilegales aquí sugiere una combinación de factores, como la posible presencia de vías

Colonia	Detalle
	amplias, la concentración de jóvenes y una cultura local que favorece estas actividades.
Villa Las Torres	- Esta colonia se mantiene como un área de preocupación significativa, evidenciando una alta tasa de "arrancones". - Su persistencia como foco de actividad subraya la necesidad de intervenciones específicas y sostenidas en este sector.
Ganadera, Los Presidentes, Valle Verde y San Miguelito	- Estas colonias, con sus nombres destacados en la nube de palabras, reafirman su relevancia como puntos de concentración de "arrancones". - Su presencia conjunta indica que el problema no se limita a un área aislada, sino que se extiende a través de diversos vecindarios de la ciudad.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8: Patrones y factores contribuyentes: causas subyacentes.

Tipo	Descripción
Zonas residenciales como focos de actividad	- La prevalencia de "arrancones" en colonias como Villas Las Torres, Ganadera y Los Presidentes indica que estas áreas residenciales son escenarios comunes para estas actividades. - La disponibilidad de calles espaciosas y la presencia de una población joven podrían ser factores clave.
Proximidad a vías principales: atracción de velocidad	La alta incidencia en Playa Azul sugiere su posible ubicación cercana a avenidas o carreteras, que ofrecen el espacio y las condiciones para carreras de alta velocidad.
Factores socioeconómicos y culturales: influencias del entorno	La concentración de "arrancones" en ciertas colonias podría reflejar condiciones socioeconómicas particulares, como el acceso a vehículos modificados o una cultura local que valora el automovilismo
Puntos de reunión: espacios de encuentro	La consistencia de los "arrancones" en colonias específicas sugiere que estas áreas podrían servir como puntos de reunión habituales para los participantes.

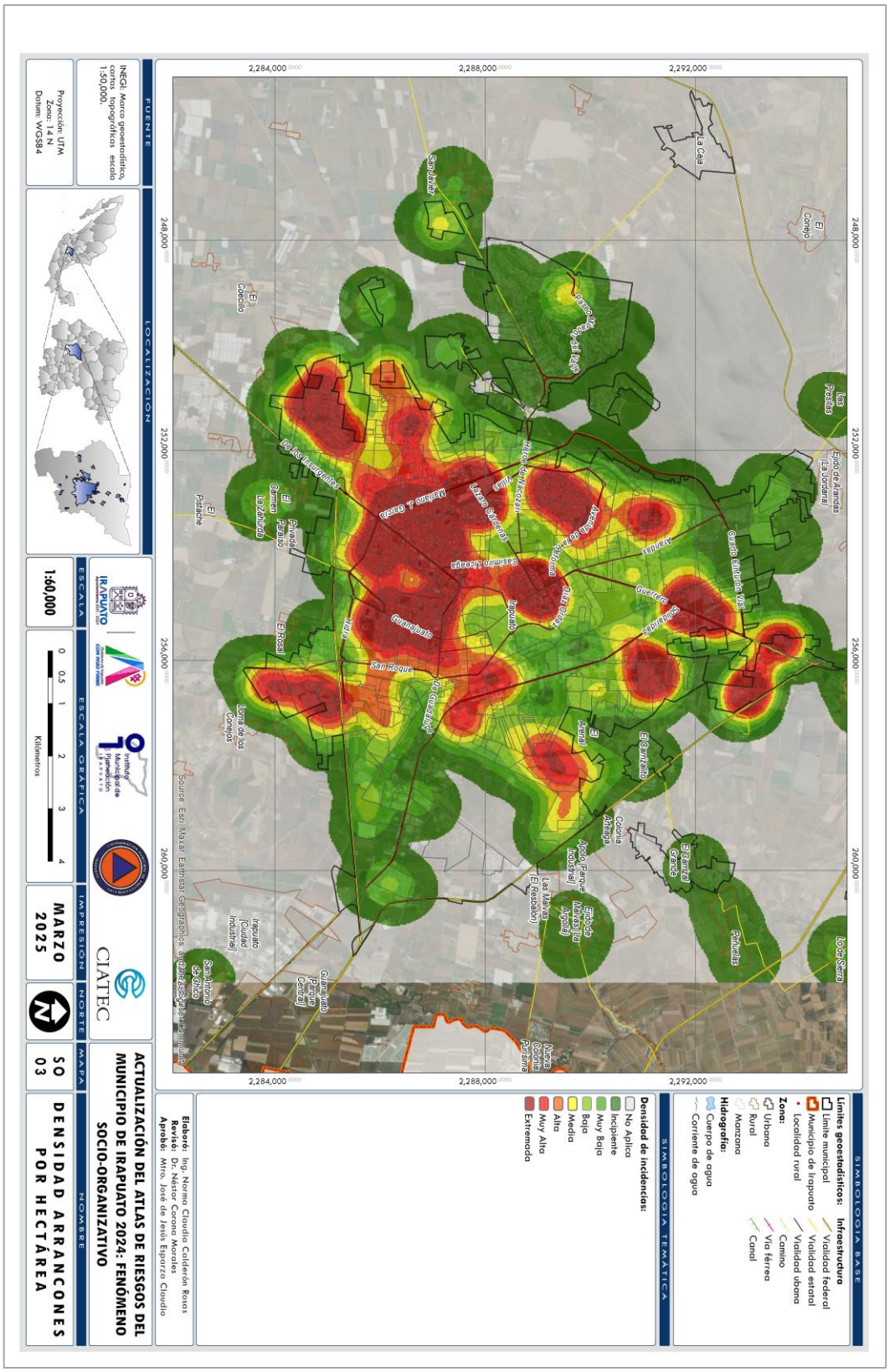
Fuente: elaboración propia.

Tabla 9: Recomendaciones: estrategias de intervención.

Tipo	Descripción
Vigilancia intensiva en puntos críticos: presencia disuasoria	Se debe implementar una vigilancia prioritaria en Playa Azul, Villas Las Torres, Ganadera, Los presidentes, Valle Verde y San Miguelito, con patrullaje constante y presencia policial visible
Programas de prevención dirigidos: alternativas para jóvenes	Se deben desarrollar programas educativos y actividades recreativas en estas colonias, involucrando a jóvenes y líderes comunitarios para ofrecer alternativas a los "arrancones"
Medidas de control vial: modificación del entorno	Se debe considerar la instalación de reductores de velocidad, semáforos inteligentes y otras medidas de control de tráfico en las vías cercanas a estas colonias, para dificultar la realización de carreras.

Tipo	Descripción
Participación comunitaria activa: colaboración vecinal	Se debe fomentar la creación de redes vecinales y grupos de denuncia en estas colonias, para que los residentes puedan colaborar activamente con las autoridades.
Análisis socioeconómico detallado: comprensión profunda	Se deben realizar estudios exhaustivos para comprender a fondo los factores socioeconómicos y culturales que impulsan los "arrancones" en estas áreas, permitiendo el diseño de estrategias más precisas y efectivas

Fuente: elaboración propia.



Mapa 3: Distribución espacial de arrancones.

V.2.2 Accidentes de tránsito

Este dato se toma como punto de partida para el análisis de peligrosidad en las vialidades; dentro del periodo observado se tiene registrados 145 incidentes sin lesionados, con un promedio anual de 33, pero con una marcada baja en el periodo 2022 a 2023, de 42 a solo 22 incidentes. Sin embargo, para el primer semestre del 2024, las cifras ya iban sobre 18. Espacialmente resaltan las siguientes colonias en orden de grado de incidencias, aunque este fenómeno se presenta en cruceros y segmentos de calle:

- **Carrizalito:** esta colonia destaca significativamente en la nube de palabras, lo que sugiere que es un punto focal para los accidentes. Su tamaño y prominencia indican una alta frecuencia de eventos.
- **Valle del Sol:** otra colonia prominente en la nube de palabras. Es crucial investigar las características de esta colonia que podrían estar contribuyendo a esta alta concentración.
- **Purísima del Jardín:** esta colonia también se destaca, lo que indica una concentración significativa de accidentes. Es posible que su ubicación o características específicas la hagan propensa a este tipo de eventos.
- **Santa Elena:** esta colonia también es relevante en la nube de palabras, lo que indica una presencia notable de accidentes. Se debe investigar si existen factores específicos en esta colonia que contribuyan a esta situación.
- **La Soledad:** esta colonia también es relevante, se debe de tomar en cuenta para las investigaciones y planes de acción.

Al superponer la información de la nube de palabras con el mapa de densidad, podemos confirmar que las colonias destacadas en la nube se encuentran dentro de las áreas de mayor concentración de accidentes en el mapa. Esto refuerza la validez de ambos conjuntos de datos y proporciona una imagen más completa de la situación.

Tabla 10: Implicaciones y recomendaciones.

Tipo	Descripción
Enfoque en las colonias destacadas	Las autoridades locales deben prestar especial atención a las colonias destacadas en la nube de palabras, ya que son los puntos críticos de accidentes.
Análisis detallado	Se debe realizar un análisis exhaustivo de estas colonias para identificar los factores específicos que contribuyen a la alta densidad de accidentes.
Estrategias de intervención	Se deben implementar estrategias de intervención adaptadas a las características de cada colonia, como mejorar la señalización vial, implementar reductores de velocidad, fortalecer la vigilancia

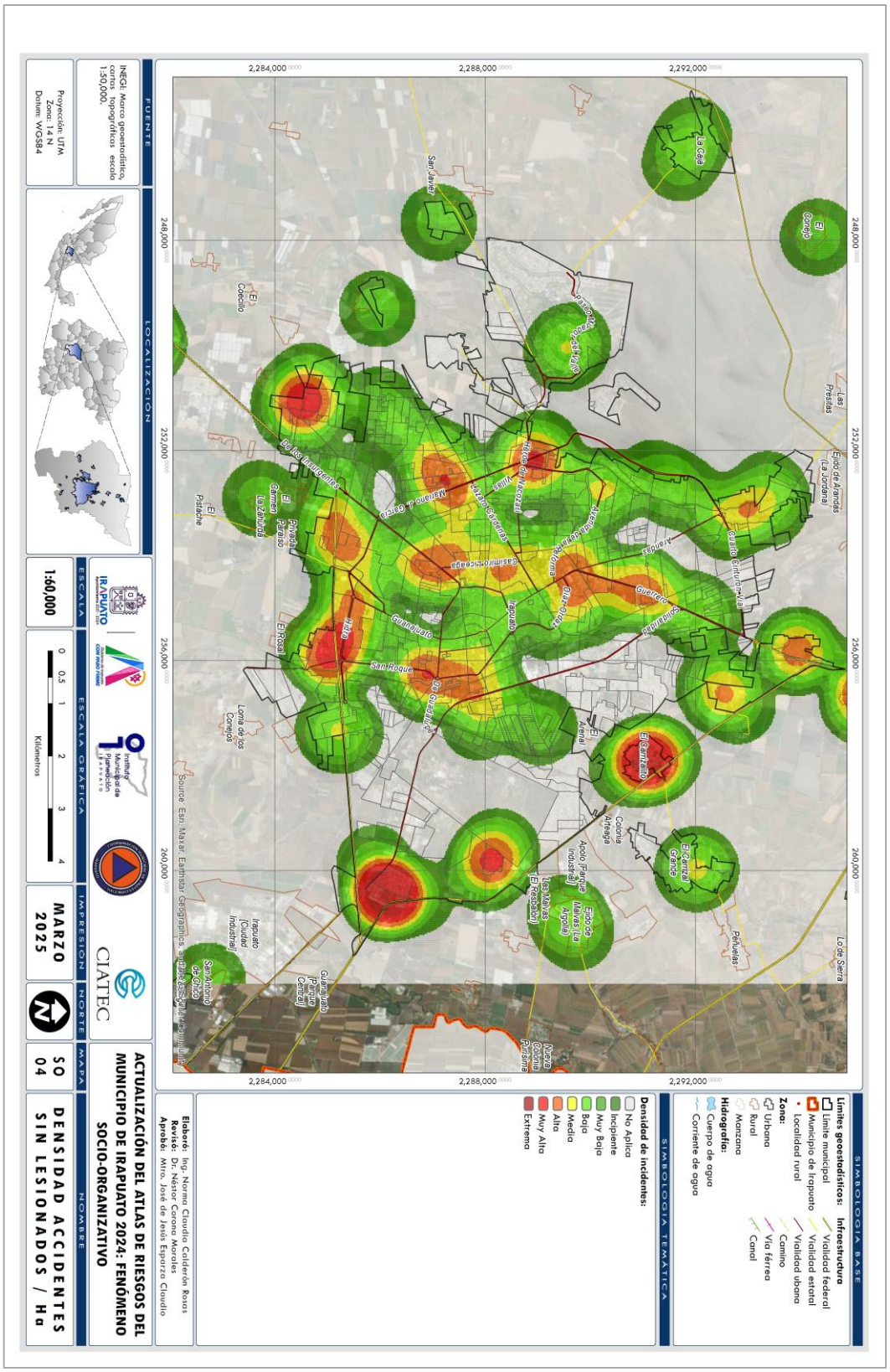
Tipo	Descripción
	policial o promover campañas de concientización sobre seguridad vial.
Colaboración interinstitucional	Es fundamental la colaboración entre diferentes instituciones (policía, gobierno local, escuelas, organizaciones civiles) para abordar de manera integral la problemática de los accidentes.

Fuente: elaboración propia.

El comportamiento anual, permite inferir que la probabilidad de que ocurran un incidente es del 9%, es decir, se registra un percance cada 11, pero con una distribución más marcada en los fines de semana, a partir de viernes

Figura 13. Nube de palabra de colonias por cantidad de accidentes de tránsito sin lesionados.

Fuente: elaboración propia.



Mapa 4: Distribución espacial de accidentes de tránsito sin lesionados.

V.3 Estructura económica

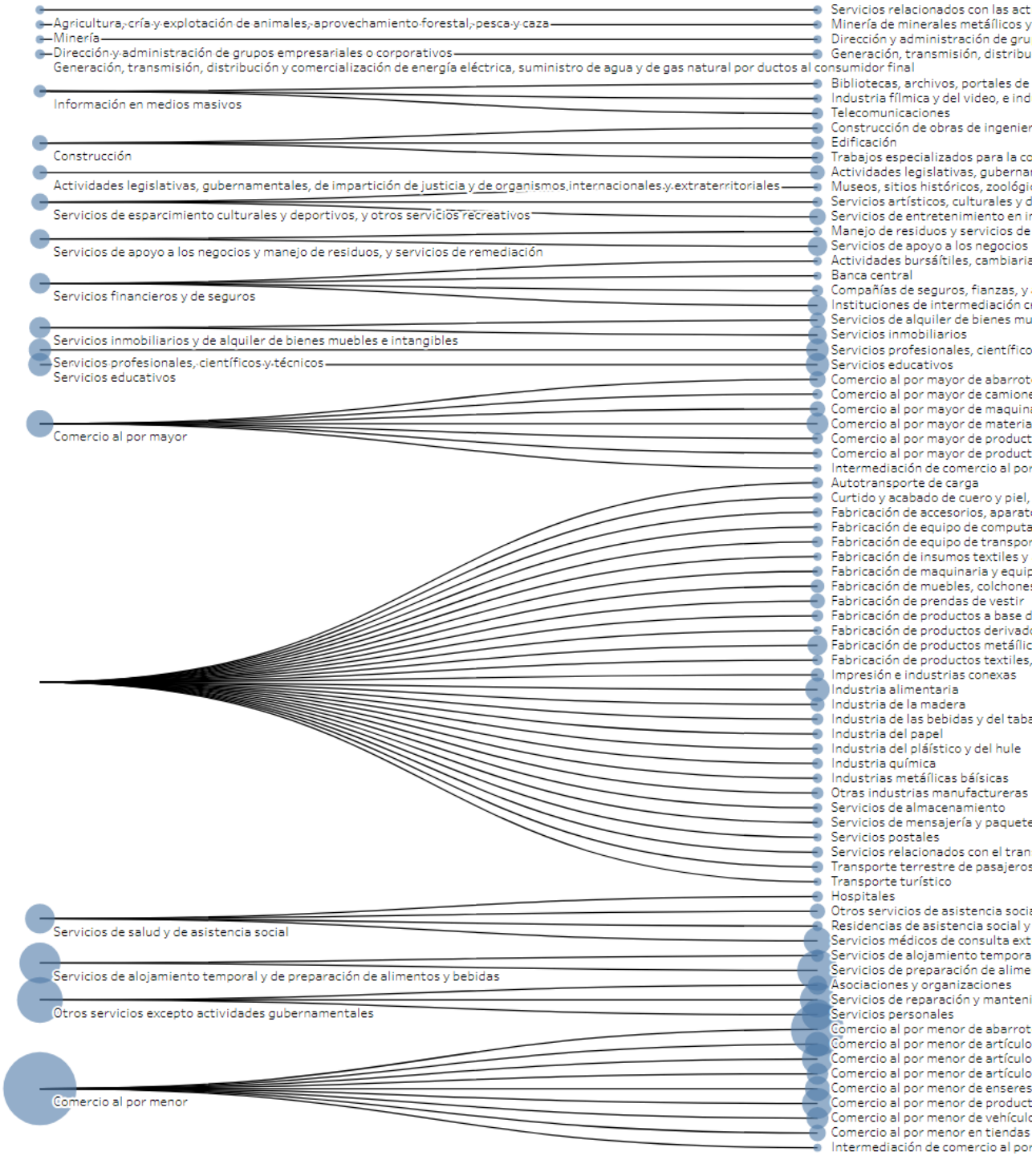
En cuanto a la diversidad de la actividad económica, ésta fue analizada a nivel de sector y subsector, en primer nivel para identificar la clase que directamente pueden ser analizas desde la óptica de vulnerabilidad SO.

En este sentido, se destaca con mayor abundancia el comercio minorista, indica una alta concentración de unidades económicas (UE). Dentro de este sector, el comercio minorista de abarrotes resalta como la subcategoría más prominente, señalando una fuerte presencia de este tipo de establecimientos en la economía representada. A partir de ahí, se despliegan otras subcategorías del comercio minorista, como la venta de artículos de ferretería, prendas de vestir, vehículos y otros productos, cada una con un tamaño de círculo que refleja su respectiva importancia en términos de unidades económicas.

Se observa que la industria manufacturera también tiene una presencia significativa, aunque con una diversidad de subsectores que varían en tamaño. Subcategorías como la fabricación de productos textiles, químicos y maquinaria muestran una concentración considerable de unidades económicas, mientras que otras, como la industria del papel o la fabricación de muebles, tienen una representación menor.

Además, es evidente la presencia de otros sectores importantes, como los servicios de salud y asistencia social, los servicios de alojamiento temporal y preparación de alimentos, y los servicios de transporte, cada uno con sus respectivas subcategorías y tamaños de círculo que indican su relevancia en la economía, (ver siguiente figura),

Figura 14. Estructura y distribución de las UE registradas en el DENUE 2023 en Irapuato.



Fuente: elaboración propia.

V.3.1 Centro urbano y colonias de alta concentración económica

El centro de Irapuato se destaca con la mayor densidad de UE (rojo intenso); colonias como el Centro, son el epicentro de la actividad comercial, albergando una mezcla de comercios minoristas, servicios, oficinas y restaurantes. Alrededor del Centro, colonias como Las Reinas y San Miguelito también muestran alta densidad (naranja y amarillo), lo que sugiere una extensión de la actividad comercial y de servicios hacia estas zonas. Estas colonias pueden albergar mercados, centros de distribución o corredores comerciales importantes.

V.3.2 Corredores Económicos Clave:

Se identifican corredores económicos que irradian desde el centro. A lo largo de avenidas principales, colonias como La Moderna y UCOPI, muestran una concentración significativa de UE, lo que indica una fuerte actividad comercial y de servicios a lo largo de estas vías. Estos corredores pueden albergar una variedad de negocios, desde tiendas minoristas y restaurantes hasta oficinas y servicios profesionales.

V.3.3 Zonas industriales y comerciales especializadas:

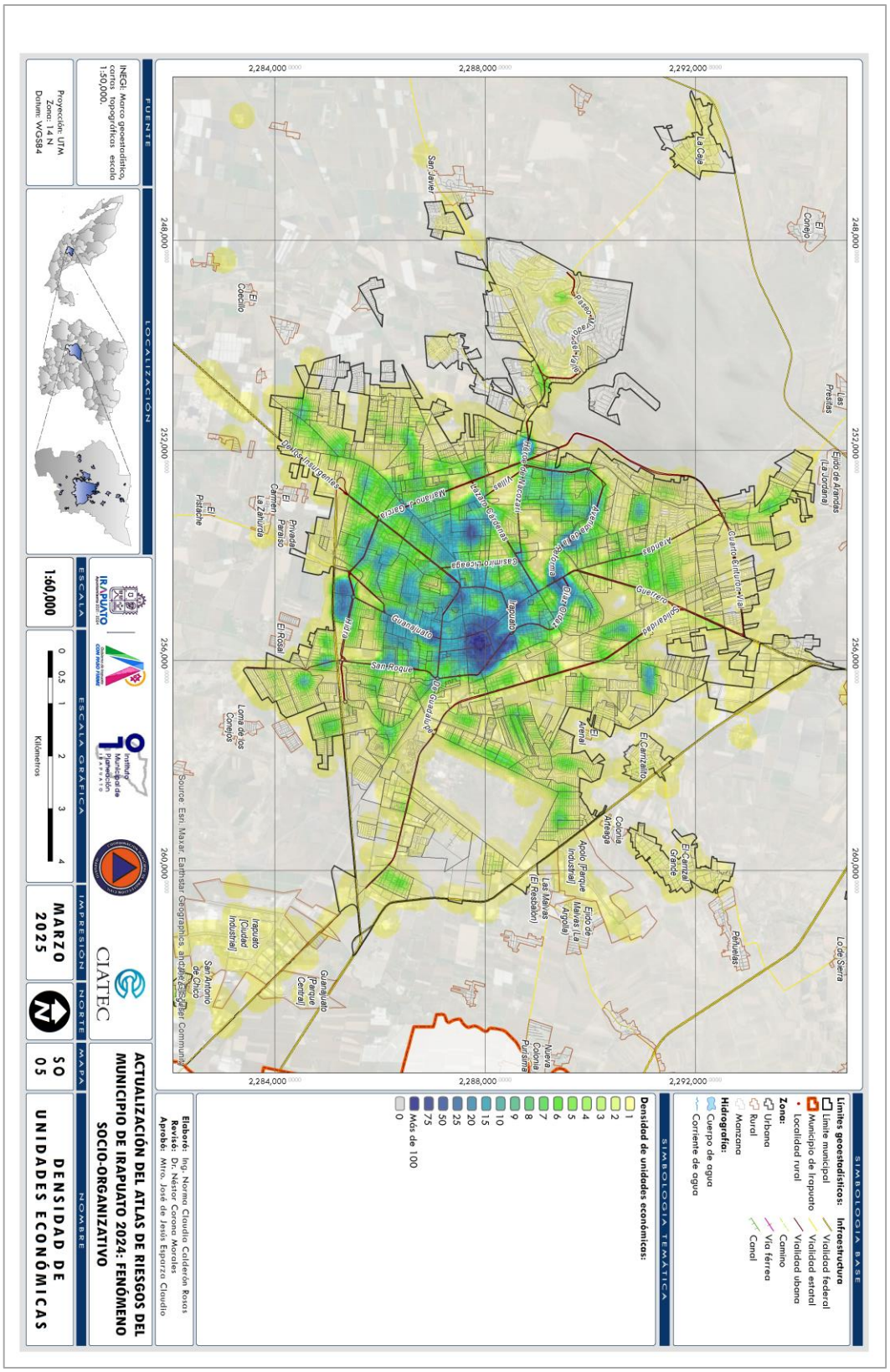
Fuera del centro, se observan concentraciones de UE en áreas específicas. Colonias como Ciudad Industrial y zonas cercanas a INFORUM, muestran una alta densidad, lo que sugiere la presencia de parques industriales, centros de manufactura o grandes centros de distribución. Estas zonas industriales pueden albergar una variedad de empresas, desde pequeñas y medianas empresas (PyMEs) hasta grandes corporaciones.

V.3.4 Colonias con actividad económica moderada:

En este aspecto, colonias como La Hacienda y San Cayetano, muestran una densidad moderada de UE. Estas zonas pueden tener una mezcla de actividad residencial y comercial, con negocios locales que atienden a las necesidades de la comunidad. Dichas colonias pueden ofrecer oportunidades para el desarrollo de nuevos negocios y servicios.

V.3.5 Colonias con menor actividad económica:

Las áreas con menor densidad de UE se encuentran generalmente en la periferia de Irapuato; colonias como Ejido de Carrizal Grande y zonas más alejadas del centro pueden tener una actividad económica limitada, con un enfoque principalmente en la actividad residencial. Estas zonas pueden requerir incentivos y programas de desarrollo para atraer inversiones y crear oportunidades de empleo.



Mapa 5: Densidad de unidades económicas por hectárea

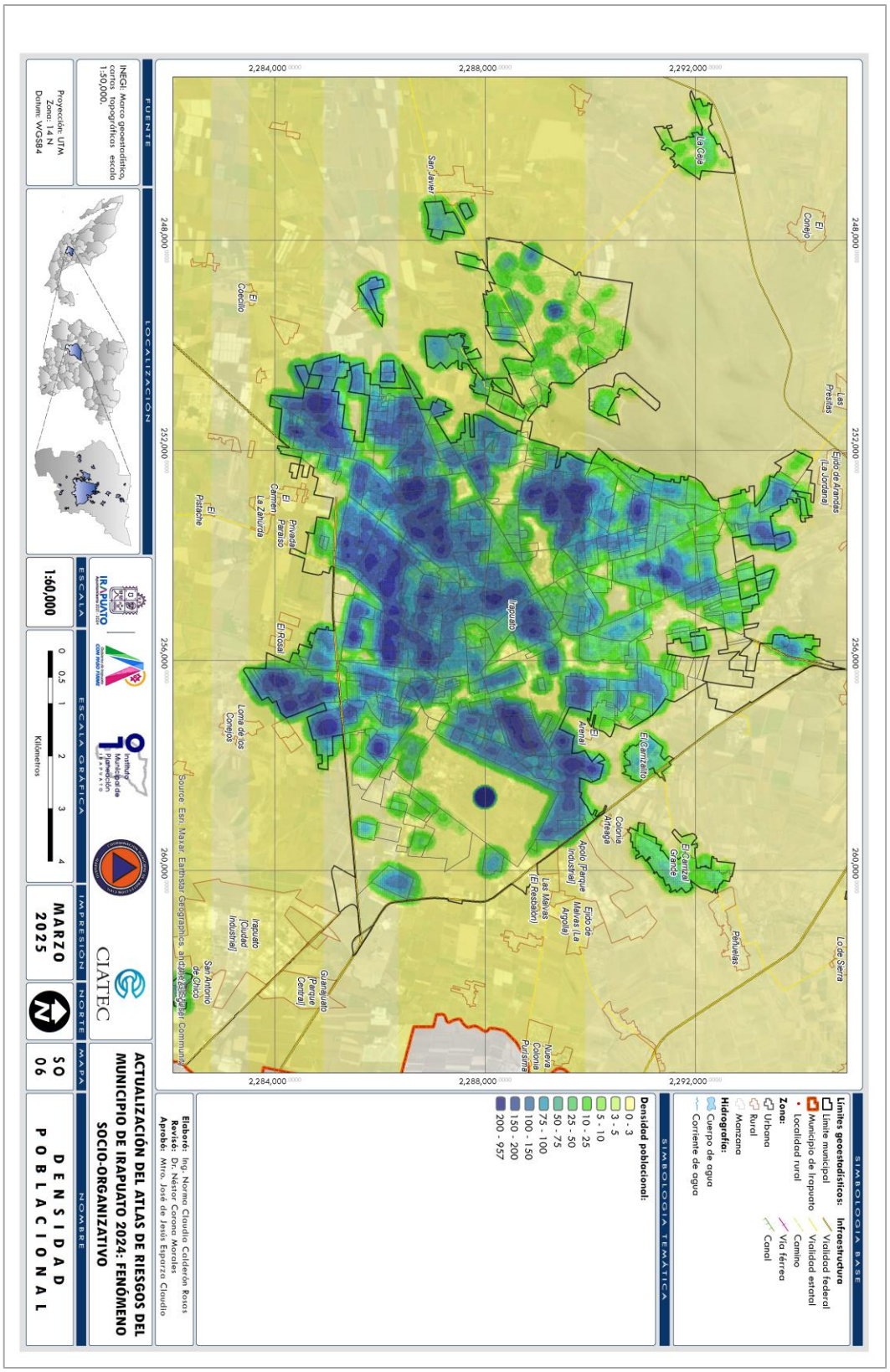
V.4 Densidad poblacional

El modelo de densidad poblacional fue expresado, en un primer nivel con el método de mapa de calor, para reflejar con mayor calidad los patrones de distribución espacial. Sin embargo, para el análisis de susceptibilidad será congregado a nivel de AGEB para poder correlacional las tazas de incidencias de cada suceso nocivo para la población. A pesar de esto, este modelo permite identificar el siguiente patrón espacial:

Tabla 11: Patrón espacial de la densidad poblacional en Irapuato.

Tipo	Descripción
Centro urbano y colonias de alta densidad	- La zona centro de Irapuato muestra una concentración intensa de población, evidente por el color rojo profundo. Aquí, colonias como el Centro Histórico y zonas aledañas destacan, sugiriendo una alta actividad comercial y residencial. - Alrededor del centro, colonias como Las Reinas, San Miguelito y La Moderna muestran densidades altas, indicando zonas residenciales consolidadas con buena infraestructura y servicios.
Colonias de densidad media	- Hacia la periferia del centro, se observan colonias con densidades medias, representadas por tonos amarillos y verdes. Aquí, encontramos colonias como UCOPI, Ciudad Deportiva y La Hacienda, que podrían ser zonas residenciales en expansión o con una mezcla de usos de suelo.
Colonias de baja densidad y periferia	- Las áreas más claras señalan colonias con menor densidad, como Ejido de Carrizal Grande y otras zonas más alejadas del centro. Estas áreas pueden incluir zonas rurales dentro del municipio, parques industriales o áreas en desarrollo. - Existen zonas donde se puede apreciar que la densidad poblacional es menor, y se ubican en la periferia, como por ejemplo El Copal y Lo de Juárez.
Patrones de distribución y crecimiento urbano	- El mapa revela un patrón de densidad decreciente desde el centro hacia la periferia, típico de muchas ciudades. Sin embargo, también se observan "islas" de alta densidad fuera del centro, lo que podría indicar la presencia de desarrollos residenciales o industriales específicos. - La ubicación de colonias como INFONAVIT, puede indicar desarrollos de vivienda social o de alta densidad en áreas específicas.

Fuente: elaboración propia.



Mapa 6: Densidad poblacional

VI. TERRORISMO

A manera de antecedente de acuerdo a el Atlas Municipal de Riesgos del 2013, la percepción de inseguridad en la ciudadanía ha crecido de forma sostenida, alimentada no solo por el aumento de la delincuencia convencional, sino también por la evolución de sus métodos y manifestaciones. A partir del sexenio anterior, México ha experimentado una expansión significativa de la delincuencia organizada, que ha pasado de actividades como la venta de drogas y los asaltos a incorporar estrategias que se acercan al perfil del terrorismo. En este contexto, Irapuato no ha sido la excepción. Aunque el municipio no ha registrado la detonación de artefactos explosivos, se han presentado situaciones que generan alarma pública, como lo son las amenazas de bomba.

En el estudio de 2013 se consideró como amenaza de bomba a la percepción social de un posible atentado con artefactos explosivos en espacios públicos o privados, aun cuando no se confirme su existencia. La simple sospecha de un dispositivo con capacidad destructiva es suficiente para activar protocolos de emergencia, provocar pánico en la población circundante y poner a prueba la capacidad de respuesta de las instituciones locales. Estos episodios, aunque no culminen en una explosión real, cumplen con uno de los principales objetivos del terrorismo: sembrar miedo, desestabilizar y ejercer presión sobre las autoridades.

De acuerdo con estadísticas municipales, durante el año 2012 se reportaron once amenazas de bomba distribuidas en ocho colonias urbanas y una comunidad rural del municipio de Irapuato. Estos hechos, aunque aislados, revelan una preocupación latente entre la población y la necesidad de incluir este tipo de riesgos dentro de las estrategias de gestión integral del peligro, como parte de un enfoque más amplio en los fenómenos sociorganizativos que afectan la vida cotidiana en la ciudad.

Tabla 12. Amenaza de bomba, número de llamadas por colonia durante el 2012.

Colonia	Total de llamadas
Morelos	3
Carmen (Rural)	1
Juárez	1

Colonia	Total de llamadas
León	1
La Lupita	1
Primero de Mayo	1
Fracc. Quinta las Villas	1
Renovación	1
Residencial Campestre	1

Fuente: C4, 066, año 201

Las llamadas al 066, como se podrá observar, han sido mayoritariamente en la colonia Morelos, con un total de 3 eventos durante el 2012, mientras que en el resto de las colonias solamente se ha dado una sola vez. Desafortunadamente no se tienen datos acerca del tipo de instalaciones en las cuales se han dado el total de las 11 amenazas.

Sin embargo, a nivel nacional se ha observado que los sitios con mayor susceptibilidad para que ocurran este tipo de sucesos son instituciones de servicio público como las de seguridad (casetas de policía), bancos, oficinas de gobierno, ductos de PEMEX, líneas de agua y subestaciones eléctricas, entre otras.

Otros sitios también susceptibles son los de concentración masiva de personas como sitios de eventos deportivos (Ej. Estadio de Futbol), las instalaciones de la Feria, Iglesias, mercados, tianguis, etc.

En la presente actualización del Atlas Municipal de Riesgos, los datos recabados para este componente son relativamente bajos, ya que en el periodo de estudio solo se tiene registro de un incidente. Para hacer un poco más representativa la condición de este componente, se optó por integrar algunas de las categorías que más se pueden asociar a acciones de terrorismo como las incluidas en la siguiente gráfica; las incidencias dominantes, que derivan en una gran cantidad de situaciones son Detonación de arma de fuego, con 5,090 reportes, y 785 referentes a la presencia de objetos sospechoso o peligroso.

Gráfica 4: Compendio de incidencias asociados a acciones de terrorismo.

Fuente: elaboración propia con datos de incidencias de 911.

A nivel puntual de enero del 2020 al primer semestre del 2024, excluyendo las categorías más dominantes, se tienen un listado 19 incidencias, sin embargo, dando seguimiento a el primer trimestre del 2025, se registraron al menos 7 eventos de alto impacto en el municipio (ver siguiente tabla):

Tabla 13: Reportes de incidencias relativas a terrorismo.

Incidencia	Fecha	Lugar
Amenaza de bomba	15/7/2020	Galaxia Naranjal
	11/8/2022	Plaza Comercial Jacarandas
Asociación delictuosa o pandillerismo	28/3/2023	El Cantador
Enfrentamiento de grupos armados	28/2/2020	La Garrida
	29/1/2022	Comunidad de Guadalupe de Rivera
	8/6/2023	Tierra Nueva
	22/2/2024	Colonia Juárez
	22/2/2024	Colonia Álvaro Obregón
	7/12/2024	Lupita
	12/12/2024	Peñuelas
	22/3/2025	Libramiento Sur de Irapuato
	28/3/2025	Las Huertas
	6/4/2025	Hacienda del Carrizal
	6/4/2025	Lucio Cabañas
	7/4/2025	Desviación hacia la carretera federal Irapuato - Abasolo
	13/4/2025	Guadalupe de Rivera
Terrorismo o atentado	21/6/2021	Constitución de Apatzingán 2a Sección

Fuente: elaboración propia con datos de incidencias de 911.

VI.1 Susceptibilidad a terrorismo

El grado de susceptibilidad a incidencias asociadas al terrorismo se determinó mediante el cálculo de densidades espaciales, interpolando la cantidad de incidencias por hectárea en el territorio municipal. El valor máximo registrado fue de 2.87 incidencias por hectárea, considerablemente superior al promedio. Por lo tanto, las categorías para segmentar el grado de susceptibilidad se establecieron en intervalos de 0.5 incidencias/ha, donde:

Tabla 14: Rangos de valores para los niveles de susceptibilidad.

Densidad	Nivel de susceptibilidad	
Menor a 0.1		Incipiente
0.1 – 0.5		Muy Bajo
0.5 – 1.0		Bajo
1.0 – 1.5		Medio
1.5 – 2.0		Alto
2.0 – 2.5		Muy Alto
Mayor a 2.5		Extremo

Fuente: elaboración propia.

El patrón de distribución territorial resultó de la siguiente manera:

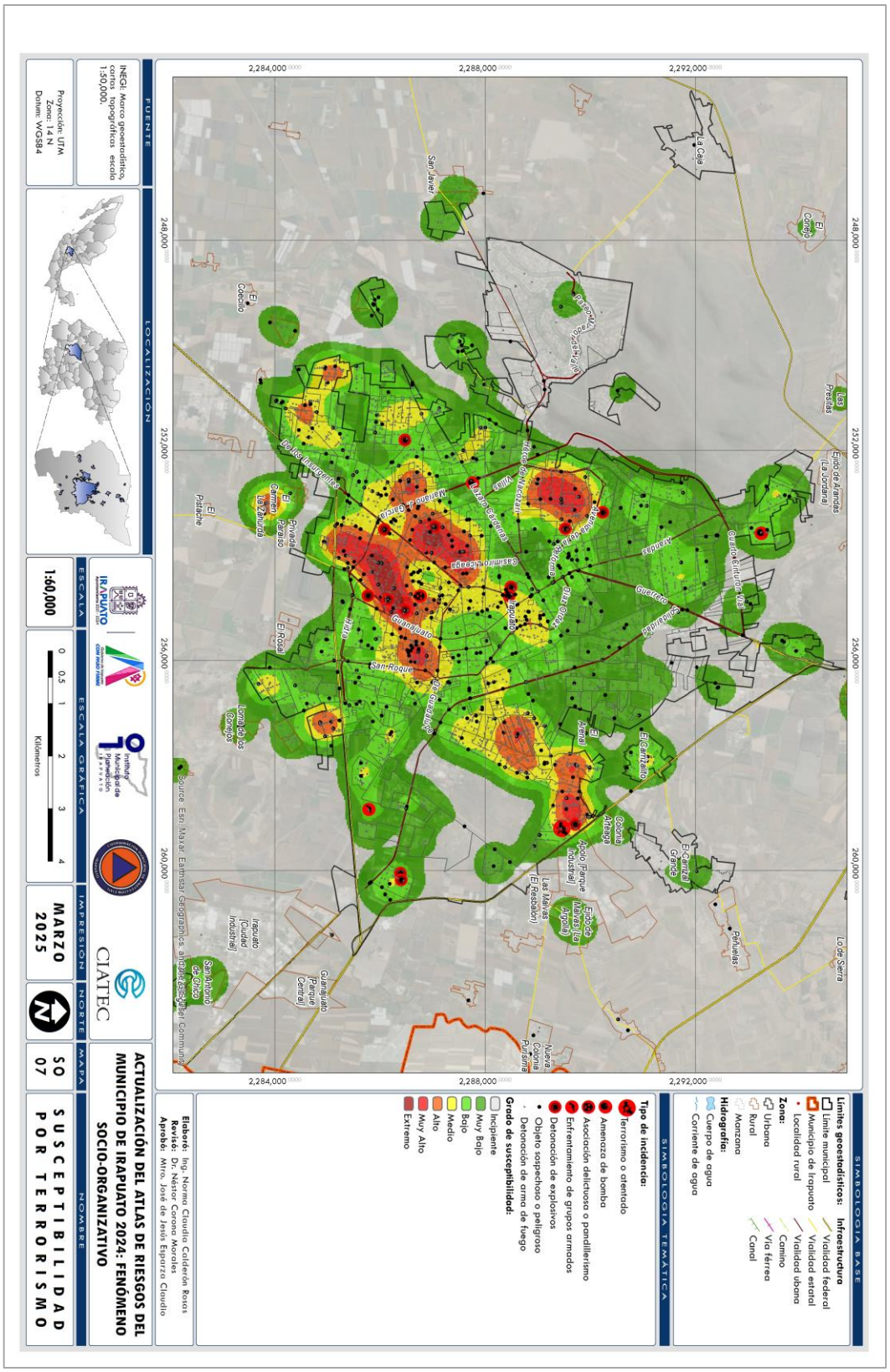
Tabla 15: Rangos de valores para los niveles de susceptibilidad.

Nivel de susceptibilidad	Análisis
Incipiente	Las extensas áreas en gris muy claro, como gran parte de Las Lomas, Campestre, Quinta Villas, La Pradera, Rincón de los Arcos, Rancho Grande, y Tierra Nueva, presentan una densidad de incidencias extremadamente baja, casi nula. Esto indica una ausencia significativa de eventos relacionados con el terrorismo en estas colonias, al menos en los datos utilizados para generar el mapa.
Muy Baja	Las áreas en azul claro, que rodean las zonas de mayor riesgo, como algunas partes de Jardines del Carmen, Las Plazas, y la periferia de San Antonio del Puente, muestran una baja concentración de incidencias. Aunque algunos eventos pueden haber ocurrido, su densidad por hectárea es considerablemente menor que en otras zonas.
Baja	Las áreas en azul oscuro representan una densidad de incidencias moderadamente baja. Algunas secciones de colonias como INFONAVIT y áreas adyacentes al núcleo central podrían caer en esta categoría, indicando una presencia ligeramente mayor de incidentes, pero aún dentro de un rango relativamente bajo en comparación con el máximo registrado.
Media	Las áreas que comienzan a mostrar tonalidades más cálidas, acercándose al amarillo, como ciertas zonas de transición alrededor del Centro y San Juan,

	tienen una densidad de incidencias que se considera media. Esto sugiere una presencia más notable de eventos, aunque aún por debajo de los umbrales altos.
Alta	Las áreas en un rojo más claro, como la zona sur cercana a Bajada de San Martín y Guanajuato, así como el foco aislado en Unión Ejidal Emiliano Zapata, alcanzan una densidad de incidencias alta. Esto confirma que en estas áreas, la concentración de eventos es significativamente mayor, superando el promedio municipal.
Muy Alta	Las áreas en rojo más intenso dentro del núcleo central (alrededor del Centro, Comercial, San Juan, y extendiéndose hacia Morelos) y el foco en Villas de San Francisco presentan una densidad de incidencias muy alta. Esto indica una concentración considerable de eventos relacionados con el terrorismo, acercándose al valor máximo registrado.
Extrema	Las áreas en el rojo más oscuro y concentrado dentro del núcleo central (especialmente en el Centro y áreas adyacentes) alcanzan una densidad de incidencias extrema, superando las 2.5 incidencias por hectárea y acercándose al máximo de 2.87. Esta concentración excepcional subraya que estas zonas han experimentado una cantidad desproporcionadamente alta de incidentes en relación con su extensión territorial.

Fuente: elaboración propia.

La colonia Centro y su área de influencia inmediata (incluyendo Comercial y San Juan) se destacan con una susceptibilidad muy alta a extrema, lo que implica una concentración notable de incidentes en estas zonas. Le siguen focos de alta susceptibilidad en colonias como Bajada de San Martín/Guanajuato y Villas de San Francisco, indicando también una concentración significativa, aunque menor que en el centro. La mayor parte del territorio municipal, especialmente las colonias periféricas, presenta una susceptibilidad incipiente a baja, lo que sugiere una menor ocurrencia de este tipo de eventos. Esta comprensión basada en la densidad espacial proporciona una visión más precisa de las áreas que requieren mayor atención en términos de prevención y seguridad.

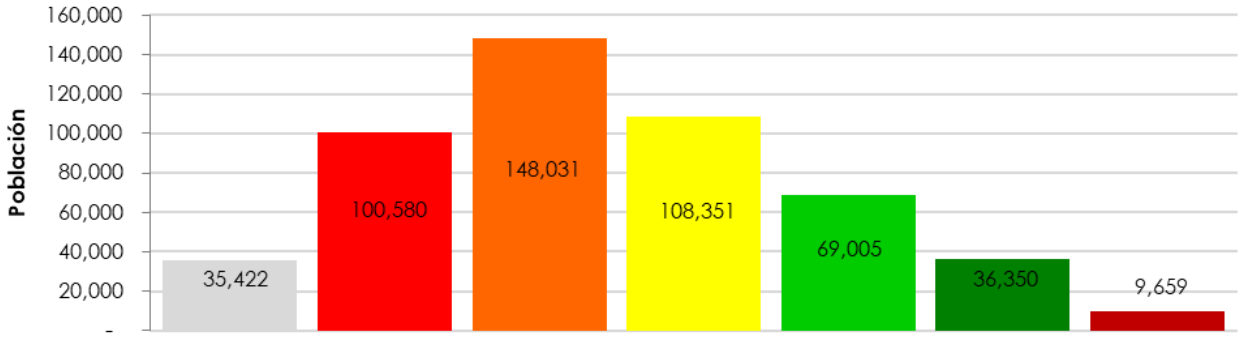


Mapa 7: Susceptibilidad a terrorismo

VI.2 Vulnerabilidad a terrorismo

El aspecto de vulnerabilidad fue determinado sólo por el componente de exposición, debido a que la naturaleza del fenómeno no hay criterios demográficos y sociales que excluyan a un sujeto o grupo poblacional de sufrir daños directos o colaterales. Como resultado se tiene que poco más de 9 mil habitantes están en zonas con alta susceptibilidad a acciones asociadas a terrorismo, como se observa en la siguiente gráfica.

Gráfica 5: Distribución de la población por grado de vulnerabilidad.



Fuente: elaboración propia.

El gráfico de barras ilustra la segmentación de la población del municipio en función del nivel de susceptibilidad a terrorismo de su lugar de residencia, destacando que la mayor proporción de habitantes, con aproximadamente 148,031 personas, se concentra en áreas catalogadas con una susceptibilidad Alta, seguida de cerca por las zonas de susceptibilidad Media, donde residen alrededor de 108,351 individuos; un número considerable de habitantes también se encuentra en áreas de susceptibilidad Muy Alta, con aproximadamente 100,580 personas, y en zonas de susceptibilidad Baja, con alrededor de 69,005 residentes; las categorías de susceptibilidad Muy Baja e Incipiente albergan poblaciones relativamente similares, con aproximadamente 36,350 y 35,422 habitantes respectivamente; finalmente, la menor proporción de la población, con aproximadamente 9,659 personas, reside en las áreas identificadas con un grado de susceptibilidad Extrema a terrorismo dentro del municipio.

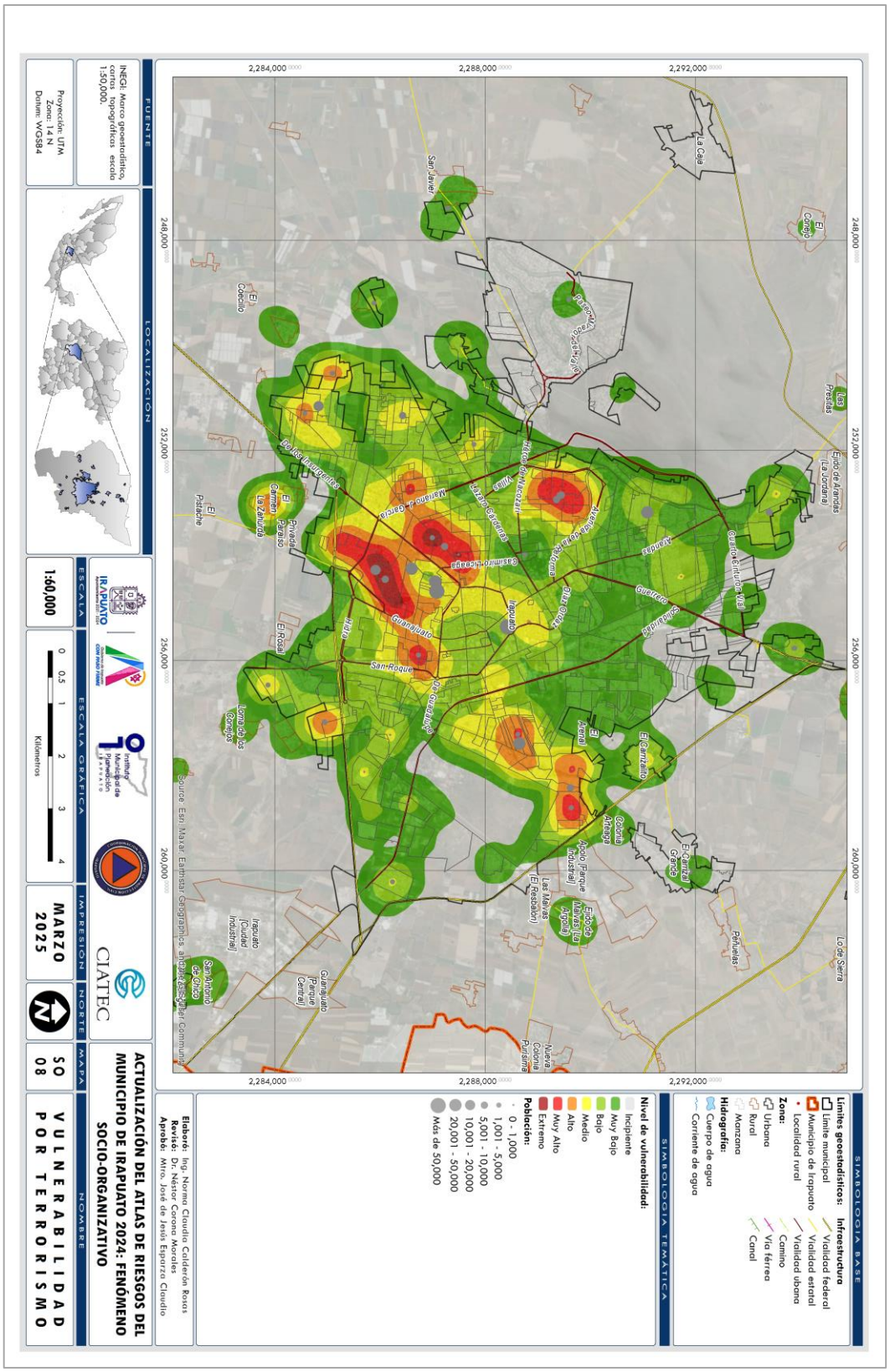
En términos espaciales la vulnerabilidad a terrorismo, en el siguiente mapa se observan concentraciones de Alta y Muy Alta vulnerabilidad (tonos rojos) en la zona central del mapa, que corresponde al núcleo urbano de Irapuato. Esta área también presenta círculos de tamaño considerable, indicando una significativa densidad de población residiendo en zonas de mayor riesgo.

Hacia la zona este (Villas de San Cayetano), se aprecia una vulnerabilidad Alta con un círculo de población mediano a grande, sugiriendo una población notable expuesta a este nivel de riesgo.

La zona de Morelos muestra una vulnerabilidad Media con un círculo de población también mediano, indicando una densidad poblacional moderada en un área de riesgo intermedio. En contraste, las zonas periféricas al oeste, se encuentran en áreas de Baja o Muy Baja vulnerabilidad y presentan círculos de población más pequeños, lo que denota una menor cantidad de habitantes en estas áreas de menor riesgo.

La zona de Bajada de San Martín y sus alrededores, muestran una vulnerabilidad entre Baja y Media con círculos de población pequeños a medianos, indicando una población relativamente menor en estas zonas de riesgo moderado. En la parte noreste (Rincón de los Arcos) se sitúa en un área de Baja vulnerabilidad con un círculo pequeño, lo que sugiere una baja densidad de población en esta zona de menor riesgo.

En resumen, el mapa revela que la zona central de Irapuato concentra tanto la mayor vulnerabilidad a terrorismo como una parte importante de su población. Las zonas periféricas tienden a presentar menor vulnerabilidad y densidad poblacional, aunque existen variaciones en las zonas intermedias. La superposición de estos dos factores permite identificar las áreas donde una mayor cantidad de personas están potencialmente expuestas a un mayor riesgo de terrorismo.

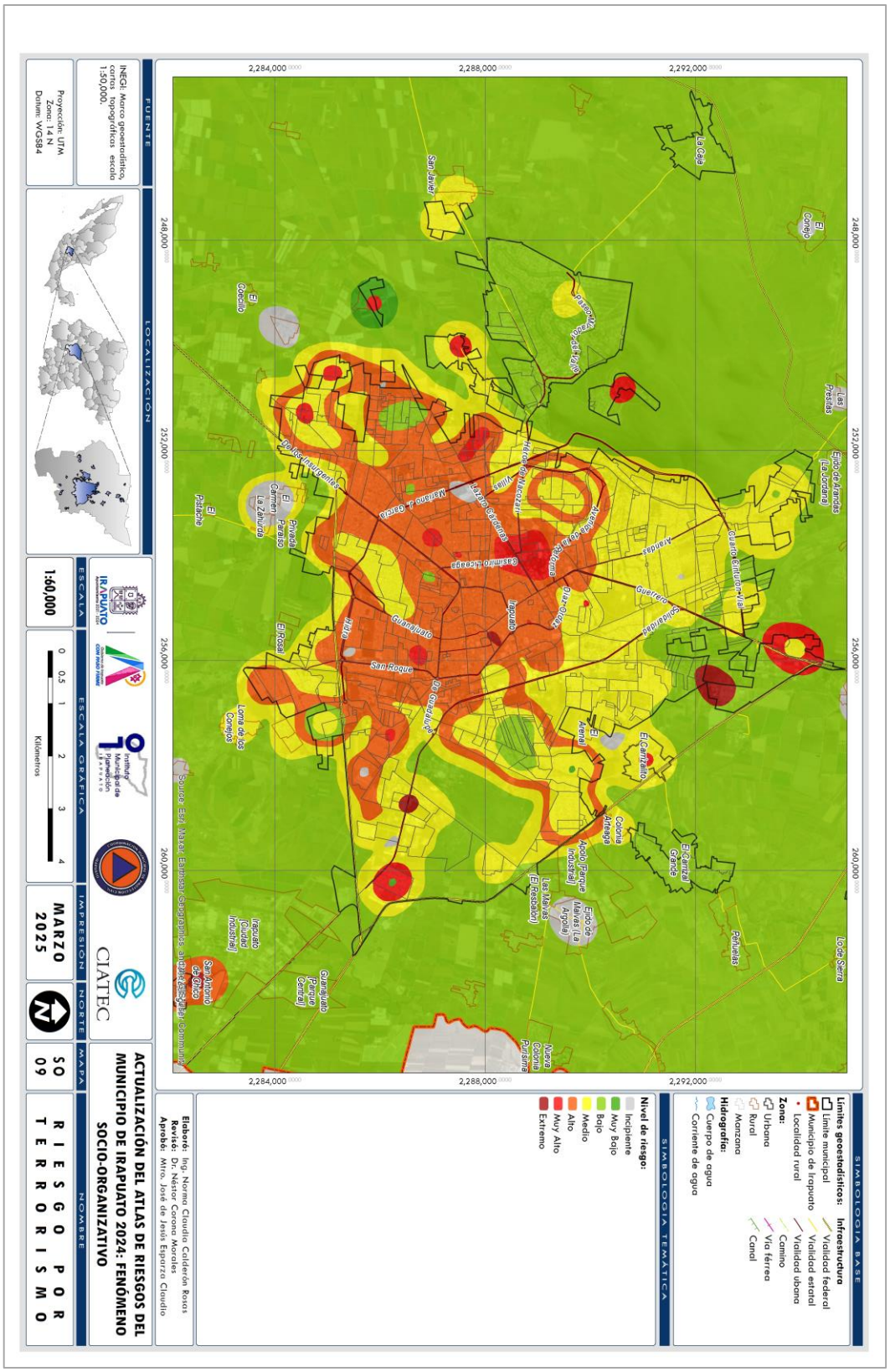


Mapa 8: Mapa de vulnerabilidad a terrorismo

VI.3 Riesgo de terrorismo

El riesgo está asociado a la posibilidad de que un individuo experimente los efectos de una acción terrorista, ya sea fulminantes o incapacitantes. Sin embargo, la estadística al respecto y las condiciones específicas que determinen las consecuencias de una acción terrorista no es posible de terminarla. Sin embargo, si es posible hacer una estimación considerando el patrón espaciotemporal de las incidencias respecto al volumen poblacional, tratando de identificar anualmente la taza por cada mil habitantes de incidencias asociadas a terrorismo, y de este modo, dimensionar cuales zonas son las que mayor riesgo representan respecto a este componente.

- **Zonas de Alto y Muy Alto riesgo en el centro y alrededores:** Las zonas con los niveles de riesgo más elevados tienden a agruparse en el centro de la ciudad y zonas adyacentes. Esta concentración podría deberse a la presencia de edificios gubernamentales, comerciales importantes, alta densidad de población o nodos de transporte relevantes.
- **Disminución del riesgo hacia la periferia:** A medida que nos alejamos del centro, el nivel de riesgo generalmente disminuye. Las zonas de riesgo Medio, Bajo y Muy Bajo, se encuentran predominantemente en las colonias más periféricas. Esto sugiere que la evaluación de riesgo considera que las áreas más alejadas del centro tienen una menor probabilidad de ser blanco de actividades terroristas.
- **Identificación de puntos de riesgo elevado aislados:** Se observan algunas zonas con riesgo Alto a Medio dispersas donde, en general, presentan un riesgo menor. Estos puntos podrían corresponder a ubicaciones específicas, como instalaciones industriales, centros comerciales importantes, o infraestructura crítica particular.
- **Patrón irregular influenciado por la infraestructura y actividad:** La distribución del riesgo no es estrictamente radial desde el centro. Se aprecian extensiones de riesgo Medio o incluso Alto que se adentran en ciertas direcciones. Esto podría estar influenciado por corredores viales importantes, la ubicación de parques industriales (Irapuato tiene una actividad industrial significativa), o la presencia de otros factores específicos en esas colonias. Por ejemplo, podríamos ver una extensión de riesgo a lo largo de una avenida principal que conecta el centro con alguna otra zona de alta actividad.
- **Zonas de riesgo Muy Bajo en la extrema periferia:** Las colonias ubicadas en los límites de la mancha urbana de Irapuato generalmente presentan un riesgo muy bajo. Estas áreas suelen ser predominantemente residenciales o con menor concentración de actividades que podrían ser consideradas objetivos.



Mapa 9: Mapa de riesgo a terrorismo.

VII. VANDALISMO 2013

El vandalismo es un fenómeno Sociorganizativo que implica la destrucción, daño o alteración deliberada de bienes públicos o privados, y que puede generar afectaciones significativas a la infraestructura urbana, el mobiliario público, el entorno comunitario y la percepción de seguridad ciudadana. Este tipo de conductas, aunque en muchos casos consideradas de baja escala, pueden escalar en contextos de protesta social, eventos masivos o situaciones de desorden, afectando tanto la integridad física de las personas como la operación de servicios esenciales.

En el caso del municipio de Irapuato, el vandalismo se manifiesta en diferentes formas, desde daños a instalaciones educativas, deportivas o de transporte, hasta afectaciones a monumentos, parques, alumbrado público y equipamiento urbano. La identificación de zonas recurrentes y la evaluación de factores asociados a la ocurrencia de estos actos resultan fundamentales para establecer estrategias de prevención, disuasión y respuesta coordinada, fortaleciendo así la resiliencia urbana y la cohesión social.

Cabe señalar que el componente de vandalismo no fue actualizado en esta versión del Atlas de Riesgos debido a las limitaciones de tiempo en el proceso de actualización del documento. La información disponible sobre este fenómeno corresponde al análisis incluido en el Atlas de Riesgos Municipal de 2013. No obstante, se reconoce la importancia de incorporar una revisión actualizada en futuras versiones, ya que actualmente existen nuevas bases de datos oficiales que permiten documentar de manera más sistemática y georreferenciada los eventos de vandalismo en el municipio.

Por lo anterior, se recomienda que en la próxima actualización del Atlas de Riesgos Municipal se incorpore una revisión detallada del componente de vandalismo, con base en las nuevas fuentes de información disponibles. Actualmente, diversas dependencias municipales y estatales como Seguridad Pública, Protección Civil y organismos de servicios urbanos generan reportes con mayor frecuencia y nivel de detalle, lo que permite realizar un análisis más preciso y georreferenciado del fenómeno.

La inclusión de estos datos facilitará la identificación de zonas con mayor recurrencia de actos vandálicos, el análisis de factores de vulnerabilidad asociados y la elaboración de estrategias de prevención y mitigación más efectivas. Esta actualización contribuirá a una visión más integral del riesgo urbano y a una toma de decisiones más informada por parte de las autoridades competentes. A continuación, se reporta la información del Atlas Municipal de Riesgos del 2013.

En el año 2013, el fenómeno del vandalismo se identificaba como una problemática extendida a nivel nacional, y el municipio de Irapuato no era la excepción. Durante la investigación para el desarrollo del Atlas de Riesgos de ese año, las estadísticas del entonces servicio de emergencias 066 reflejaron diversos motivos por los cuales la población solicitaba la intervención de las autoridades. Entre los reportes más frecuentes destacaban: robo a persona, robo a casa habitación, robo a comercio, así como el uso de armas de fuego y artefactos explosivos, entre otros delitos de relevancia.

La incidencia delictiva en el municipio mostró una tendencia al alza a partir del año 2007, con un incremento notable en delitos como el robo a transeúnte, el secuestro y el homicidio doloso, muchos de ellos vinculados al contexto nacional de violencia derivado de la lucha contra el narcotráfico. Esta situación se ha visto agravada por las bajas tasas de aprehensión y encarcelamiento, lo cual limita la capacidad del sistema de justicia para disuadir y contener estos delitos.

Entre los principales factores que explican la persistencia de la delincuencia y el vandalismo se encuentran la polarización económica, así como la debilidad institucional de los cuerpos de seguridad pública y del sistema judicial. En comparación con indicadores internacionales, las tasas delictivas en México y particularmente las correspondientes a delitos violentos como homicidio, secuestro y robo se mantenían en niveles elevados, reflejando un entorno de riesgo social y urbano significativo.

En informe de 2013 menciona, que, con el objetivo de establecer los criterios más eficientes y sensibles para detectar el grado de exposición de la población del municipio de Irapuato, se llevó a cabo un taller técnico con la participación de autoridades responsables de la prevención y atención de contingencias. Durante esta sesión, se aplicó la metodología SMART (Simple Multi-Attribute Rating Technique), mediante la cual se identificaron, junto con los asistentes, los principales atributos y sistemas cuya presencia o ausencia podía incidir en la generación de eventos o en el incremento de factores de exposición en determinadas zonas del municipio.

Dentro de los componentes analizados, se incluyó de forma destacada el pandillerismo, el cual fue identificado como un fenómeno que históricamente ha generado afectaciones relevantes tanto a la infraestructura urbana como: mobiliario público, paradas de transporte, centros deportivos o espacios recreativos, así como a transeúntes y a la propiedad pública y privada. Estas actividades, además de fomentar el deterioro físico de espacios comunitarios, han contribuido a la percepción de inseguridad en diversas colonias del municipio y han dificultado la apropiación social del espacio urbano por parte de la ciudadanía.

Dentro del conjunto de espacios e infraestructuras susceptibles (ver Tabla 16) a actos vandálicos en el municipio de Irapuato, se observó diferencias claras en los tipos de afectación que predominan según el contexto de cada sistema.

1) Vandalismo asociado al robo a transeúnte y percepción de inseguridad: Espacios como los tianguis (55), bancos y cajas populares (174), parques y plazas (3), mercados y autoservicios (109), y ejes viales metropolitanos (12) presentan una alta concentración de personas y flujos constantes de población. Estas condiciones generan oportunidades para delitos como el robo a transeúnte, especialmente en horarios de alta actividad comercial. La escasa vigilancia y la debilidad del entorno urbano contribuyen a una elevada percepción de inseguridad en estos puntos.

2) Vandalismo relacionado con grafiti, daño al mobiliario urbano y apropiación territorial: El grafiti no autorizado, el deterioro de infraestructura y la ocupación informal de espacios públicos son manifestaciones comunes de vandalismo en parques, plazas, lugares públicos como bibliotecas y casas de cultura (17) y algunas instalaciones deportivas y culturales como los estadios (2) y el museo (1). Estos espacios, en muchos casos, carecen de mantenimiento continuo y de presencia institucional, lo que facilita su deterioro por acciones recurrentes de vandalismo simbólico.

3) Vandalismo vinculado a la presencia de pandillas y actividades delictivas locales: Los sitios asociados al pandillerismo (15) concentran dinámicas sociales que propician la venta y consumo de drogas, la confrontación entre grupos, así como actos vandálicos sistemáticos como el saqueo, el daño a propiedad privada y los ataques dirigidos a instalaciones de gobierno. En estos puntos, el vandalismo se convierte en un medio de control territorial y expresión de conflicto social, lo que incrementa el nivel de riesgo tanto para residentes como para visitantes.

4) Instalaciones estratégicas con riesgo de actos vandálicos con impacto estructural: Infraestructuras críticas como las subestaciones eléctricas (5), líneas de alta tensión, ductos y poliductos, así como instalaciones de policía y dependencias de gobierno (16), aunque menos frecuentes en número, son susceptibles a actos vandálicos intencionados, con potencial de interrumpir servicios esenciales. Estos ataques pueden estar motivados por conflictos sociales, actos de sabotaje o búsqueda de notoriedad delictiva.

5) Medios de comunicación como blanco de actos vandálicos o de censura social: Las radiodifusoras (13), televisoras (1) y periódicos también se encuentran en riesgo de ser afectados por vandalismo simbólico o ideológico, particularmente en contextos de protesta, inconformidad social o conflictos relacionados con la cobertura mediática de ciertos hechos.

Tabla 16: Sistemas afectables del componente Interrupción de servicios vitales causados por el hombre (Delincuencia, sabotaje y terrorismo)

Sistemas Afectables	Número
Iglesias	37
Tianguis	55
Bancos y cajas populares	174
Parques y plazas	3
Hoteles	83
Mercados y autoservicios	109
Instalaciones de gobierno diversas	16
Centros comerciales	4
Lugares públicos (bibliotecas, casa de la cultura, etc.)	17
Estadios y autódromo	2
Museos	1
Delincuencia y problemas de seguridad	
Pandillas	15
Vías primarias de comunicación que pudieran ser interrumpidas	
Ejes metropolitanos	12
Instalaciones de policía que pudieran ser atacadas	
Instalaciones	
Líneas de alta tensión y subestaciones que pudieran sufrir actos vandálicos o terroristas	
Subestaciones eléctricas	5
Ductos y poliductos que pudieran sufrir actos vandálicos o terroristas	
Medios de comunicación	

Sistemas Afectables	Número
Periódicos	
Radiodifusoras	13
Televisoras	1

A continuación, se muestra de manera específica los sistemas vulnerables que se identificaron en el 2013 que pueden ser afectados por el componente de vandalismo.

Oficinas de correo y radiodifusoras:

Tabla 17: Oficinas de correo como sistema afectable.

Clase	Irapuato	
	1994	2000 a/
Total	85	58
Administraciones	3	2
Sucursales	0	1
Agencias	8	4
Expendios b/	74	24
Instituciones públicas c/	0	27
a/ Datos referidos al 31 de diciembre de cada año.		

FUENTE: SEPOMEX, Gerencia Estatal. Unidad de Planeación, Estadística e Informática

Tabla 18: Radiodifusoras como sistemas afectables.

Radiodifusora	Dirección	Estaciones	Sintonía
Radio Grupo Antonio Contreras	Morelos 110, Col. Centro Irapuato, Gto. CP 36500 Tel. (462) 626 53 00	40 Principales	88.5 FM
		La Picosa	91.9 FM 1180 AM
		Stereo 95	95.1 FM
		WE!	107.9 FM 1420 AM
		Salmantina	810 AM
		Éxitos	98.9 FM
		Ke Buena	1560 AM
MVS Radio	Juan de Urbina 788 Col. Prol. La Moderna Irapuato, Gto. 36690 Tel. (462) 626 38 20	Exa FM	93.5 FM

Radiorama Bajío	Blvd. Plaza Magna 3B Col. Centro Irapuato, Gto CP 36500 Tel. (462) 624 60 90	La Campirana	102.7 FM 1470 AM

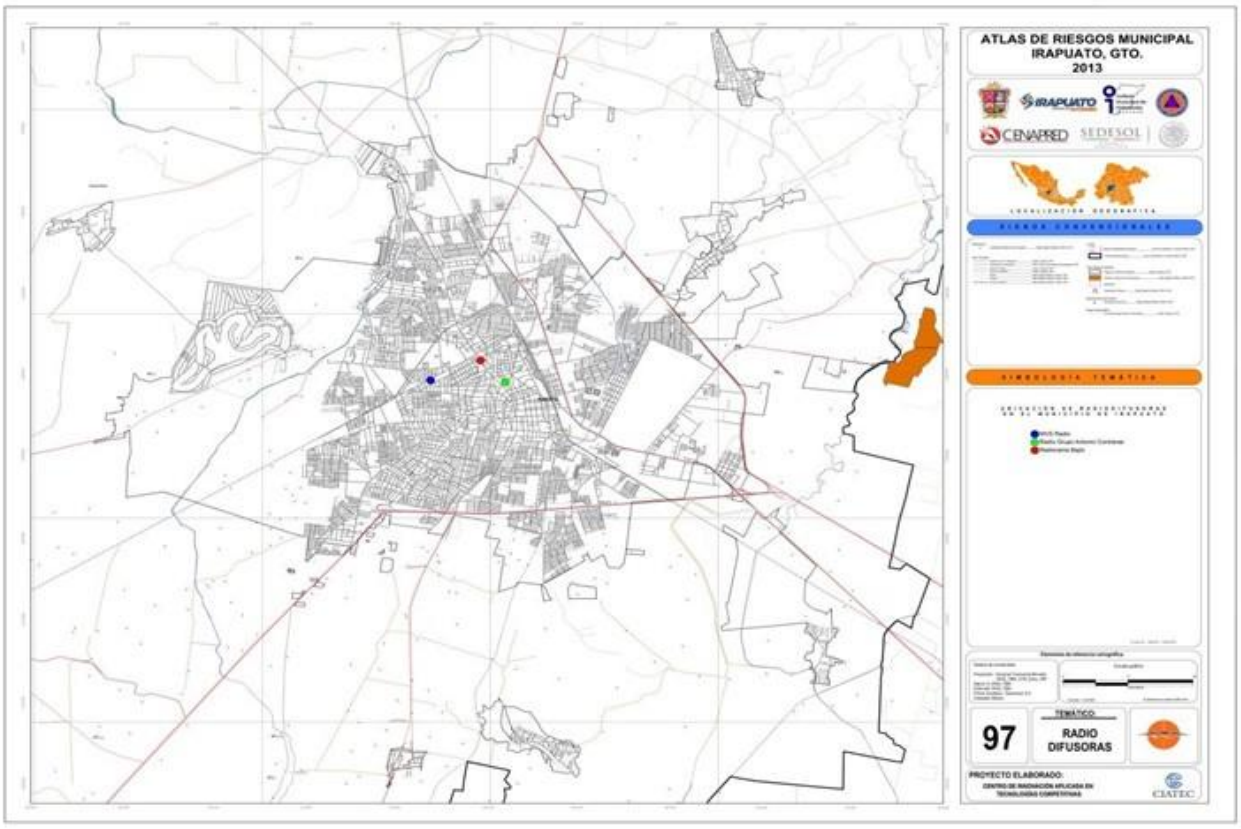


Figura 10. Ubicación de radiodifusoras en Irapuato.

También el Municipio ha registrado actividades riesgosas o de vandalismo en su territorio, las cuales pertenecen al fenómeno que nos ocupa, destacándose las siguientes:

Tabla 19

Lugar	Fecha	Evento	Fuegos Pirotécnicos	Juegos Mecánicos	Baile	Palenque	Jaripeo	Corrida de Toros
Estadio Sergio León Chávez	Cada 15 días	Fútbol	X					
Expo Fresas	9 al 25 de marzo	Feria	X	X	X	X		
Plaza de Toros	21 marzo	Fiesta Brava						X
Lienzo Charro	Varias	Charreada					X	
Plaza los Fundadores	15 sept.	Fiestas Patrias	X					
Plaza de Toros	20 nov.	Fiesta Brava						X
Varios	30 nov. al 1	Festejo de	X	X	X			

	de enero	los Barrios						
Puente de Guadalupe	2 diciembre	Fiesta Religiosa	X					
Expo Fresas	Varias	Social			X			

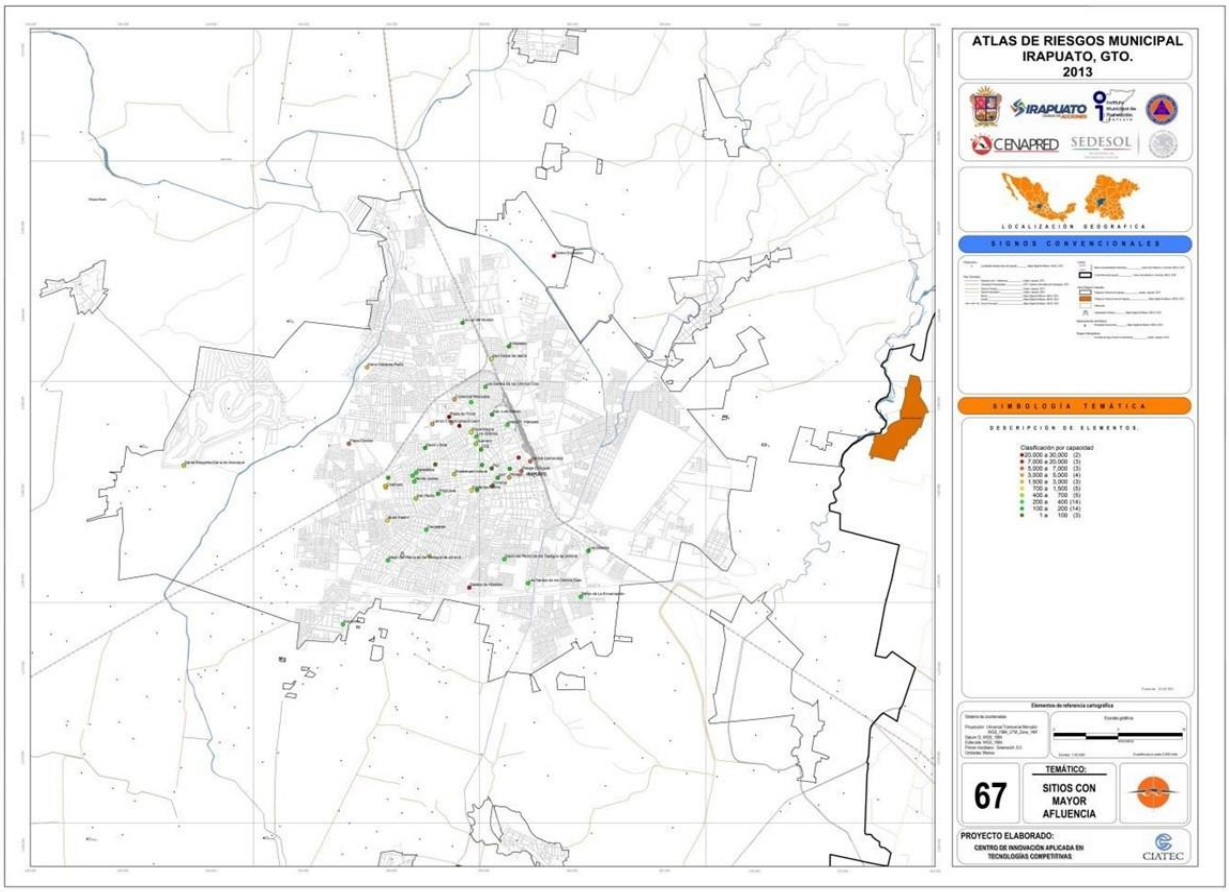


Figura 11. Ubicación de puntos de mayor afluencia en el Municipio de Irapuato.

Dentro de los sistemas afectables para este componente también tenemos a las principales vías de comunicación que existen en el municipio;

Tabla 20. Principales vías de comunicación

Principales vías de comunicación
Carretera federal 45 México - Cd. Juárez
Carretera Federal 90 Zapotlanejo - Irapuato
Carretera 43 Morelia - Salamanca
Blvd. Solidaridad
De los Insurgentes
Guerrero
Lázaro Cárdenas
1ro, 2do, 3ro y 4to Cinturón Vial

En la Figura 12 se muestran los distintos tipos de vialidades en Irapuato, desde carreteras Estatales, avenidas primarias, secundarias y calles. La simbología de la clasificación se realiza en base a color y tipo de línea, comenzando por líneas gruesas de color rojo para carreteras, cambiando a naranjas punteadas como el caso de las avenidas primarias, hasta a llegar a las calles (otras) en una línea fina de color gris.

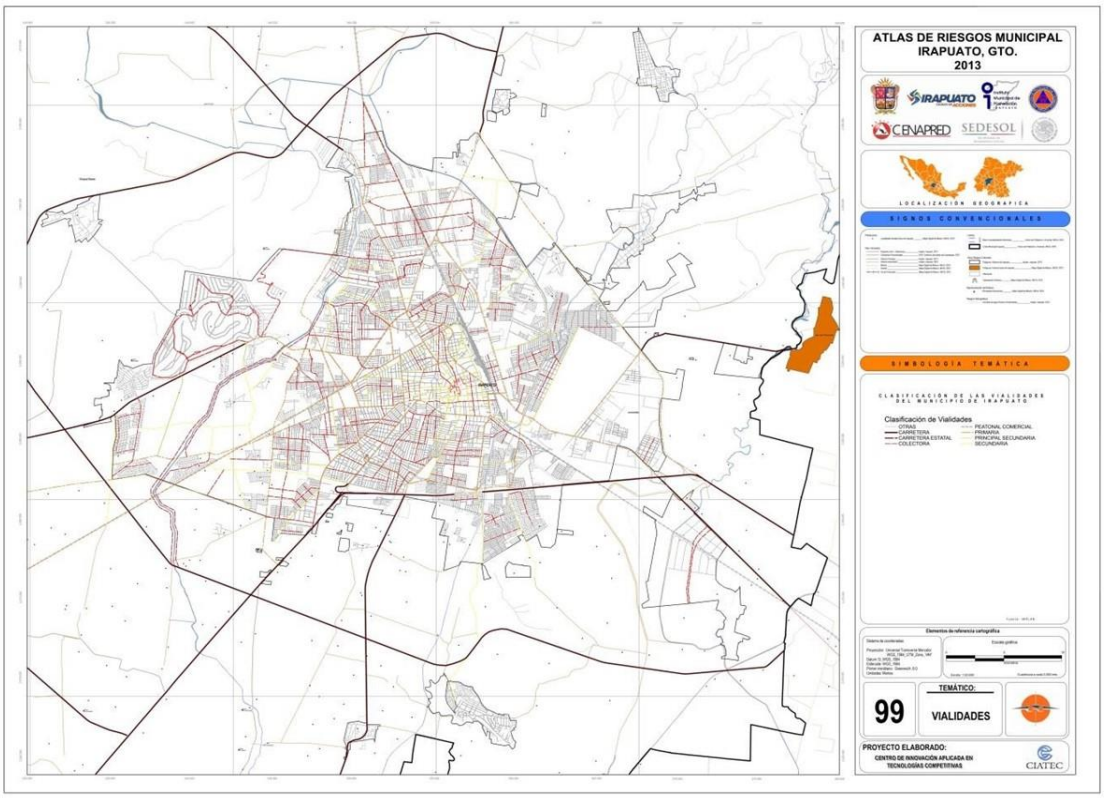


Figura 12. Clasificación de Vialidades en el municipio de Irapuato.

En la Figura 13 se observa la ubicación de las líneas de alta tensión del municipio de Irapuato, éstas se indican con diversas tonalidades de color verde y tipos de líneas. La mayoría de las líneas de alta tensión rodean los límites de la zona urbana, de las indicadas en el mapa, marcadas con color verde olivo son las que se ven más y son las que más entrada tienen a la zona urbana y hacen conexión con las zonas rurales.

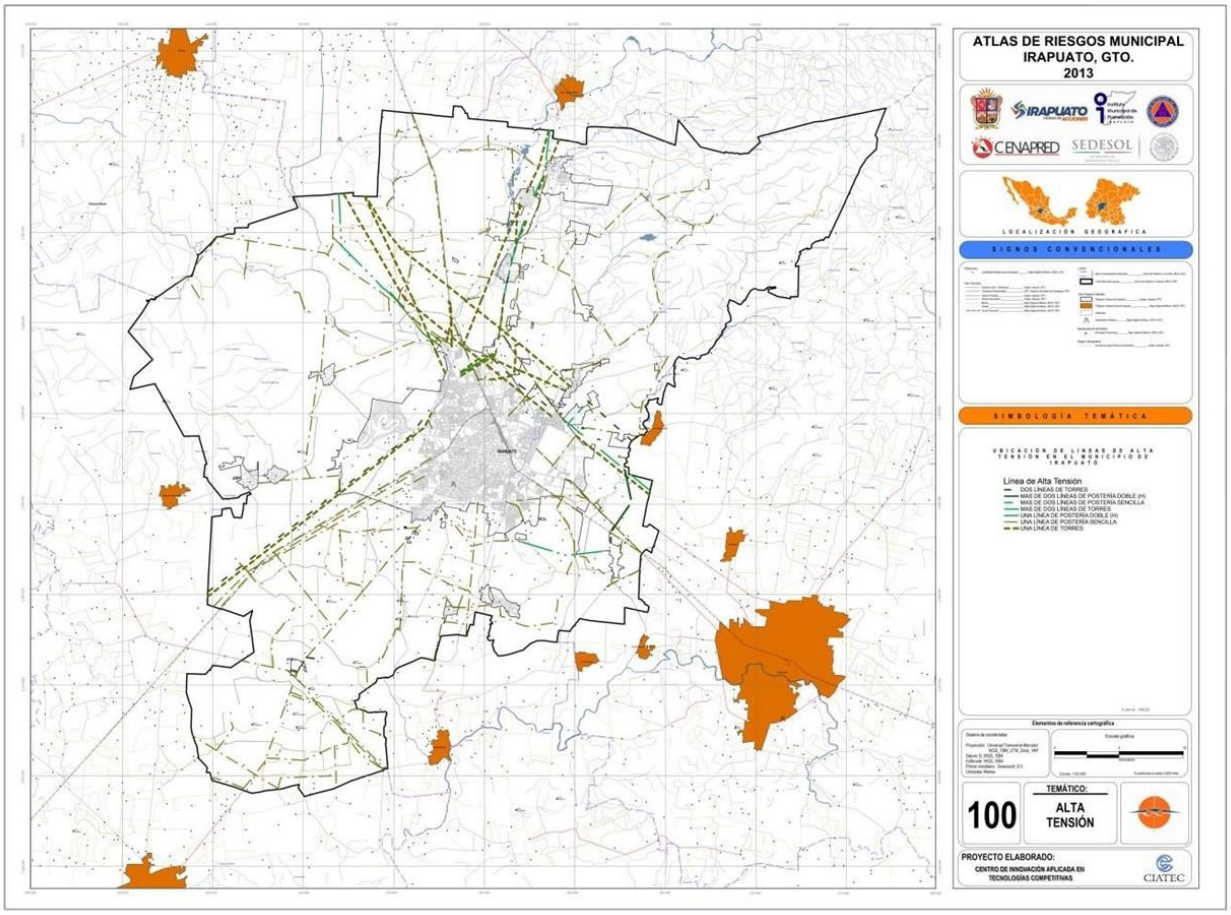


Figura 13. Mapa de líneas de alta tensión en el municipio de Irapuato.

Cabe señalar, que las líneas de alta tensión y las subestaciones eléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) representan infraestructura crítica para el funcionamiento del municipio. Aunque su acceso suele estar restringido, estas instalaciones no están exentas de actos vandálicos, particularmente en zonas periféricas o con baja vigilancia.

El robo de cableado, el sabotaje intencional o el daño a componentes clave pueden generar interrupciones en el suministro eléctrico, afectando servicios básicos, comunicaciones, operaciones comerciales e incluso la seguridad pública. Además, este tipo de vandalismo puede poner en riesgo la integridad física de quienes cometen los actos y de la población cercana, debido a la alta peligrosidad de los sistemas eléctricos.

En la Figura 14 se observan en líneas de color verde los poliductos de PEMEX que pasan por el territorio del municipio de Irapuato, de éstos solo uno entra a la zona urbana poniendo en riesgo, en caso de un accidente o un acto terrorista o vandalismo, principalmente la zona centro de la ciudad.

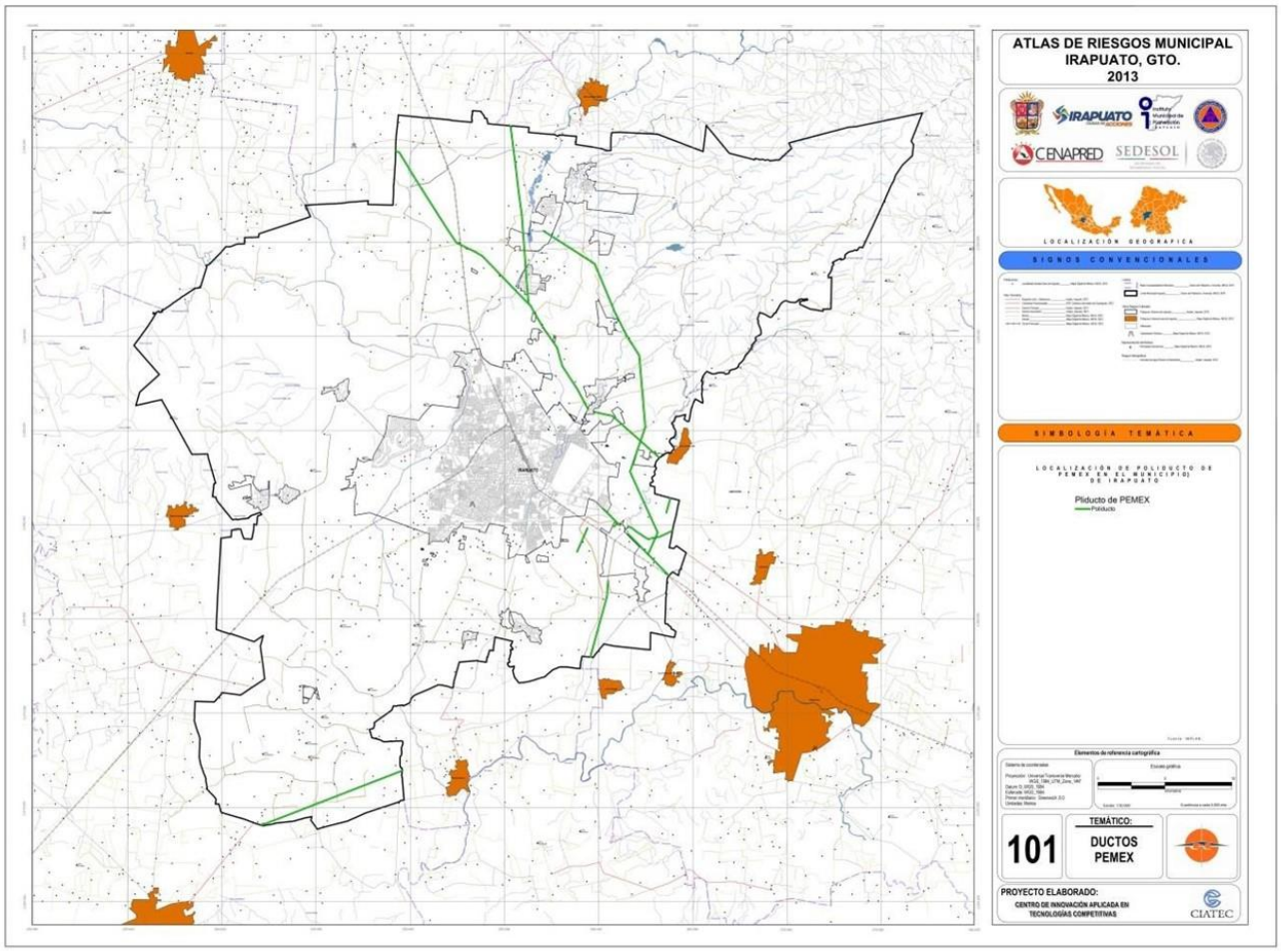


Figura 14. Mapa de poliductos de PEMEX en el municipio de Irapuato.

Los ductos y poliductos de Petróleos Mexicanos (PEMEX) que atraviesan el territorio municipal forman parte de la infraestructura nacional estratégica para el transporte y distribución de hidrocarburos. A pesar de las medidas de seguridad implementadas, estas instalaciones han sido vulnerables a actos de vandalismo y extracción ilegal de combustible (huachicoleo), que representan un riesgo crítico tanto para la seguridad de la población como para el medio ambiente.

Por su naturaleza y potencial de daño, los ductos y poliductos deben ser considerados dentro del análisis de riesgo por vandalismo, priorizando su vigilancia, protección perimetral y coordinación institucional para una respuesta inmediata ante cualquier intento de afectación.

En la Figura 15 se muestran el poliducto de gas en el municipio de Irapuato en color amarillo, existe una línea que prácticamente atraviesa toda la ciudad pegada al lado sureste de la misma casi todo en paralelo de la vía del tren por la carretera federal 45.

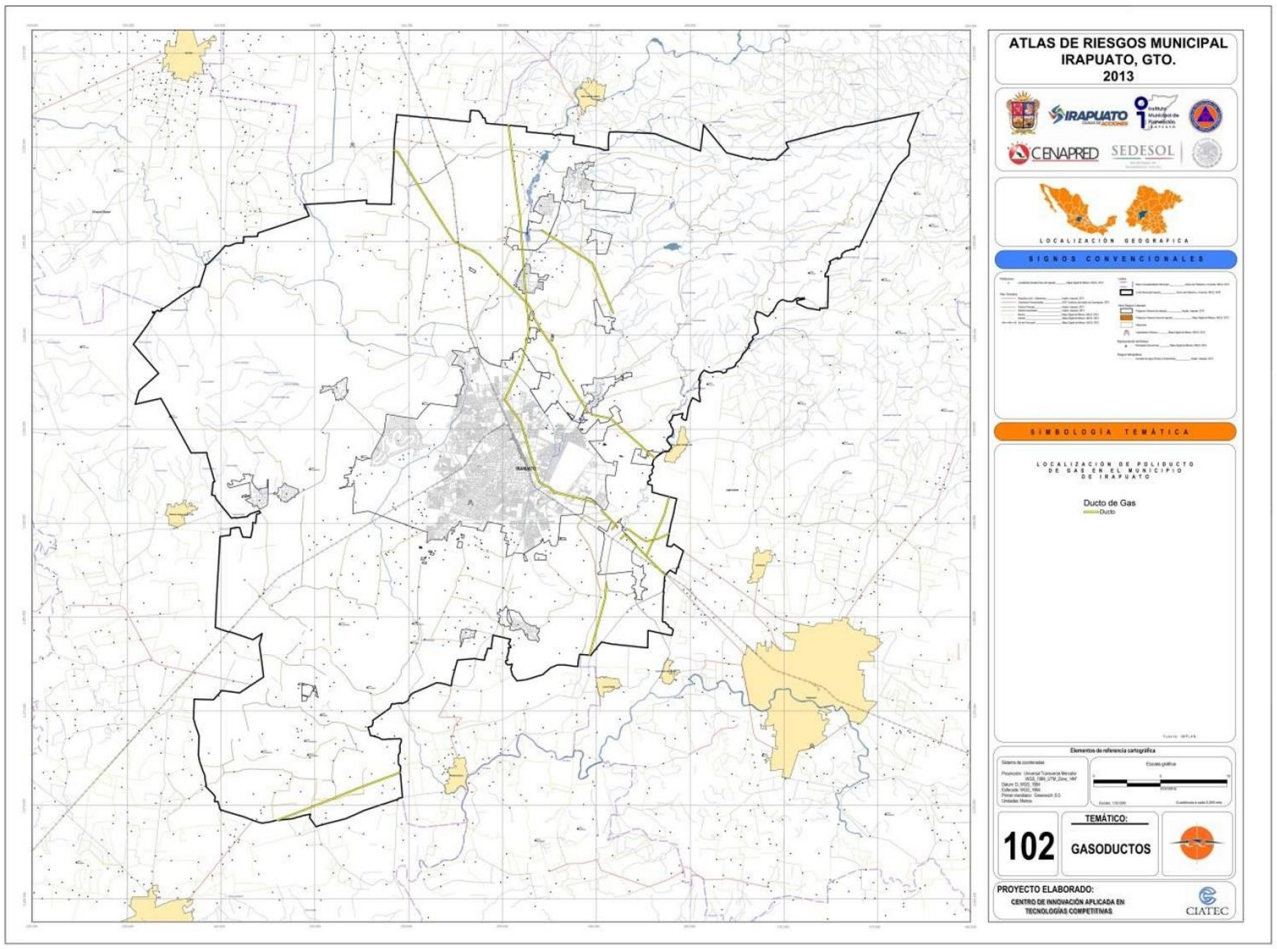


Figura 15. Mapa de ductos de gas del municipio de Irapuato.

Los ductos de gas natural que cruzan zonas urbanas o periurbanas del municipio representan una infraestructura de alto riesgo potencial en caso de ser objeto de vandalismo o manipulación indebida. Aunque cuentan con medidas de protección específicas y señalización, su ubicación subterránea y el desconocimiento generalizado de sus rutas pueden facilitar actos intencionados o accidentales que comprometan su integridad.

Dada la peligrosidad inherente al transporte de gas natural, estos ductos deben considerarse en el análisis de riesgos por vandalismo, especialmente en zonas con antecedentes de intrusión, presencia de pandillas o actividad delictiva organizada. La planeación preventiva y la coordinación con las autoridades responsables del monitoreo y mantenimiento son esenciales para mitigar estos riesgos.

En la Figura 16 se puede observar el lugar donde se encuentra la subestación eléctrica dentro del municipio de Irapuato.

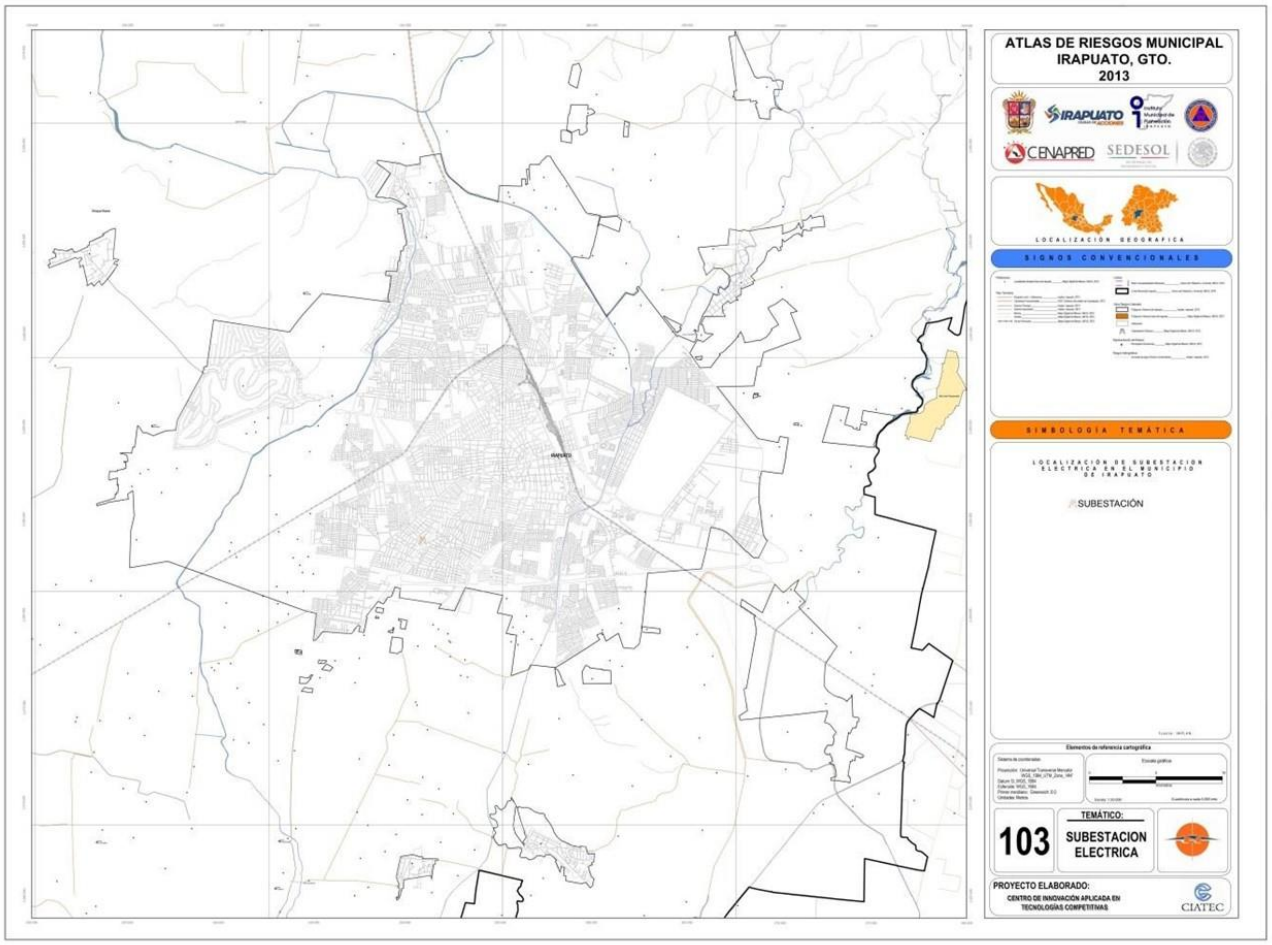


Figura 16. Mapa de la ubicación de la subestación eléctrica del municipio de Irapuato.

La subestación eléctrica ubicada en el municipio de Irapuato forma parte de la infraestructura crítica que permite la transformación y distribución de energía eléctrica hacia distintas zonas urbanas e industriales. Aunque cuenta con cercado perimetral y control de acceso, su ubicación visible y relativa accesibilidad en ciertas zonas del municipio la convierte en un posible objetivo de vandalismo o sabotaje, especialmente en escenarios de conflicto social, manifestaciones o presencia de grupos delictivos

Por su impacto potencial sobre el funcionamiento urbano y la seguridad de la población, la subestación eléctrica debe ser considerada dentro del análisis de riesgo por vandalismo, recomendándose fortalecer sus protocolos de seguridad, videovigilancia y coordinación con autoridades locales.

La figura 9.14 es el mapa de las Instituciones de Gobierno diversas, en este caso en color azul se marcan las oficinas de gobierno como por ejemplo CFE, Secretaría de Hacienda y Crédito Público, DIF, Correos, etc. En color verde las Instalaciones del Ejército Mexicano. Se

ha visto durante la lucha contra el crimen organizado que estas son de las instalaciones más susceptibles de ser atacadas.

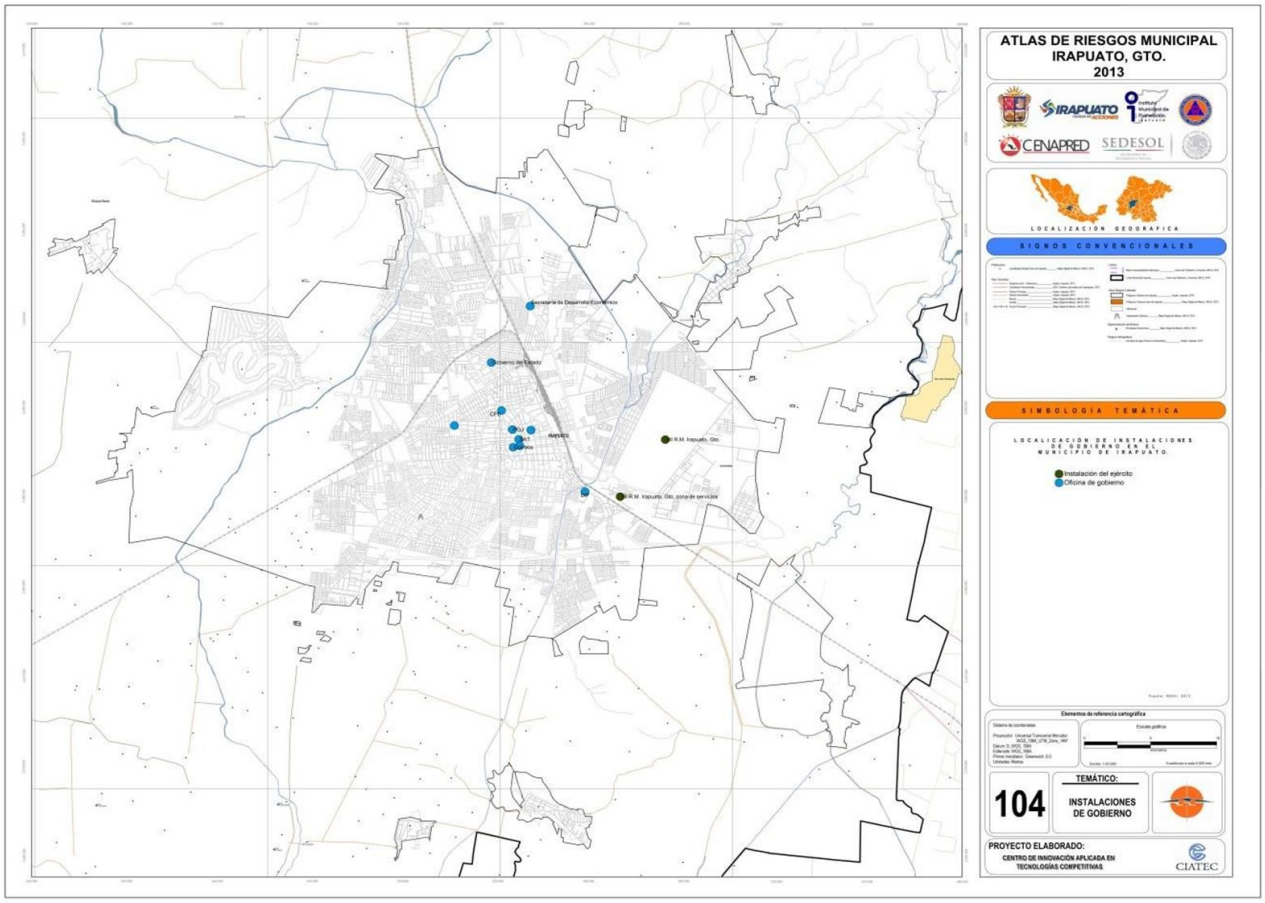


Figura 17. Mapa de las Instalaciones de Gobierno Diversas del municipio de Irapuato.

Este tipo de instalaciones de gobierno representan espacios estratégicos que pueden ser objeto de actos vandálicos, ataques simbólicos o acciones de presión social. Estos inmuebles suelen ser blanco de agresiones durante episodios de inconformidad ciudadana, protestas o conflictos sociales, dada su visibilidad institucional y su vinculación directa con la administración pública o las fuerzas armadas. El vandalismo en estas instalaciones puede incluir daños a la infraestructura, saqueos, incendios menores, pintas o bloqueo del funcionamiento administrativo, afectando la prestación de servicios esenciales para la población.

VII.1 Susceptibilidad a vandalismo

La susceptibilidad al vandalismo en el municipio de Irapuato está estrechamente relacionada con factores sociales, espaciales y económicos que determinan la propensión de ciertas zonas y sistemas urbanos a sufrir actos de daño intencional. Esta categoría de riesgo se manifiesta a través de diversas formas: grafiti no autorizado, daño al mobiliario

urbano, robo de infraestructura, destrucción de propiedad pública y privada, y ataques a instalaciones estratégicas.

De acuerdo con el Atlas Municipal de Riesgos 2023, este menciona que el tema fue abordado considerando que ciertos fenómenos de riesgo también pueden originarse como resultado de acciones deliberadas del ser humano. Estas acciones pueden manifestarse a través de conductas antisociales, actos intencionales como el terrorismo o el sabotaje, o derivarse de negligencias en la operación de sistemas estratégicos. Asimismo, situaciones de concentración masiva de personas pueden generar escenarios propensos a la alteración del orden público o a la comisión de delitos. En este contexto, el análisis se enfocará específicamente en aquellos eventos de origen social, tales como el terrorismo, el sabotaje y la delincuencia organizada, por su capacidad de provocar afectaciones significativas tanto en la infraestructura como en la seguridad de la población.

Dentro de los eventos que se presentaron en el Municipio de Irapuato que se pueden clasificar dentro de este componente, tenemos los listados en la siguiente tabla:

Tabla 21. Motivos de Interrupción de servicios vitales causados por el hombre.

Motivo	Total de Llamadas
Amenaza de bomba	11
Artefacto explosivo	1
Asalto a camión de pasajeros	6
Asalto a camión repartidor	25
Asalto a casa habitación	11
Asalto a comercio o industria	72
Asalto a persona	361
Robo a casa habitación	1210
Robo a comercio o industria	1448
Robo a personas	1493
Robo a vehículo	685
Robo de vehículo	528
Disparo de arma de fuego	591
Fuga de sustancias tóxicas	61
Venta clandestina de droga	251

La Tabla 22 resume los motivos de llamada que, por su naturaleza, pueden estar vinculados con actos vandálicos, especialmente aquellos que implican daño físico a bienes públicos o privados, robo con violencia, agresiones a personas en vía pública o interrupción de servicios o actividades urbanas. Estos datos permiten establecer zonas de atención prioritaria para la prevención y mitigación de este tipo de riesgos sociales.

Tabla 22. Motivos de Llamadas Asociadas a Vandalismo en Irapuato

Motivo	Total de Llamadas	Tipo de Afectación Asociada al Vandalismo
Robo a comercio o industria	1,448	Daño a infraestructura, saqueo, rompimiento de puertas y ventanas
Robo a casa habitación	1,210	Daños estructurales a viviendas; afectación a propiedad privada
Asalto a persona	361	Inseguridad en vía pública; deterioro del espacio urbano
Asalto a comercio o industria	72	Violencia contra negocios; daños colaterales a instalaciones
Asalto a camión repartidor	25	Saqueo y daño a vehículos; agresión en vía pública
Asalto a camión de pasajeros	6	Daños al transporte público; percepción de inseguridad
Asalto a casa habitación	11	Relación indirecta con daño físico a la propiedad
Robo a personas	1,493	Alta incidencia en vía pública; contribuye a entornos propensos a vandalismo
Robo a vehículo	685	Puede implicar daños materiales (cristales, chapas, carrocería)
Robo de vehículo	528	Similar al anterior; en algunos casos implica vandalismo
Venta clandestina de droga	251	Deterioro del entorno urbano; genera espacios controlados por pandillas

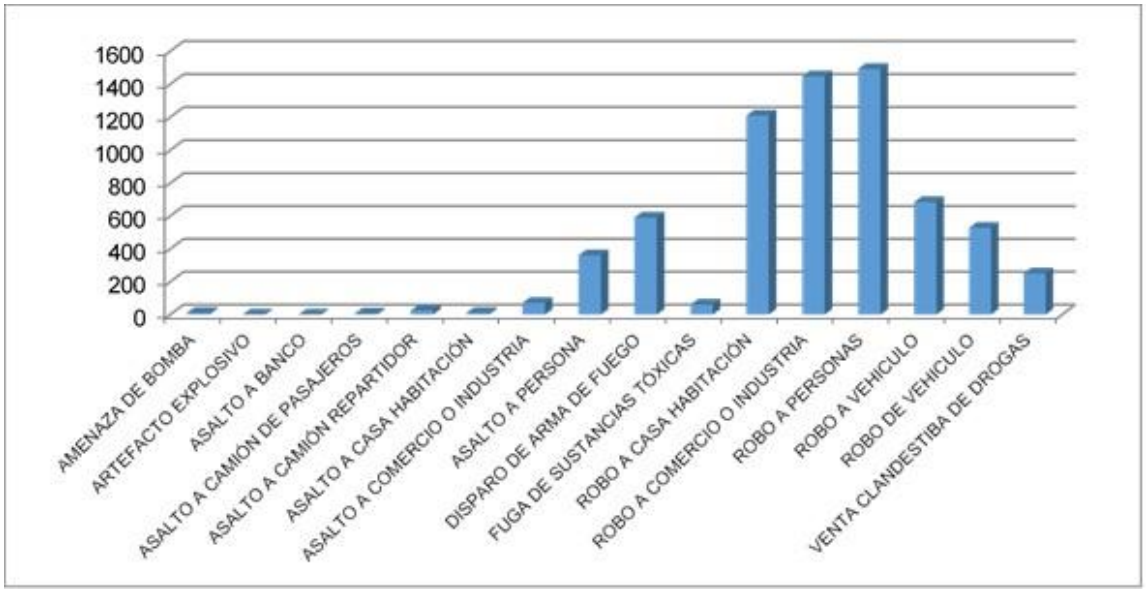
Durante el taller con autoridades municipales, uno de los temas que generó mayor consenso fue la identificación de espacios altamente vulnerables a actos vandálicos. Se destacó particularmente el caso de las casetas de vigilancia municipales, muchas de las cuales presentan una ubicación inadecuada, carecen de condiciones mínimas de seguridad para el personal operativo y, en varios casos, han sido abandonadas y fuertemente vandalizadas, lo que evidencia un deterioro progresivo de la infraestructura destinada a la seguridad pública.

Asimismo, se mencionaron otras instalaciones críticas susceptibles a vandalismo, como las instalaciones de seguridad pública y el CERESO, el cual —según los asistentes— carece de infraestructura suficiente para prevenir actos de sabotaje o ataques dirigidos. Esta situación incrementa los riesgos tanto para el personal como para la infraestructura penitenciaria.

En relación con actos de terrorismo o sabotaje, se identificó como una zona especialmente vulnerable el corredor que conecta la salida hacia Abasolo con la carretera a Romita, donde se encuentra la subestación eléctrica de la CFE y líneas de alta tensión. Estas instalaciones, por su relevancia estratégica y falta de resguardo físico visible, fueron señaladas como puntos críticos ante eventos intencionados.

Este conjunto de observaciones evidencia la necesidad de incorporar no solo criterios técnicos, sino también la experiencia operativa de las autoridades locales para priorizar zonas con alto nivel de exposición a actos vandálicos, de sabotaje o de terrorismo, dentro del análisis del fenómeno sociorganizativo.

Gráfica 6. Motivos del componente Interrupción de servicios causados por el hombre.



Fuente: Central de emergencias 066/2012

Ductos de agua rotos

Servicios vitales interrumpidos por actos vandálicos

Figura 18. Evidencias de vandalismos en la ciudad de Irapuato.

VII.1.1 Asaltos y robos

Uno de los rubros más atendidos por la policía municipal es el de los Asaltos y los Robos (a comercio y a persona). Hay que entender la diferencia entre estos dos términos debido a que legalmente no son lo mismo y la protección en cada caso varía, así tenemos que:

Un "asalto" es un evento que se da en horas hábiles, con gente presente a su alrededor e involucra contacto directo entre la víctima y el asaltante. Normalmente hay violencia o amenaza de violencia, se da en un lapso corto y un factor muy importante implica, en la mayoría de los casos, sorpresa. Este último punto es fundamental, ya que esa "sorpresa" genera mucha tensión tanto en la víctima como en el asaltante, y por eso se convierte en una situación crítica para la vida de la víctima26. Si se utiliza un arma, se denominará asalto a mano armada27.

Un "robo" ocurre en horas no hábiles (cuando no hay nadie en su casa o en un local comercial). La duración del robo es más prolongada y la violencia se ejerce contra objetos o barreras físicas (Puertas, paredes, cajas de seguridad, etc.) valores materiales, no personas.

En el Municipio de Irapuato se tienen registrados una cantidad de 476 asaltos reportados a la autoridad y 5364 robos (Tabla 9.39), siendo este uno de los principales rubros por los cuales la ciudadanía se siente amenazada (ver encuestas de percepción). El 066 hace la distinción, dentro de las llamadas que recibe de asalto, robo a comercio y robo a persona.

Tabla 23. Número de asaltos y robos en Irapuato 2013.

Motivo	Total de Llamadas
Asaltos	476
Robos	5,364

Fuente: Central de emergencias 066/2012

Como se podrá observar el número de robos es mucho mayor que el de los asaltos, dándose a diferentes niveles: a casa habitación, a comercio o industria, a personas, a vehículo y de vehículo. Asimismo, los asaltos están en los siguientes rubros: a banco, a camión de pasajeros, a camión repartidor, a casa habitación, a comercio o industria y a persona.

Según las estadísticas de llamadas al servicio 066, se ofrece a continuación una serie de tablas con las colonias en las cuales se lleva a cabo la mayor parte de los asaltos y robos; se ofrecen por algunos de los diferentes rubros en las que las autoridades municipales las han dividido:

- Asalto a casa habitación
- Asalto a persona
- Asalto a comercio o industria

VII.1.1.1 Asalto a casa habitación

Los asaltos a casa habitación fueron 11 durante 2012, dos de ellos en la zona Centro de la Ciudad de Irapuato, recordemos que se llevan a cabo cuando los habitantes, o al menos uno, se encuentran en el inmueble. Puede estar asociado a lesiones o incluso homicidio. Desafortunadamente no se cuentan con esos datos ya que al momento de registrar la llamada solo queda como Asalto a casa habitación. No fue un rubro con muchos acontecimientos durante el 2012, comparado con el número de robos.

Tabla 24. Asalto a casa habitación por colonia 2012.

Colonia	Total
Zona Centro (Centro Histórico)	2
Aldama (rural)	1
Barrio Nuevo	1
Plazas Las Fracc.	1
Pradera La Fracc.	1
Primero de Mayo	1
Rodríguez Col.	1
Rosas	1
San Martín de Porres	1
24 de diciembre, Col.	1

Fuente: Central de emergencias 066/2012

VII.1.1.2 Asalto a persona

A diferencia de los asaltos a casa habitación, los asaltos a personas son mucho más numerosos, siendo un total de 100. En general éstos se llevan a cabo a mano armada o con objetos punzocortantes por lo que algunos de ellos (no se tiene el dato) pudieran ser con lesiones.

Tabla 25. Asalto a persona por colonia 2012.

Colonia	Total
Álamos, Los	9
Álvaro Obregón	9
Barrio de La Calz. de Guadalupe	9
Reyes, Fracc. Los	9
Benito Juárez (1, 2 Y 3 Secc.)	8
Miguel Hidalgo	8
18 de Agosto	8
Cd. Deportiva, Fracc.	7
Barrio de San José	6
Cantador, Fracc. El	6

Colonia	Total
Solidaridad INFONAVIT	6
Otras	15

Fuente: Central de emergencias 066/2012

En el caso de este tipo de robos, la Unidad de Análisis de la Coordinación de política criminal y prevención del delito UDAI, reporta los delitos patrimoniales registrados del 01 de enero al 15 de Julio del 2013.

Tabla 26. Robo domiciliario 2013.

Sector	Consumado	Frustrado
Guadalupe Victoria	24	7
Mariano J. García	29	7
Chinacos	29	3
Ejército Nacional	11	2
Guanajuato	33	7
Centro Histórico	5	1
Villas de Irapuato	12	1
Sector Oriente	13	3
Sector Rural	16	3
Total	**172**	**34**

Fuente: Central de emergencias 066/2012

VII.1.1.3 Asalto a comercio o industria

El rubro de los asaltos a comercio o industria tiene un total de 72 durante el año 2012, en general se apoderan de dinero, maquinaria y equipo.

Tabla 27. Asalto a comercio o industria por colonia 2012.

Colonia	Total
Álvaro Obregón.	4
Colon, Fracc.	4
Plan Gto. Fracc.	4
Barrio de San Miguel.	3
Reyes, Fracc. Los.	3
Barrio de La Salud.	2
Barrio de San José.	2
Barrio de Santa Julia.	2
Ganadera La.	2
Independencia, Col. (Ranchito).	2
Moderna Col.	2
Renovación.	2
Residencial Campestre.	2

Colonia	Total
Solidaridad INFONAVIT.	2
Zona Centro (Centro Histórico).	2
Otras, Colonias Diferentes Con 1 Robo C/U.	35

Fuente: Central de emergencias 066/2012

En la Figura 19s e observa el mapa referente al número de reportes recibidos a la central de emergencias de 066, de los años 2005 a 2012 y es notorio como la mayor incidencia de reportes se lleva a cabo en la parte central de la ciudad, mostrada con color rojo, donde se tuvieron de 7 a 14 reportes en 18 colonias, seguido por 27 colonias en color naranja que presentan de 4 a 7 reporte; 33 colonias en color amarillo, alejándose hacia las orillas de la ciudad, presentan de 2 a 4 reportes. Los tonos verdes en el mapa, están relacionados con 2 o menos número de reportes de asalto, pero éstos se llevan a cabo en el mayor número de colonias: 501. Esta situación no solo afecta económicamente, pues también la salud psicosocial se ve modificada ante cuestiones de estrés permanente por tan solo circular por ciertos sitios a ciertos horarios.

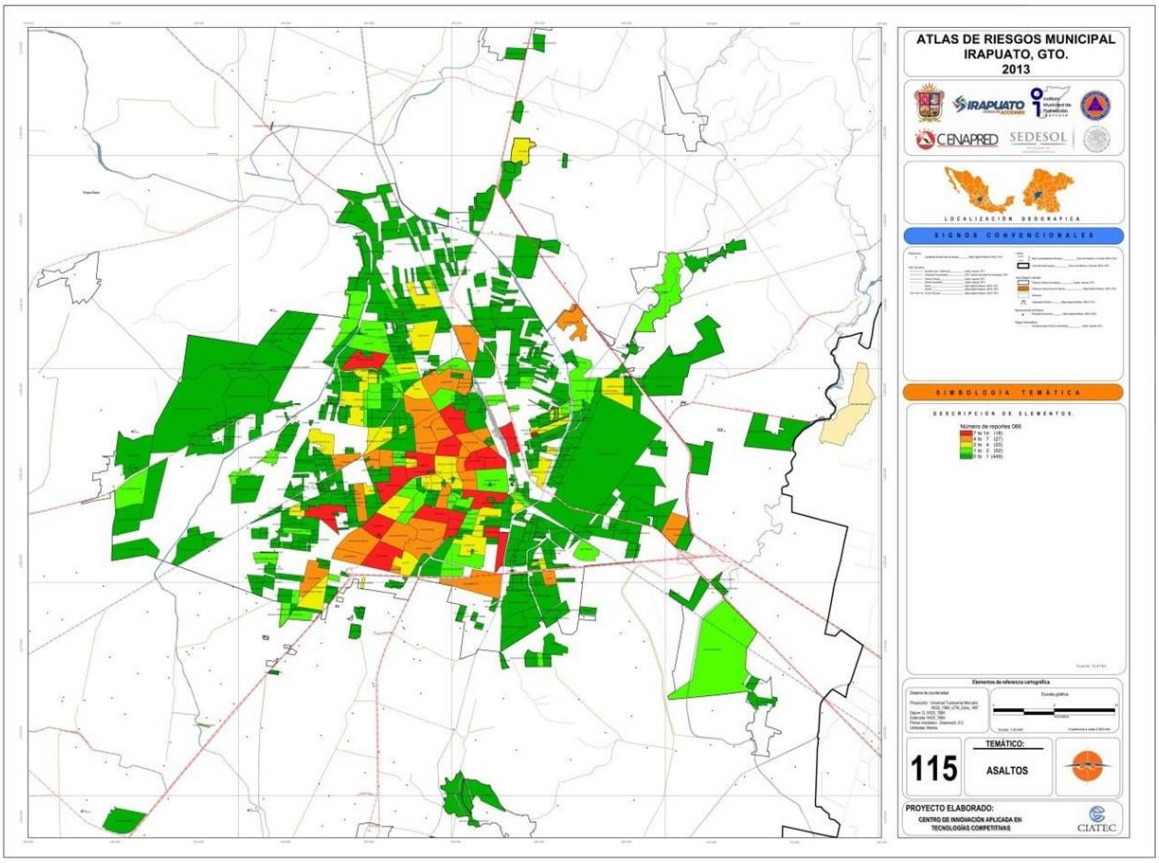


Figura 19. Mapa de asaltos en Irapuato.

VII.1.1.4 Robo a casa habitación

Se contabilizaron un total de 420 llamadas, denunciando este rubro de robo a casa habitación en el 066 durante el 2012. La colonia que más sufrió este tipo de siniestro fue Villas de Irapuato, la cual es de un nivel socio económico más alto, con 33 eventos.

Tabla 28. Robo a casa habitación por colonia 2012.

Colonia	Total
Villas de Irapuato, Fracc.	33
Floresta Fracc.	27
Américas, Las	26
Nuevo México	25
Apatzingan (1, 2 Y 3)	24
Rinconada de Los Fresnos, Fracc.	24
Villas de San Cayetano Fracc.	24
Valle Verde	21
Colon, Fracc.	19
Emiliano Zapata 3ra (Antes La Garrida)	18
Miguel Hidalgo	16
Pradera La Fracc.	15
Rincón de Los Arcos, Fracc.	15
Álamos, Los	14
Eras 2 Las	14
Naranjal El Fracc.	14
Otras	91

Fuente: Central de emergencias 066/2012

VII.1.1.5 Robo a vehículo

El robo a vehículo es uno de los delitos que más se cometen en las ciudades, siendo los acumuladores y neumáticos los que más se roban, así como los equipos de sonido. En la estadística del 066 del 2012 se dieron un total de 528 acontecimientos de este tipo.

Tabla 29. Robo a vehículo por colonia 2012.

Colonia	Total
Américas, Las	41
Plan Gto. Fracc.	26
San Miguel de Villalobos (Rural).	20
Moderna Col.	15
Barrio se San José	14
Viveros Revolución	14

Colonia	Total
Álvaro Obregón	13
Barrio de La Salud	12
Barrio de Santiaguito	12
Barrio de Sta. Julia	12
Rodríguez Col.	11
San Miguelito (1,2 y 3 Secc.)	11
Plazas Las Fracc.	10
Solidaridad INFONAVIT	10
Valle del Sol, Fracc.	10
Benito Juárez (1, 2 y 3 Secc.)	9
Plaza Jacarandas (Soriana)	9
Reynas, Fracc.	9
Zona Centro (Centro Histórico)	9
Otras	8
Copalillo (Rural)	7

Fuente: Central de emergencias 066/2012

Como se puede observar la Col. las Américas y el Fraccionamiento Plan Guanajuato fueron de los más afectados.

Durante el 2013, del 01 de Enero al 15 de julio, la UDAI tiene las siguientes estadísticas de los "cristalazos" reportados:

Tabla 30. Vandalismo por cristalazo a vehículos 2013.

Sector	Consumado	Frustrado
Guadalupe Victoria	25	4
Mariano J García	12	2
Chinacos	15	3
Ejército Nacional	1	6
Guanajuato	12	4
Centro Histórico	12	7
Villas de Irapuato	0	0
Sector Oriente	3	0
Sector Rural	2	0
Total	87	21

Fuente: Central de emergencias 066/2013

En los datos ofrecidos por la UDAI, tiene un total de 122 "cristalazos" para todo el 2012, mientras que para el 2013 ya se cuentan con 108 para solamente la mitad del año, por lo que claramente este tipo de delitos tiende a crecer.

VII.1.1.6 Robo a vehículo

El robo de vehículo es uno de los indicadores de la criminalidad en México. Se puede evidenciar este tipo de actividades con la siguiente noticia del Sol de Irapuato del Primero de Diciembre del 2012. Por otro lado, la UDAI reporta 283 acontecimientos de este tipo durante el 2012 y recaba la siguiente estadística en el periodo comprendido del 01 de Enero al 15 de Julio Del 2013.

Tabla 31. Robo a vehículo 2013.

Sector	Consumado	Frustrado	R	Total
Guadalupe Victoria	31	2	9	42
Mariano J. García	19	2	21	42
Chinacos	12	0	6	18
Ejército Nacional	6	0	2	8
Guanajuato	25	0	16	41
Centro Histórico	13	1	3	17
Villas de Irapuato	0	1	0	1
Sector Oriente	6	0	8	14
Sector Rural	4	0	8	12
Total	116	6	73	195

Fuente: Central de emergencias 066/2013

De acuerdo a lo anterior, se ubicó a los sectores de Guadalupe Victoria, Mariano J. García y Guanajuato como los más conflictivos en este tipo de actividades delincuenciales.

En la Figura 20 se muestra la incidencia de robos por colonias en el municipio de Irapuato en base a las llamadas de la ciudadanía a la central de emergencias 066 en el mismo periodo de tiempo, su puede observar claramente que en apenas 4 colonias, entre ellas la zona centro, se han generado el mayor número de reportes: entre 98 a 245 que se presentan en color rojo; le siguen 36 colonias en color naranja, en las que se reportaron entre 39 a 98 llamadas; en color amarillo, 44 colonias muestran un rango de entre 18 y 39 llamadas y; en color verde claro, se presenta al mayor número de colonias (114) que muestran un menor número de reportes: entre 3 y 18 llamadas; finalmente, en verde obscuro, se muestran a 381 colonias con 0 a 3 llamadas.

Este asunto de tener la zona de casco histórico con la mayor incidencia de robos, va en detrimento con varios fenómenos socioeconómicos positivos: turismo, intercambio de bienes y servicios mercantiles, escuelas y centros de salud entre otros.

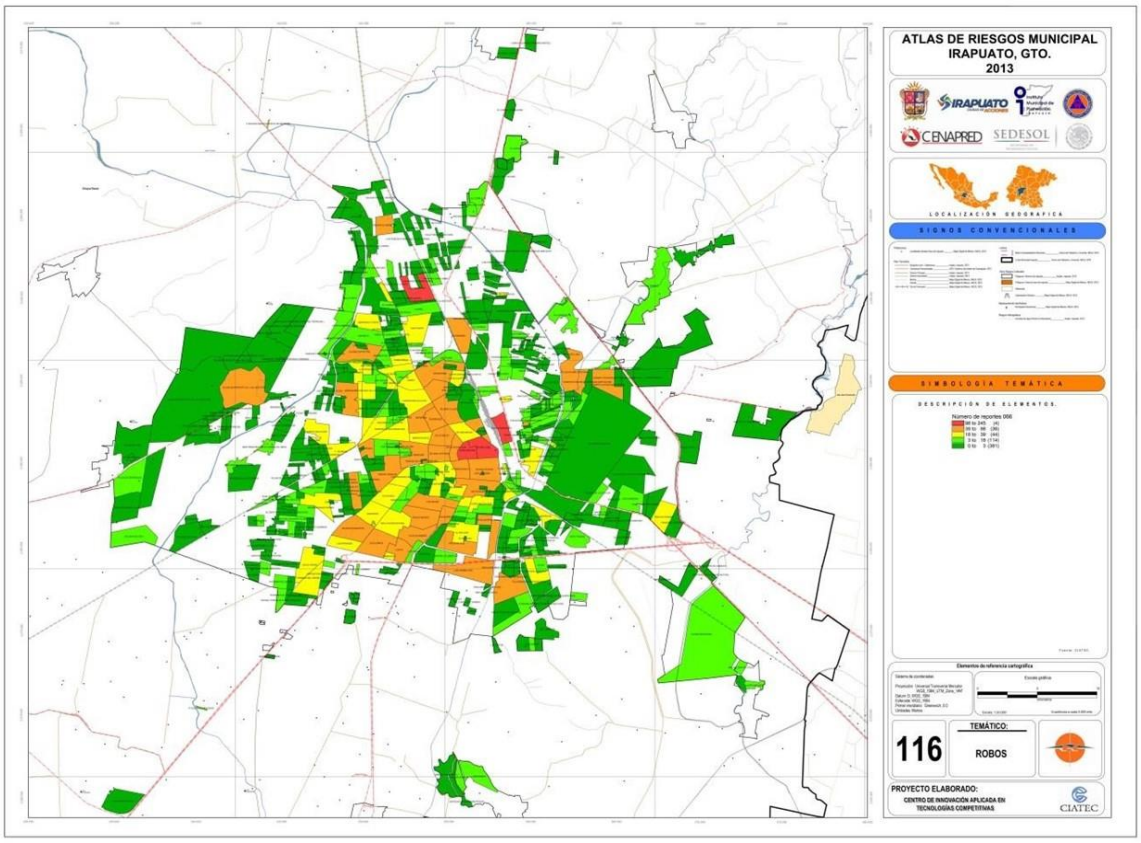


Figura 20. Mapa de robos reportados en Irapuato.

VII.1.1.7 Disparo por arma de fuego

Uno de los rubros con mayor número de reportes relacionados con el fenómeno de vandalismo es el de disparos por arma de fuego, con 591 llamadas registradas. Aunque este tipo de hechos se asocian comúnmente con violencia armada o crimen organizado, también constituyen una forma extrema de vandalismo urbano, en tanto generan daños deliberados al espacio público, alteran el orden social y provocan afectaciones directas e indirectas a la infraestructura, la movilidad y la seguridad de los habitantes.

La creciente presencia de armas en el entorno urbano ha sido alimentada por el tráfico ilegal de armamento desde Estados Unidos hacia México, fenómeno ampliamente documentado por instancias federales. Programas de canje de armas implementados por gobiernos locales y federales han revelado no solo el aumento en la cantidad de armas en circulación, sino también la presencia de armas de alto calibre, muchas de ellas restringidas al uso militar, lo cual agrava la situación.

Los disparos en la vía pública, además de representar un riesgo directo para la población, también generan impactos propios del vandalismo: daños a fachadas, vehículos, mobiliario urbano y espacios comunitarios. Estas acciones intencionadas de violencia —en ocasiones como manifestación territorial de grupos armados o como actos intimidatorios— transforman ciertos sectores urbanos en zonas de alto riesgo, fomentando la sensación de inseguridad, la degradación del entorno y la pérdida de apropiación del espacio público por parte de la ciudadanía.

Por estas razones, los disparos con arma de fuego deben ser considerados dentro del análisis del vandalismo como una de sus manifestaciones más agresivas y socialmente desestructurantes, ya que no solo reflejan la debilidad institucional en materia de seguridad, sino que impactan de forma directa en la calidad de vida y en la percepción de riesgo de la población.

Sin embargo y a pesar de que dicho programa ha tenido cierto éxito, la autoridad no se espera a que la ciudadanía le entregue voluntariamente las armas. El aseguramiento de armas que ha realizado la autoridad competente en Irapuato se ve reflejado en la siguiente tabla de la UDAI:

Figura 21. Aseguramiento de armas 2013.

Sector	Consumado	Fustrado
Guadalupe Victoria	3	1
Mariano J. García	8	0
Chinacos	1	0
Ejército Nacional	0	0
Guanajuato	3	0
Centro Histórico	1	0
Villas de Irapuato	0	0
Sector Oriente	1	0
Sector Rural	7	3
Total	24	4

Fuente: UDAI 2013

Durante el periodo analizado del 1 de enero al 15 de julio de 2013, se registró el aseguramiento de 24 armas de fuego en distintos sectores del municipio de Irapuato. Esta cifra representa un aumento significativo si se compara con el total del año anterior (2012), cuando se reportaron 30 armas aseguradas en todo el año. De mantenerse la tendencia, el año 2013 podría cerrar con un número igual o superior, lo que confirmaría el incremento sostenido en la presencia de armas ilegales en el entorno urbano.

El sector de Mariano J. García encabeza la lista con 8 armas aseguradas, lo que lo posiciona como la zona con mayor concentración de armamento decomisado durante este periodo. Le sigue el sector rural, con 7 armas aseguradas, lo que evidencia que la problemática no se limita a zonas urbanas densas, sino que también se manifiesta en localidades periféricas o de menor control institucional.

Otros sectores con presencia significativa de armas incluyen Guadalupe Victoria y Guanajuato, con 3 aseguramientos cada uno. Sectores como Chinacos, Centro Histórico y el Oriente también presentan registros, aunque en menor escala. En contraste, zonas como Ejército Nacional y Villas de Irapuato no reportaron decomisos durante este periodo.

El hallazgo de armas en estos sectores debe interpretarse como un indicador directo del riesgo social y urbano, ya que su presencia está estrechamente relacionada con actos de violencia, vandalismo armado, pandillerismo y delitos que afectan directamente la infraestructura urbana, los espacios públicos y la percepción de seguridad. La circulación de armas incrementa la probabilidad de que hechos vandálicos escalen en gravedad, pasando de daños menores (como grafitis o destrucción de mobiliario) a agresiones armadas, intimidación de población civil y confrontaciones con fuerzas de seguridad.

Estos datos permiten establecer una distribución geográfica preliminar de la susceptibilidad al vandalismo con componente armado, la cual deberá ser integrada en los mapas de riesgo del presente Atlas para orientar acciones preventivas en materia de seguridad pública y gestión del riesgo social.

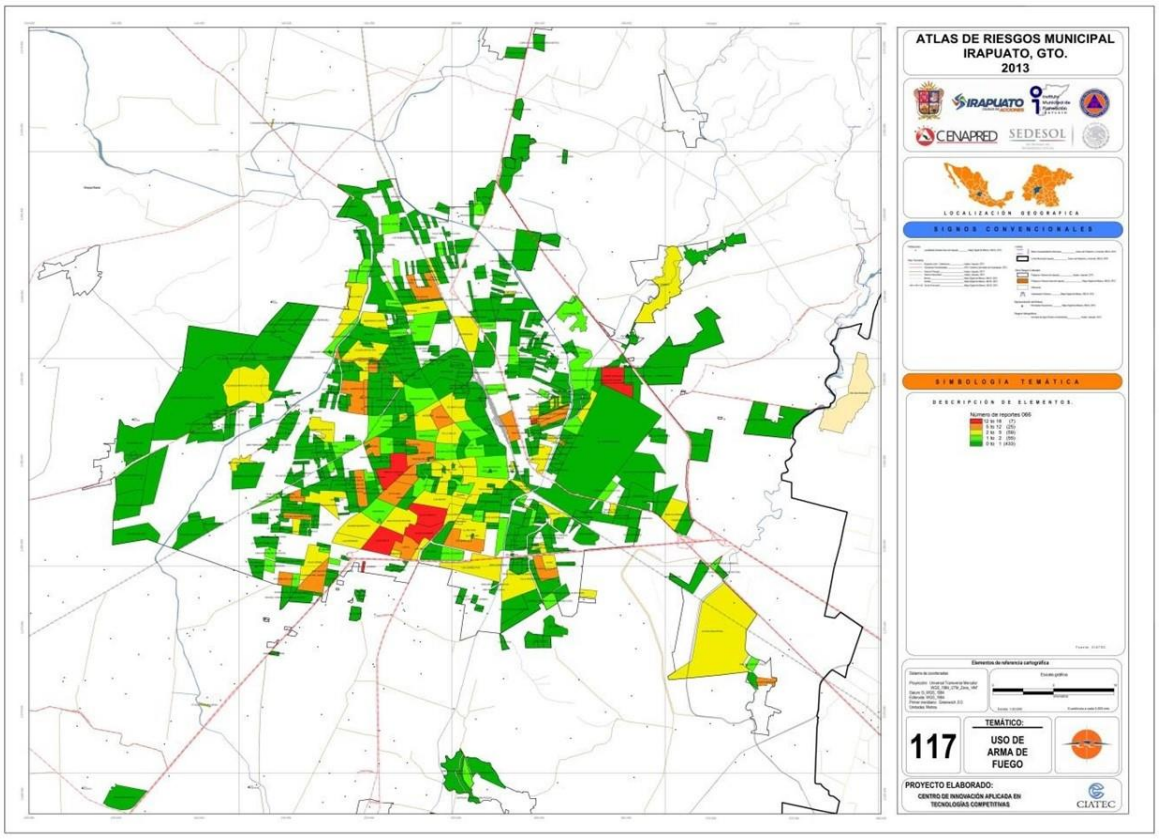


Figura 22. Mapa de uso de arma de fuego en el municipio de Irapuato.

En la Figura 22 se muestra el mapa del municipio con las colonias donde se registraron el mayor y menor número de llamadas a la central de emergencia de 066, bajo el mismo régimen temporal de observación, donde se puede visualizar en color rojo a las colonias con mayor número de reportes y la evidencia que se localizan más hacia las orillas de la ciudad. Por otra parte, en la mayoría de las colonias (433), se reportan una o ninguna llamada relacionada con este motivo.

A pesar de que el fenómeno más fuerte se presenta a las orillas de la ciudad, su mera presencia manifiesta condiciones estresantes para locales y visitantes, con un alto riesgo de pérdida de vida a causa de ello.

La zona roja al sur de la mancha urbana, coincide con la zona de número de reportes altos para riñas campales y comprende a las colonias mostradas en la figura 9.68, realizada con el apoyo del software libre de Google Earth.

Figura 23. Se resalta la zona de coincidencia de número alto de reportes por uso de arma de fuego y riñas campales presentado más delante.

VII.1.1.8 Venta clandestina de droga

Los intensos niveles de violencia asociados al narcotráfico, especialmente en países afectados por la producción, tránsito y tráfico de drogas ilegales, como el nuestro, han sido el factor principal de alarma que ha llevado a las autoridades del más alto nivel a involucrarse de manera más activa en el control, manejo de la seguridad social relacionada a este rubro y el muy actual debate sobre la despenalización de alguna, como la Cannabis.

Por otro lado, la presencia de puntos de venta de droga, muchas veces asociados a grupos delictivos o pandillas locales, va acompañada de una serie de comportamientos vandálicos que deterioran la infraestructura urbana y alteran la vida cotidiana de los habitantes. Entre las manifestaciones más comunes vinculadas a estos espacios se encuentran:

- Pintado de grafitis o "marcas territoriales" que indican el control de zonas por parte de grupos delictivos.
- Afectación a la propiedad pública y privada, como destrucción de luminarias, bancas, cámaras de vigilancia y mobiliario urbano.
- Aumento de robos a transeúntes, especialmente en zonas donde los consumidores y vendedores se congregan.

- Amenazas o agresiones físicas a vecinos que denuncian o se oponen a la operación de estos puntos.

Adicionalmente, estas zonas suelen registrar baja participación comunitaria, poca vigilancia institucional y deterioro progresivo de los servicios urbanos, lo que facilita la consolidación de contextos de alta vulnerabilidad al vandalismo y la criminalidad organizada.

En los últimos años, comenta el reporte sobre "El problema de las drogas en las Américas", de la Organización de los Estados Americanos,32 "se ha logrado un mejor entendimiento de muchos factores relacionados con la iniciación y consumo continuo de drogas, así como un mayor conocimiento científico sobre los factores de riesgo que contribuyen a explicar por qué una minoría de usuarios eventualmente desarrolla un consumo problemático", asociado a una problemática social creciente, la cual involucra situaciones de peligro.

También se entiende mejor el contexto y las normas sociales en las que es más probable que la dependencia a las drogas se desarrolle y genere daños a las personas y a la comunidad en general. La venta clandestina de droga se presenta en Irapuato al igual que en todas las ciudades del estado de Guanajuato.

Existe una creciente preocupación por los medios de comunicación, incluyendo a las redes sociales, sobre el tema, y es por ello que cada vez sabemos más sobre la problemática social y económica asociada a la drogadicción. Estos medios dan cuenta de un mundo mucho más consciente de la violencia y del sufrimiento relacionado con el problema de las drogas. Existe un mayor conocimiento de los costos humanos y sociales no solo del consumo sino también de la producción y del tránsito de sustancias controladas.

Aledañamente se ha hecho evidente la enorme estructura económica ilícita promovida por las ganancias del negocio ilegal de las drogas. Un negocio y unas ganancias que distorsionan las economías, enriquecen y empoderan al crimen organizado y generan corrupción en el sector público33.

En ese escenario es que se contextualiza el peligro, por una parte el crimen organizado puede llevar cabo, dentro de su acciones por el poder, interrupción de servicios vitales a

través de actos vandálicos como agresión a instalaciones de fuerzas de seguridad como casetas de vigilancia, oficinas de la policía municipal, instalaciones de medios de comunicación, etc, y por otra, el control de territorios pueden desencadenar riñas campales, agresiones por arma de fuego, robos y asaltos, y otros.

Como se podrá observar se trata de un sistema complejo en el que todos los elementos se encuentran interconectados y aunque se han acotado los motivos al componente que se está desarrollando, Interrupción de servicios vitales causados por el hombre, también se comparte con el de Concentración masiva de personas.

A continuación, se ofrecen las estadísticas que las autoridades del Municipio de Irapuato han generado a través de la atención a la problemática relacionada con la venta clandestina de drogas.

Tabla 32. Sitios de reporte de venta clandestina de droga.

Colonia	Total de Llamadas
Álvaro Obregón	8
Purísima del Jardín Poblado	7
Américas, Las	6
Bajada San Martin	6
18 de Agosto	6
Barrio Nuevo	5
Nuevo México	5
U.C.O.P.I.	5
Álamos, Los	4
Barrio de La Calz. de Guadalupe	4
Barrio de La Salud	4
Barrio de San Cayetano	4
Rancho Grande (Rural)	3
San Gabriel 2	3
Santa María	3
Valle Verde	3
Aldama (Rural)	2
Apatzingán (1, 2 Y 3)	2
Barrio de San Vicente	2

Fuente: Central de emergencias 066/2013

En la Figura 24, se ilustran las llamadas realizadas al número de emergencias 066, en el lapso temporal semejante, relacionadas con la de venta clandestina de droga; en color rojo, con el rango más alto encontramos de 5 a 8 llamadas, en naranja de 3 a 5 llamadas, en amarillo de 2 a 3, en verde claro de 1 a 2 y en verde obscuro, en donde no se han realizado reportes o se ha realizado uno solo.

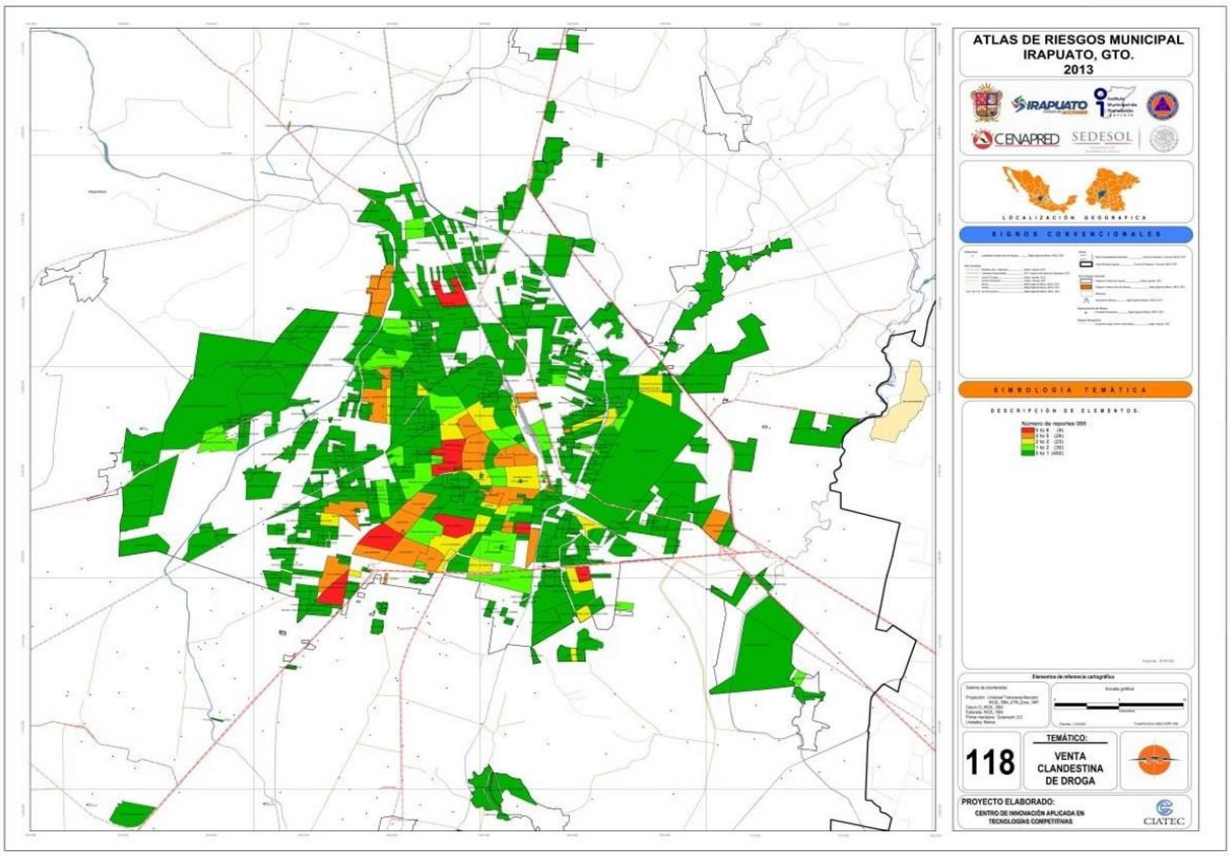


Figura 24. Mapa de venta clandestina de droga en el municipio de Irapuato.

Resalta de nuevo el área de la periferia del centro como aquella de mayor incidencia del fenómeno y parte de los previos pudieran estar altamente correlacionados con esto; por ejemplo, es evidente la coincidencia de reportes por uso de arma de fuego, venta clandestina de droga y riñas campales en las colonias mostradas en la siguiente composición fotográfica con el software libre de Google Earth.

Figura 25. Coincidencia de zona con la problemática descrita.

VII.1.1.9 Grafiteros

En el municipio de Irapuato, la actividad de grafiteros ha sido identificada recurrentemente como una manifestación visible del vandalismo urbano, especialmente en zonas con altos índices de deterioro social, abandono institucional o presencia de pandillas. Si bien el grafiti puede tener expresiones culturales o artísticas, en el contexto del presente análisis se hace referencia al grafiti con connotaciones delictivas, usado como herramienta de marcaje territorial, intimidación o descomposición del entorno.

Entre los sitios que más reportan actividad de grafiteros, se destacan:

- Casetas de vigilancia: muchas han sido abandonadas o vandalizadas, convirtiéndose en lienzos para mensajes amenazantes o simbología de grupos delictivos.
- Puentes peatonales y vehiculares: especialmente aquellos que cruzan vialidades primarias, donde los grafitis son visibles y frecuentes.
- Escuelas públicas en zonas de alta marginación: se han documentado fachadas con pintas asociadas a pandillas locales.
- Instalaciones deportivas y parques urbanos, como la Deportiva Sur, Deportiva Norte y algunas plazas comunitarias en sectores periféricos.
- Mobiliario urbano (paradas de autobús, señalética, postes, bardas perimetrales), que refleja no solo la acción del grafitero, sino también la ausencia de mantenimiento y vigilancia institucional.
- Mercados y tianguis: al cerrar, sus cortinas metálicas y muros laterales suelen ser pintados durante la noche.

Estos espacios comparten ciertas características que facilitan la acción vandálica: alta accesibilidad, poca vigilancia nocturna, escasa iluminación y bajo uso ciudadano en determinados horarios. Además, muchos de estos puntos coinciden con áreas donde se reportan otros delitos como venta clandestina de drogas, robo a transeúnte y presencia de pandillas, lo que refuerza la idea de que el grafiti vandálico es parte de un ecosistema urbano degradado.

La presencia constante de grafiti no solo deteriora visualmente el entorno, sino que también incrementa la percepción de inseguridad, fomenta la apropiación simbólica del espacio por parte de actores delictivos y disminuye el uso ciudadano de los espacios públicos.

En sentido estricto del componente que nos ocupa, los grafiteros solo deberían de ser citados cuando llevan a cabo las pintas en un mitin o en una manifestación, sin embargo, las estadísticas no distinguen esas actividades, por lo que los consideraremos ya que la percepción de la ciudadanía es que se trata de personas que pueden estar dentro de actividades delincuenciales y/o ser pandilleros.

Esta actividad daña el tejido social ya que las personas se sienten menos seguras en sitios grafiteados, además de que tiene un impacto económico directo para los dueños de los inmuebles que son constantemente dañados por este tipo de actividad. En ocasiones los grafitis son señalamientos de límites de pandillas.

En la siguiente tabla solo se muestran las colonias que más llamadas han realizado al 066 para pedir la atención a dicha problemática:

Tabla 33. Sitios que más reportan la actividad de los grafiteros.

Colonia	Total
Naranjal El Fracc.	11
Zona Centro (Centro Histórico)	11
Colón, Fracc.	10
Barrio de la Calz. de Guadalupe	9
Barrio de San Vicente	9
Playa Azul	9
Valle del Sol, Fracc.	9
Barrio de San José	8
Reyes, Fracc. Los	8
San Miguelito (1,2 y 3 Secc.)	8
Barrio de San Miguel	**7**
Nuevo México	**7**

Fuente: Central de emergencias 066/2013

Como se puede observar en la Figura 26 la mayor concentración de reportes a 066 (de 7 a 11 llamadas) de grafiteros, en el periodo 2005-2012, corresponde a la zona centro y se muestra en color rojo; el color naranja muestra espacios con un rango de llamadas por este tema entre 4 y 7; el color amarillo, representa espacios con una frecuencia de 2 a 4 llamadas; los espacios verde claro, tuvieron en el periodo de 1 a 2 llamadas y; los espacios verde obscuro, tuvieron de 0 a 1 llamadas.

Una irrupción de esta naturaleza al bien público, evidentemente no puede estar ajena de las otras causas de delincuencia antes referidas. Es evidente como la composición

fotográfica mostrada en las figuras anteriores, muestra la coincidencia para problemática de uso de arma de fuego, riña campal, venta clandestina de droga y grafiti.

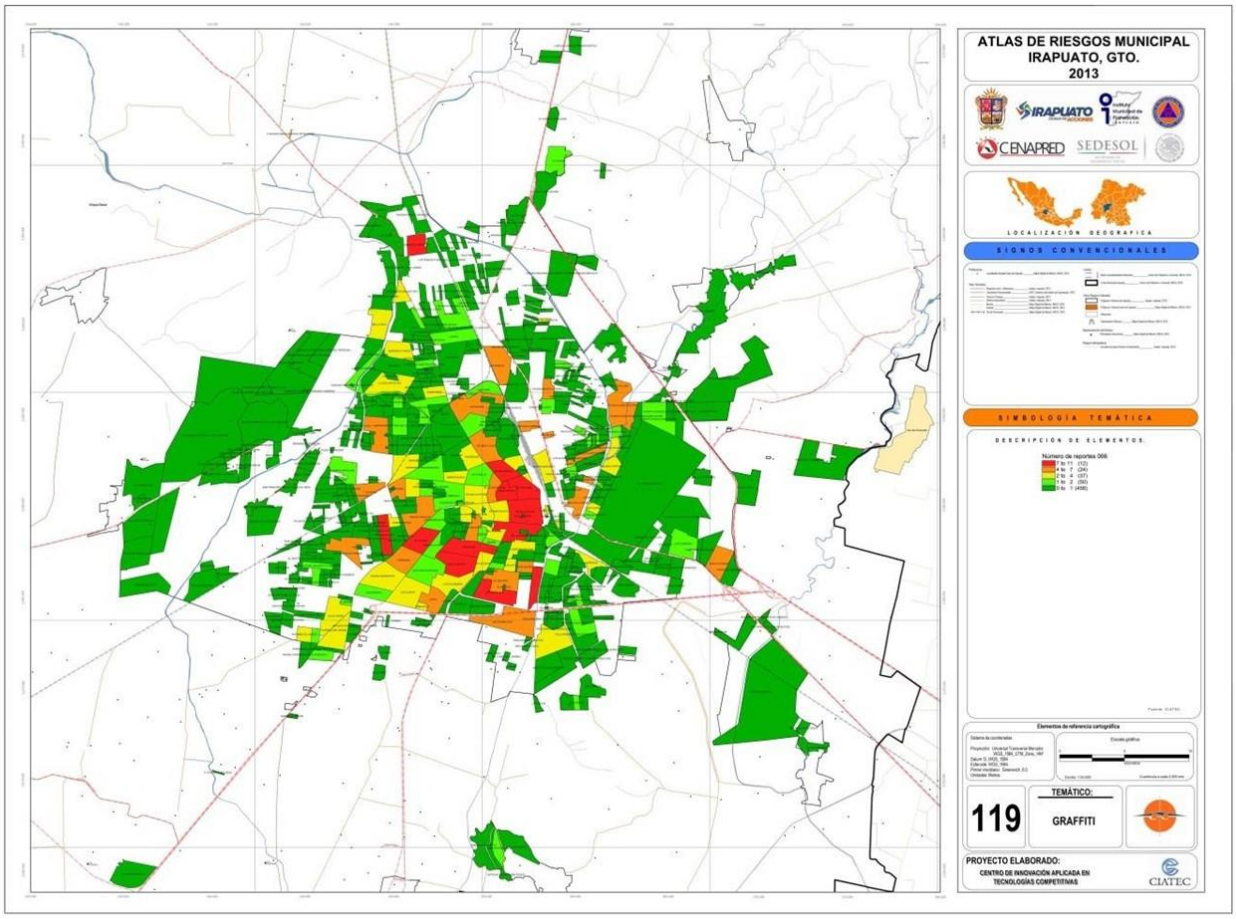


Figura 26. Mapa de colonias con problemas de grafitti en el municipio de Irapuato.

VII.1.1.10 Riña campal

Por definición una riña campal es una pelea en la vía pública en la cual intervienen un número grande de personas. Bajo este rubro se clasifican todas las riñas, sean de pandillas o no, aunque se sabe que un alto porcentaje de las mismas si corresponden a pleitos entre diferentes pandillas. Por otro lado, estas se desarrollan en espacios públicos y representan un claro riesgo a la seguridad comunitaria. Estos eventos no sólo generan lesiones físicas y alteraciones al orden social, sino que también suelen derivar en actos vandálicos que afectan mobiliario urbano, infraestructura pública, vehículos, viviendas y comercios cercanos.

Tabla 34. Sitios reportados con riñas campales

Colonia	Total
Bajada San Martin	137
Nuevo México	110
Purísima del Jardín Poblado	68
Eras 2 Las	66
Lupita, La	66
12 de Diciembre	66
Apatzingán (1, 2 y 3)	62
Américas, Las	60
San Martin de Porres	60
Álamos, Los	58
Playa Azul	54
Barrio de La Salud	53
Emiliano Zapata 3ra (Antes La Garrida)	53
Valle Verde	47
U.C.O.P.I.	46
Santa María	44
Barrio de La Calzada de Guadalupe	43
San Miguelito (1,2 y 3 Secc.)	42
San Juan de Retana	41
Independencia, Col. (Ranchito)	30
Carmen (Rural)	29
San Roque (Rural)	27
Lo de Juárez (Rural)	25
Cuchicuato (Rural)	23
Viveros Revolución	21
Milagro Col. (Zapote Del Milagro)	20
Barrio de Sta. Anita	19
Zona Centro (Centro Histórico)	18
Barrio de San Cayetano	17
San Cristóbal (Rural)	16

En el municipio de Irapuato, los datos recopilados (Tabla 34) muestran una alta incidencia de riñas campales en diversas colonias urbanas y rurales. La información indica que, entre las zonas con mayor concentración de estos eventos, destacan:

- Bajada San Martín con 137 eventos, la colonia con mayor número de reportes.

- Nuevo México con 110 riñas, seguido por Purísima del Jardín Poblado (68), Las Eras 2, La Lupita y 12 de Diciembre, cada una con 66 casos.
- Otras colonias relevantes por su frecuencia son Apatzingán (1, 2 y 3) con 62 eventos, Las Américas (60), San Martín de Porres (60) y Los Álamos (58).

Estas zonas no sólo presentan un alto número de enfrentamientos, sino que también coinciden con áreas donde se reportan actos de vandalismo como grafiti, daños al mobiliario urbano, consumo y venta de sustancias ilícitas, y deterioro de espacios públicos. La frecuente ocurrencia de riñas en estas colonias indica una combinación de factores de riesgo, como la falta de vigilancia institucional, escasez de espacios recreativos adecuados, conflictos territoriales y presencia de pandillas.

También es importante señalar que algunas zonas rurales, como San Roque (27), Carmen (29), Cuchicuato (23), Lo de Juárez (25) y San Cristóbal (16), también reportan eventos de este tipo, lo que evidencia que el fenómeno no está restringido al ámbito urbano y que las dinámicas de violencia social y vandalismo también se reproducen en comunidades periféricas.

Estas riñas, además de las consecuencias inmediatas en la seguridad de los participantes y la comunidad, contribuyen a una percepción de inseguridad y al deterioro del entorno físico, lo cual afecta la cohesión social y limita el uso seguro de los espacios públicos.

En la Figura 27 se aprecia el mapa con la ubicaciones de las colonias que más reportes tienen en el número de emergencia 066, en el mismo periodo de tiempo de observación, en cuanto a riñas campales, en color rojo la mayor cantidad en un rango de 41 a 137 llamadas representadas en color rojo, a su vez, en color naranja, se representan reportes en un rango de 16 a 41; por su parte, el color amarillo representa zonas con frecuencias de llamadas entre 6 y 16; a su vez, el color verde claro representa frecuencias de llamadas en el rango de 1 a 6 y; finalmente, color verde obscuro, representa frecuencias de llamadas por el tema de riña campal, en un rango de 0 a 1.

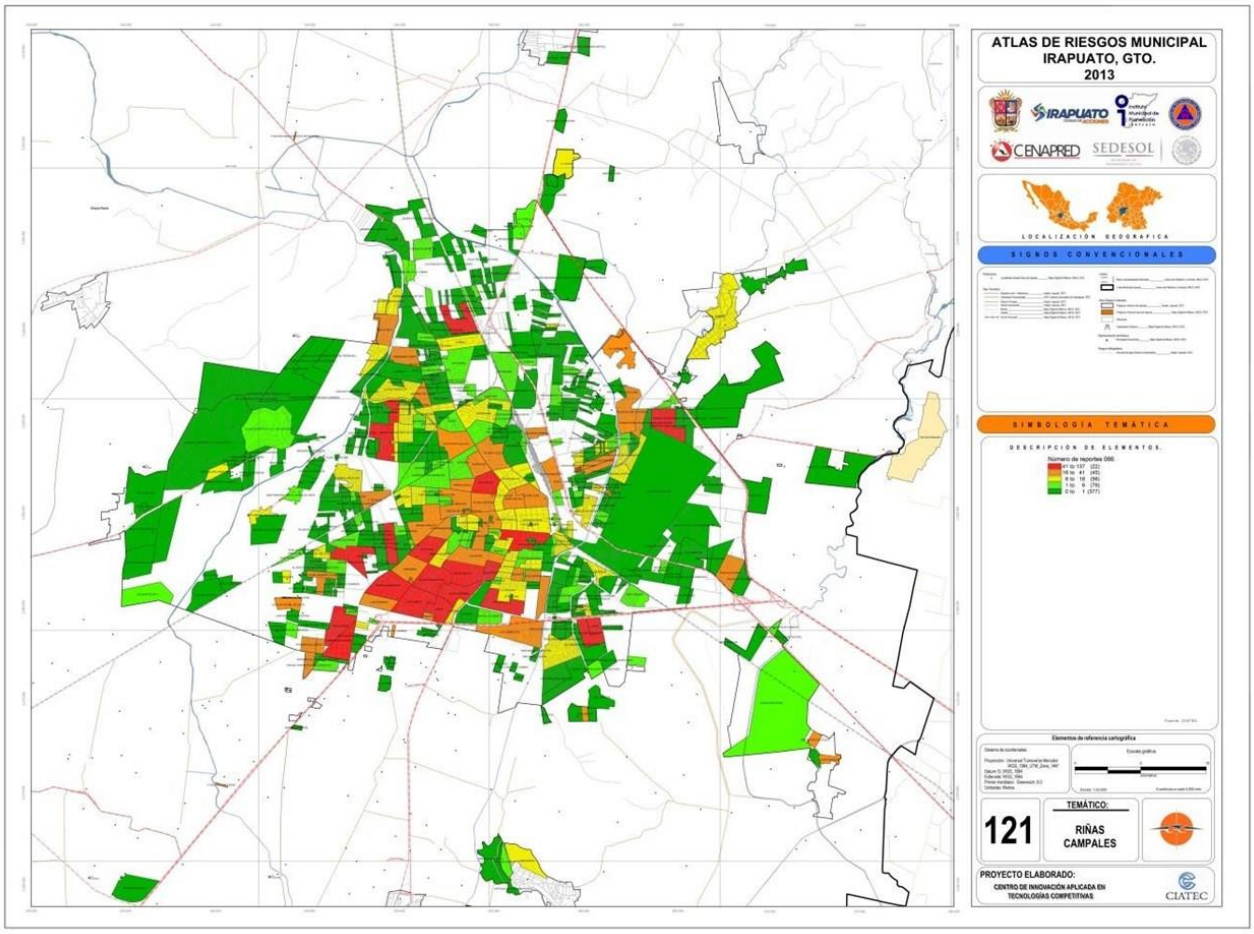


Figura 27. Mapa de riñas campales en el municipio de Irapuato.

Figura 28. Ubicación de colonias con pandillerismo.

La autoridad tiene registrados un total de 36 grupos con un aproximado de 1580 integrantes más unos 200 más pertenecientes a subgrupos, que pueden ser de menores de edad o mujeres. Algunas de esas pandillas controlan zonas grandes como la "Sureños 13" que se encuentran en 15 diferentes colonias,41

Los datos que el Municipio de Irapuato ha ido recabando a través del tiempo de las pandillas que se encuentran en las diferentes colonias de la parte urbana y de la rural se encuentran, junto con el tipo de delitos que cometen, en la siguiente tabla:

Tabla 35. Sitios con presencia de pandillerismo.

Sureños 13	18 de agosto	ISSSTE y Gob. Del Estado	Robo a transportistas (público y privado)
Norteños 22	Emiliano zapata		Riñas por lo regular fines de semana con los sureños de la UCOPI
Latinos	Infonavit	Chihuahua y Durango	Probable venta y consumo de drogas, robo a transeúnte, cadeneros, cristaleros y robo a negocios en avenida Guanajuato
Porros	San juan de Retana	Cafetales y plaza del CEDECOM	Robo a comercio informal (tianguistas), riña con pandillas de la col. Nuevo México
Presos	La ganadera	Camelina y sicomoro, abeto y peral	Consumo de drogas, riñas con sureños del Peral y privada Chopo
Vagos	Purísima del jardín	Clavel y girasol	Robo a estudiantes de la sec. Tec. 60 y riñas con sureños de valle verde
Sureños	Valle verde		Riñas y consumo de drogas
Porros	La florida		Riña con colonias el Zapote y El Milagro
Pachorras	Benito Juárez	Plazuela Arcadia Ramírez	Robo a casa habitación, portación de armas de fuego y riñas con los sureños de la Playa Azul y San Miguelito
Vatos locos	San Martín de Porres	San Sebastián	Riñas con la col. San Miguelito
Playboys	Lucio cabañas		Riñas con la col. Che Guevara y robo en Motocicleta
Latinos	Che Guevara		Consumo de drogas, robo en general y riñas con las col. Lucio Cabañas y 24 de Diciembre
Jangts 13	Bellavista	Cascada de las flores esq. Cascada de aguas cristalinas	Robo a casa habitación, consumo de drogas y riñas con los Anarquistas de la col. Cobos
Sureños 13	Las américas		Robo al ferrocarril y consumo de drogas
Presos	San Gabriel 1ra. y 2da. Sección	Constituyentes y Felipe Ángeles	Portación de armas de fuego, consumo de drogas, cristalazos

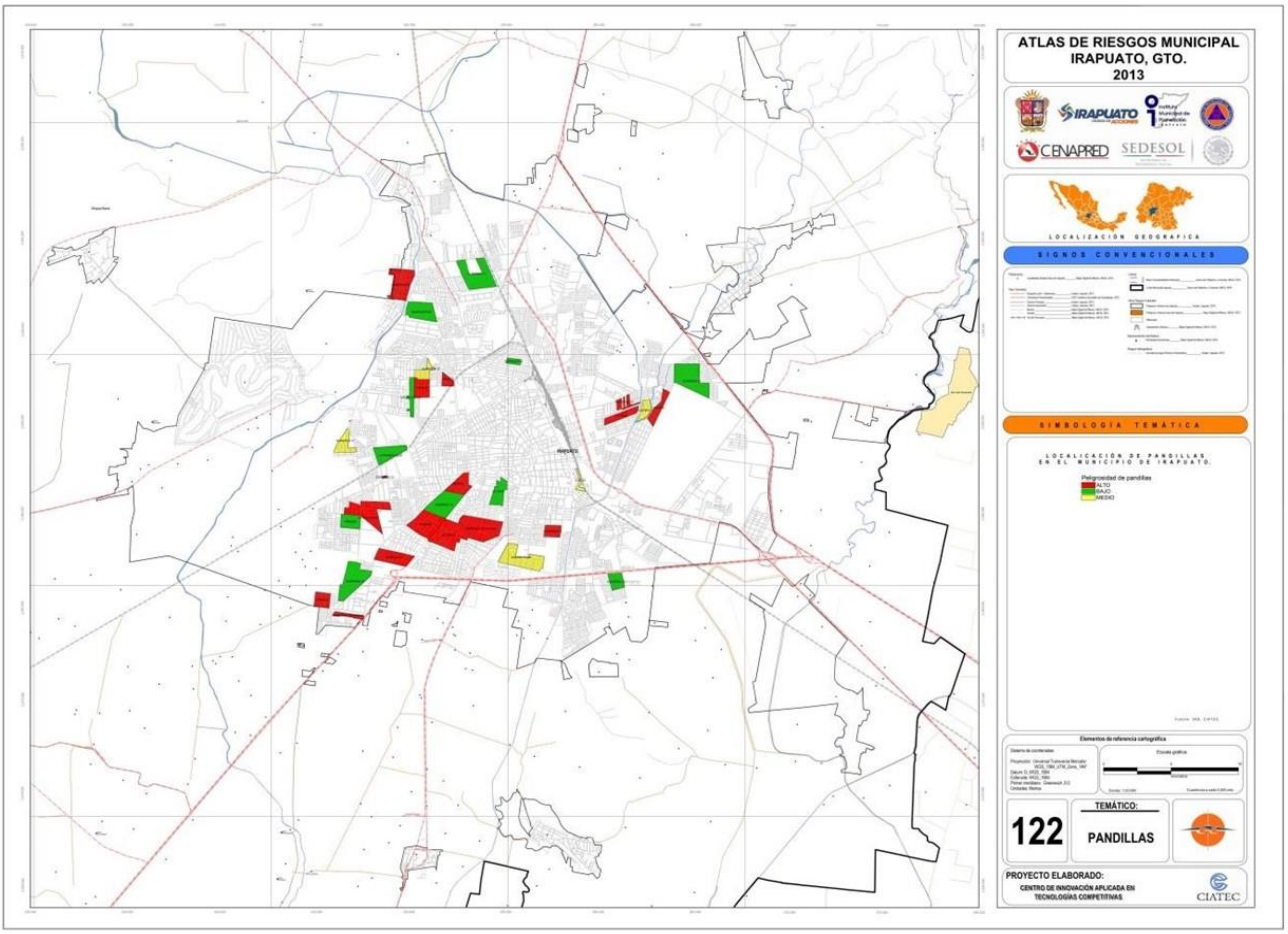


Figura 29. Presencia de Pandillerismo en la ciudad.

En el municipio de Irapuato, se ha identificado una presencia significativa de grupos delictivos o pandillas urbanas, cuyas actividades están directamente relacionadas con actos vandálicos, violencia social, delitos patrimoniales y deterioro del entorno urbano. A partir de información recopilada por autoridades de seguridad y talleres de consulta con funcionarios locales, se han documentado diversos focos de conflicto, asociados a enfrentamientos entre pandillas, consumo y venta de drogas, robo a transeúntes, estudiantes y viviendas, así como portación de armas.

VII.1.2 Vulnerabilidad por vandalismo

Dentro de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos (CENAPRED, 2006) se menciona la Vulnerabilidad como la "susceptibilidad o

propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas".

En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social.

Para poder estimar la vulnerabilidad social asociada a desastres según la definición anterior, se usó la metodología sugerida por el CENAPRED, la cual se divide en tres partes:

- la primera permitirá una aproximación al grado de vulnerabilidad de la población con base en sus condiciones sociales y económicas, la cual proporcionará un parámetro para medir las posibilidades de organización y recuperación después de un desastre.
- La segunda parte permitirá conocer la capacidad de prevención y respuesta de los órganos responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación.
- Y, la tercera, se enfocará a la percepción local del riesgo que se tenga en el municipio, lo que permitirá planear estrategias y planes de prevención.

A continuación, se describe la manera en que se obtuvieron los resultados para cada una de las tres etapas, en donde al resultado de la primera (características socioeconómicas) le correspondió un peso del 50%, la segunda (capacidad de prevención y respuesta) tuvo un peso del 25%, mientras que la tercera (percepción local de riesgo) le correspondió un peso de 25%.

Entonces:

$$\boldsymbol{GVS = (R1 * 0.50) + (R2 * 0.25) + (R3 * 0.25)}$$

Dónde:
GVS = Grado de vulnerabilidad social asociada a desastres
R1 = Resultado de los indicadores socioeconómicos
R2 = Resultado del cuestionario de capacidad y respuesta
R3 = Resultado del cuestionario de percepción de riesgo

Al resultado final se le asignarán valores a través de los cuales se establecerá un grado de vulnerabilidad social que se dividió en 5 categorías, que abarcaron desde muy alto hasta muy bajo grado de vulnerabilidad, según la metodología del CENAPRED.

El conocer la vulnerabilidad social es parte medular para evaluar la magnitud y el impacto de futuros eventos antropogénicos y naturales, ya que ésta tiene una relación directa con las condiciones sociales, la calidad de la vivienda y la infraestructura, el grado educativo y en general el nivel de desarrollo del municipio.

VII.1.2.1 Primera Etapa: Grado de vulnerabilidad social con base en sus condiciones sociales y económicas.

Para evaluar esta primera etapa del grado de vulnerabilidad se tomaron como indicadores aquellos parámetros socioeconómicos recogidos durante el censo de población y vivienda 2010, los parámetros que se eligieron se dividen en cinco grandes categorías: salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población, ya que éstos influyen directamente sobre las condiciones básicas de bienestar y de desarrollo de los individuos y de la sociedad en general. Estos indicadores se enfocan principalmente a la identificación de las condiciones que inciden e incluso acentúan los efectos de un desastre. La vulnerabilidad social es una condición íntimamente ligada a las capacidades de desarrollo de la población.

En la siguiente tabla (9.22) se pueden observar los porcentajes y variables a usar en el cálculo de la primera etapa de vulnerabilidad social

Tabla 36. Porcentaje de diferentes variables socioeconómicas de la población de Irapuato.

Sector	Variable/componente	%
Salud	Porcentaje de la población no derechohabiente	35.5%
	Tasa de Mortalidad Infantil	1.22%
Educación	Porcentaje de analfabetismo	7.2%
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela.	94.3%
	Grado promedio de escolaridad	8.5
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	20.3%
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	5.6%
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	0.9%
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	1.5%
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	3.5%
	Déficit de vivienda	1.5%
	Porcentaje de la PEA que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	20.6%
	Razón de dependencia	57.5%

Sector	Variable/componente	%
Empleo e ingresos	Tasa de desempleo abierto	5.4%
Población	Densidad de población	165 hab/Km^2
	Dispersión de población	9%
	Porcentaje de población de habla indígena	22.86%

A su vez, estas cinco grandes categorías de indicadores presentaron varios componentes, tres indicadores se refieren a la salud, tres se refieren a la educación, seis para la vivienda, tres para empleos e ingresos y tres para población, teniendo en total 18 indicadores mostrados en una serie de tablas para describir cada indicador y los valores establecidos para calcular su condición de vulnerabilidad.

En la Tabla 37 se presentó la evaluación de los componentes de Salud. Nótese que dependiendo del porcentaje que arroja el censo para el componente o variable analizada, comparando con los valores de los intervalos, se saca la calificación para la condición de vulnerabilidad en dicha variable. Así tenemos que para los componentes de salud, el valor total es de 0.25.

Tabla 37. Calificación por indicador socioeconómico.

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
Salud	Porcentaje de la población no derechohabiente	De 17.63 a 34.10	Muy baja	0	0.25
		De 34.11 a 50.57	Baja	0.25	
		De 50.58 a 67.04	Media	0.5	
		De 67.05 a 83.51	Alta	0.75	
		83.52 o más	Muy alta	1	
	Tasa de Mortalidad Infantil	De 17.2 a 27.1	Muy baja	0	0
		De 27.2 a 37.0	Baja	0.25	
		De 37.1 a 47.0	Media	0.5	
		De 47.1 a 56.9	Alta	0.75	
		57.0 o más	Muy alta	1	
Total Salud					0.25

El siguiente indicador es el de Educación, el cual presento los componentes o variables siguientes: Porcentaje de analfabetismo, porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela y grado promedio de escolaridad.

Estas variables son importantes para medir el grado de vulnerabilidad debido a que a un mayor grado de escolaridad se ha observado que las personas son más conscientes de los riesgos en los que viven y están mucho más dispuestas a actuar en consecuencia: resguardarse, seguir las instrucciones de la autoridad y comprender más claramente el peligro que enfrentan, entre otras conductas positivas para la sobrevivencia.

Tabla 38. Calificación por indicador socioeconómico.

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07 a 15.85	Muy baja	0	0
		De 15.86 a 30.63	Baja	0.25	
		De 30.64 a 45.41	Media	0.5	
		De 45.42 a 60.19	Alta	0.75	
		60.20 ó más	Muy alta	1	
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela.	De 4.72 a 54.17	Muy alta	1	0
		De 54.18 a 65.62	Alta	0.75	
		De 65.63 a 77.07	Media	0.5	
		De 77.08 a 88.52	Baja	0.25	
		88.53 ó más	Muy baja	0	
	Grado promedio de escolaridad	De 1 a 3.2	Muy alta	1	0.25
		De 3.3 a 5.4	Alta	0.75	
		De 5.5 a 7.6	Media	0.5	
		De 7.7 a 9.8	Baja	0.25	
		De 9.9 ó más	Muy baja	0	
Total Educación					0.25

Como se observó, la calificación total para educación es de 0.25. En el indicador de vivienda se evalúan el porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje, porcentaje de viviendas sin electricidad y con paredes de material de desecho y lámina de cartón. Por supuesto estas condiciones de vida nos hablan de condiciones de infraestructura muy precaria que casi cualquier desastre puede destruir, además de que estas condiciones de baja calidad de vida, como ya lo mencionamos se relacionan con pobreza y pobreza extrema.

Tabla 39. Calificación por indicador socioeconómico.

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0 a 19.96	Muy baja	0	0.25
		De 19.97 a 39.92	Baja	0.25	
		De 39.93 a 59.88	Media	0.5	
		De 59.89 a 79.84	Alta	0.75	
		De 79.85 ó más	Muy alta	1	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 1.21 a 20.96	Muy baja	0	0
		De 20.97 a 40.71	Baja	0.25	
		De 40.72 a 60.46	Media	0.5	
		De 60.47 a 80.21	Alta	0.75	
		De 80.22 ó más	Muy alta	1	
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	De 0 a 19.96	Muy baja	0	0
		De 19.97 a 39.92	Baja	0.25	
		De 39.93 a 59.88	Media	0.5	
		De 59.89 a 79.84	Alta	0.75	
		De 79.85 ó más	Muy alta	1	
	Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	De 0 a 3.84	Muy baja	0	0
		De 3.85 a 7.68	Baja	0.25	
		De 7.69 a 11.52	Media	0.5	
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	De 11.53 a 15.36	Alta	0.75	
		De 15.37 ó más	Muy alta	1	
		De 1.52 a 20.82	Muy baja	0	0
		De 20.83 a 40.12	Baja	0.25	
		De 40.13 a 59.42	Media	0.5	
		De 59.43 a 78.72	Alta	0.75	
		De 78.73 ó más	Muy alta	1	
		De 1.67 a 13.75	Muy baja	0	

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
	Déficit de vivienda	De 13.76 a 25.83	Baja	0.25	0
		De 25.84 a 37.91	Media	0.5	
		De 37.92 a 49.99	Alta	0.75	
		De 50.00 ó más	Muy alta	1	
Total Vivienda					0.25

Afortunadamente las calificaciones que se obtiene para esta variable están dentro del rango de muy baja. La calificación del este indicador en total es de 0.25

En el rubro de población se analiza la densidad de la población, la dispersión de la misma y el porcentaje de la población que habla alguna lengua indígena.

Tabla 40. Calificación por indicador socioeconómico.

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
Población	Densidad de población	De 1 a 99 hab/km^2	Muy baja	0	0.25
		De 100 a 499 hab/km^2	Baja	0.25	
		De 500 a 999 hab/km^2	Media	0.5	
		De 1,000 a 4,999 hab/km^2	Alta	0.75	
		Más de 5,000 hab/km^2	Muy alta	1	
	Dispersión de población	De 0 a 9.9	Muy baja	0	0
		De 10 a 19.9	Baja	0.25	
		De 20 a 29.9	Media	0.5	
		De 30 a 39.9	Alta	0.75	
		40 o más	Muy alta	1	
	Porcentaje de población de habla	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0	0

Sector	Variable	Intervalos	Condición Vulnerabilidad	Valor	Calificación
	indígena	Más del 40% de la población	Predominantemente indígena	1	
Total Población					0.5

Una vez obtenida la calificación final de cada uno de los rubros explicados anteriormente, se procedió a la obtención del promedio de cada uno, mediante la división de la calificación total entre el número de indicadores de cada rubro. A continuación, se describe el procedimiento:

$$c = \frac{b}{a}$$

Dónde:
a = Número de indicadores por rubro.
b = Calificación obtenida de la suma de los indicadores por rubro.
c = Promedio.

Tabla 41. Calificación total entre el número de indicadores de cada rubro

Rubro	*a*	*b*	*c*
	Numero de Indicadores	**Calificación**	**Promedio**
Salud	2	0.25	0.125
Educación	3	0.25	0.083
Vivienda	6	0.25	0.041
Empleo e Ingresos	3	0.50	0.166
Población	3	0.50	0.166

Una vez obtenido el promedio de cada uno de los rubros se procedió a la suma de los mismos, que en este caso fue de 0.581, cantidad que se dividió entre 5, que representa el número de rubros (Salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población). El resultado es 0.1162 que es considerado como la calificación final de las características socioeconómicas del municipio y el primer resultado para la obtención del grado de vulnerabilidad social

VII.1.2.2 Segunda etapa: Capacidad de prevención y respuesta

La segunda parte de acuerdo a la metodología del CENAPRED se enfoca a la capacidad de prevención y de respuesta, la cual se refiere a la preparación antes y después de un evento de las autoridades y de la población.

El principal objetivo en esta segunda parte fue evaluar de forma general el grado en el que se encuentra capacitado el encargado de la protección civil en el municipio para incorporar conductas preventivas y ejecutar tareas para la atención de la emergencia, lo cual complementará el grado de vulnerabilidad social, según los indicadores descritos anteriormente.

Esta parte consta de un cuestionario cuya importancia radica en el conocimiento de los recursos, programas y planes con los que dispone la Unidad de Protección Civil Municipal en caso de una emergencia, por lo que está dirigido al responsable de ésta.

Dentro de los problemas comunes ocasionados al presentarse un desastre se encuentran: creación de infraestructura para el desplazamiento de la población, las enfermedades transmisibles que se pueden desencadenar como cólera o dengue, problemas de suministro de alimentación y con ello la debida nutrición, los problemas de suministro de agua y saneamiento y de servicios de salud y el daño a la infraestructura de viviendas, centros educativos, vías de comunicación, servicios públicos básicos, presas y áreas de cultivo entre otros.

Para evaluar la capacidad de respuesta de Protección Civil del Municipio de Irapuato, se le aplicó al director de la dependencia un cuestionario el cual permitiría conocer la capacidad de prevención y respuesta de su organización ya que es la responsable en primera instancia de llevar a cabo la atención a la contingencia que se presente.

El diseño del cuestionario aplicado se basó en el formato que presenta el CENAPRED y a continuación se describirá el cuestionario y la metodología a usar para dar los resultados derivados de esta segunda etapa.

El cuestionario aplicado consto de 25 preguntas, dando un valor de "0" para las respuestas afirmativas (sí) y un valor de 1 para las respuestas negativas (no). Cabe aclarar que en el cuestionario el valor más bajo será para "sí" ya que este representará una mayor capacidad de prevención y respuesta y por consiguiente menor vulnerabilidad. En contraparte, una baja capacidad de prevención y respuesta significará una mayor vulnerabilidad y tendrá como valor más alto el 1. El formato del cuestionario se presenta a continuación. Es menester mencionar que las últimas dos preguntas del cuestionario no se califican debido al tipo de respuestas que se dan, las cuales son cualitativas.

Se sumará el resultado de cada pregunta y se buscará el valor que le corresponda en la tabla de llenado del cuestionario, tomando en cuenta que, entre menor es la capacidad de prevención y respuesta, es más alto el grado de vulnerabilidad. Este será el segundo valor de la metodología.

Tabla 42. Cuestionario capacidad de prevención y respuesta.

No.	Pregunta	Sí	No	Valor
1	¿El municipio cuenta con una unidad de protección o con algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?	x		0
2	¿Cuenta con un plan de emergencia?	X		0
3	¿Cuenta con un consejo municipal el cual debe de estar integrado por diferentes dependencias de gobierno* para saber qué papel desempeñaría cada una en caso de emergencia?	X		0
4	¿Conoce los mecanismos para acceder al Fondo Nacional de Desastres?		X	1
5	¿Cuenta con algún tipo de alerta?		X	1
6	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuales se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia?	X		0
7	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	X		0
8	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de un desastre?	X		0
9	¿Tiene establecidos los sitios que pueden fungir como helipuertos?	X		0
10	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	X		0
11	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?	X		0
12	¿Tiene el vínculo con centros de asistencia social (DIF, DINCOSA, LICONSA, etc.) para la operación de los albergues y distribución de alimentos,	X		0
	cobertores, etc.?			
13	¿Dispone de convenios con iniciativa privada en caso de desastre?		X	1
14	¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia?	X		0
15	¿Se aplica algún programa de créditos para la reconstrucción de viviendas afectadas en caso de desastre?		X	1
16	¿Cuenta con un número de personal activo?	X		0

No.	Pregunta	Sí	No	Valor
17	¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	X		0
18	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	X		0
19	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, teléfono, etc.)?	X		0
20	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?		X	1
21	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?	X		0
22	¿Cuenta con algún sistema de información geográfica SIG para procesar y analizar la información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?		X	1
23	¿Cuenta con algún sistema de Geo Posicionamiento Global GPS para georreferenciar puntos críticos en su localidad?	X		0
24	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo?	Secundaria Preparatoria		
25	¿Qué actividades realizan normalmente?	Atención a emergencias, detección de riesgos en zona urbana, rural e industrial, así como en instalaciones hidráulicas.		
	Total			**6**

Como podemos observar la sumatoria de las respuestas tiene un total de 6.

Tabla 43. Criterios para determinar la capacidad de respuesta.

Rangos a la suma de las respuestas	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
De 0.0 a 4.0	Muy Alta	0.00
De 4.1 a 8.0	Alta	0.25
De 8.1 a 12.0	Media	0.50
De 12.1 a 16.0	Baja	0.75
16.1 o más	Muy Baja	1.00

Comparando con la tabla que ofrece el CENAPRED en la metodología que se sigue en este trabajo, se observa que el 6 del resultado está dentro del rango de 4,1 a 8.0, lo que da como resultado una capacidad de prevención y respuesta ALTA y está asociado a un valor asignado según condición de vulnerabilidad de 0.25. Este último es el valor que se tomará como resultado de la segunda etapa.

VII.1.2.3 Percepción

Irapuato al igual que muchas ciudades del país viven una situación compleja: hay episodios reales de violencia (homicidios, robos, presencia del crimen organizado) que alimentan una sensación generalizada de vulnerabilidad. Los actos de vandalismo y conductas antisociales cotidianos (como grafitis, destrozos, consumo en vía pública) refuerzan esa percepción de inseguridad. El temor se materializa en cambios de comportamiento: menos movilidad, más cuidado, menos vida en la calle.

El instrumento para conocer la percepción local de riesgo fue el cuestionario y corresponde a una parte complementaria de la vulnerabilidad social frente a los desastres. Durante los meses de Mayo y Junio se llevaron a cabo un total de 1,173 encuestas en diversas colonias, fraccionamientos y comunidades rurales pertenecientes al Municipio de Irapuato, con el objetivo de ver la percepción que peligros cotidianos consideran.

Tabla 44. Ponderación por pregunta del cuestionario percepción de riesgo

No.	**PREGUNTA**				
1	**Dentro de los tipos de peligro que existen (Geológico, Hidrometeorológico, Sanitario ambiental y Socio organizativo). ¿Cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?**				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
De 1 a 5		1	1083	1083	0.9595
De 6 a 13		0.5	85	42.5	
14 o más		0	5	0	

No.	**PREGUNTA**				
2	**Respecto a los peligros mencionados en la pregunta 1, recuerda o ¿sabe si ha habido emergencias asociadas a alguna de estas amenazas en los últimos años?**				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	359	0	0.6939
NO		1	814	814	

NO SE	1	0	0	

No.	PREGUNTA
3	¿Considera que un fenómeno natural puede ser un desastre?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	927	0	0.2097
NO	1	204	204	
NO SE	1	42	42	

No.	PREGUNTA
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (que se encuentre en una ladera, zona sísmica, zona inundable, etc.)?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	541	0	0.5388
NO	1	612	612	
NO SE	1	20	20	

No.	PREGUNTA
5	¿Ha sufrido la pérdida de algún bien material a causa de un desastre?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	131	0	0.8883
NO	1	977	977	
NO SE	1	65	65	

No.	PREGUNTA
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura.	0.25	1141	285.25	0.2598
Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a	0.5	25	12.5	

No.	PREGUNTA			
6	**En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:**			
infraestructura.				
Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura.	1	7	7	

No.	PREGUNTA			
7	**¿Alguna vez se ha quedado aislada su comunidad debido a la interrupción de vías de comunicación por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?**			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	388	0	0.6692
NO	1	750	750	
NO SE	1	35	35	

No.	PREGUNTA			
8	**¿Cree que en su comunidad se identifican los peligros?**			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	809	0	0.3103
NO	1	285	285	
NO SE	1	79	79	

No.	PREGUNTA			
9	**Conoce algún programa, obra o institución que ayude a disminuir efectos de fenómenos naturales (construcción de bordos, presas, terrazas, sistemas de drenaje, sistemas de alertamiento, etc.)**			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	278	0	0.7630
NO	1	846	846	
NO SE	1	49	49	

No.	PREGUNTA
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	275	0	0.7656
NO	1	754	754	
NO SE	1	144	144	

No.	PREGUNTA
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	367	0	0.6871
NO	1	805	805	
NO SE	1	1	1	

No.	PREGUNTA
12	En caso de haberse llevado campañas de información, ¿Cómo se enteró?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
No se enteró/ no ha habido campañas	1	804	804	0.7366
A través de medios impresos	0.5	120	60	
A través de radio y televisión	0	249	0	

No.	PREGUNTA
13	¿Ha participado en un simulacro en alguna ocasión?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	236	0	0.7988
NO	1	926	926	
NO SE	1	11	11	

No.	PREGUNTA				
14	¿Sabe a dónde o a quién acudir en caso de una emergencia?				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	676	0	0.4237
NO		1	497	497	

No.	PREGUNTA				
15	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	154	0	0.8687
NO		1	1019	1019	

No.	PREGUNTA				
16	En caso de haber sufrido por algún fenómeno natural ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	96	0	0.9182
NO		1	450	450	
NO SE		1	627	627	

No.	PREGUNTA				
17	¿Ha sido evacuado a causa de un fenómeno natural? (inundación, sismo, erupción)				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	62	0	0.9471
NO		1	758	758	
NO SE		1	353	353	

No.	PREGUNTA				
18	De acuerdo a experiencias anteriores, ¿Considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?				
Rangos		Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI		0	278	0	0.7630
NO		1	722	722	
NO SE		1	173	173	

No.	PREGUNTA
19	¿Existe en su comunidad localidad/municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	212	0	0.8193
NO	1	782	782	
NO SE	1	179	179	

No.	PREGUNTA
20	¿Conoce usted la existencia de la Unidad de Protección Civil?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	905	0	0.2285
NO	1	263	263	
NO SE	1	5	5	

No.	PREGUNTA
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de Protección Civil?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
Sé dónde se encuentra y sus funciones	0	447	0	0.6019
No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	1	686	686	
Sé qué hace pero no sé dónde se encuentra	0.5	40	20	

No.	PREGUNTA
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?

Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	200	0	0.8295
NO	1	382	382	
NO SE	1	591	591	

No.	PREGUNTA			
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene información necesaria?			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	280	0	0.7613
NO	1	893	893	
NO SE	1	0	0	

No.	PREGUNTA			
24	¿Qué tanto cree que puede ayudar la unidad de Protección Civil? ¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
Mucho	0	437	0	0.2994
Suficiente	0.25	341	85.25	
Poco	0.5	258	129	
Nada	1	137	137	

No.	PREGUNTA			
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?			
Rangos	Valores	Total Respuestas	Respuestas Ponderadas	Ponderación por Pregunta
SI	0	1024	0	0.1270
NO	1	149	149	

Valor total	15.868

Una vez obtenido el valor promedio de respuestas de los cuestionarios este se comparó con la tabla de rangos de percepción local propuesta por el CENAPRED (2006), la cual indica un nivel Bajo, que se refiere a un índice donde la población tiene una baja percepción de los peligros a la que está expuesta. Este último resultado es el que se requiere para la obtención del grado de vulnerabilidad social.

Tabla 45. Tabla de rangos de percepción local del riesgo.

Rangos	Percepción local	Valores según condición de Vulnerabilidad
De 0 a 5.0	Muy alta	0
De 5.1 a 10.0	Alta	0.25
De 10.1 a 15.0	Media	0.5
De 15.1 a 20.0	Baja	0.75
Más de 20.0	Muy Baja	1

En base a la Tabla 45 se puede observar que el rango de 15.1 a 20.0 en el que cae el resultado del cuestionario de percepción social de riesgos (15.868) es baja y da un valor según condición de vulnerabilidad de 0.75.

De manera complementaria se analizaron las respuestas, donde se obtuvieron un total de 719 menciones considerando los tres componentes ya descritos, es importante hacer notar que se trabajó sobre el número de menciones y no el número de personas encuestadas ya que cada una de esas personas puede hacer más de una mención ante la percepción de más de un peligro para ese mismo individuo.

Tabla 46. Percepción ciudadana de peligro.

Motivo	Total de Menciones
Delincuencia	426
Pandillerismo	208
Accidentes terrestres	55
Corte a vías de comunicación	30

Dentro de los componentes analizados, los rubros de delincuencia y pandillerismo sobresalen significativamente por la frecuencia con que fueron mencionados. La delincuencia, con 426 menciones, constituye el fenómeno más identificado por los encuestados. Esta categoría suele englobar actos delictivos diversos desde robos, asaltos y amenazas, hasta hechos más graves, pero en el contexto de estas encuestas, apunta sobre todo a expresiones de criminalidad cotidiana que afectan directamente la vida urbana: hurtos menores, presencia de individuos armados, y la constante posibilidad de ser víctima de un delito. Esta percepción es reflejo de una realidad social marcada por la violencia estructural y la impunidad, que en ciudades como Irapuato ha ido generando un clima generalizado de desconfianza y vulnerabilidad.

Por su parte, el pandillerismo fue mencionado en 208 ocasiones, representando también una parte considerable del total. Este fenómeno es percibido como una amenaza no solo por los actos concretos que se le atribuyen (vandalismo, consumo de drogas o alcohol en la vía pública, altercados), sino también por lo que representa simbólicamente: una ruptura del orden social, la toma del espacio público por actores no institucionales y, en muchos casos, el desplazamiento del control de la comunidad hacia grupos informales con prácticas violentas o disruptivas. El pandillerismo se convierte así en un marcador visible del deterioro urbano, en tanto deja huella física a través de grafitis, destrucción de mobiliario o apropiación de parques y calles, generando una sensación de abandono e inseguridad.

Ambos fenómenos (delincuencia y pandillerismo) se entrelazan en la percepción ciudadana, no necesariamente como expresiones distintas, sino como parte de un mismo entramado de descomposición social. Mientras la delincuencia puede operar de forma más sigilosa o aislada, el pandillerismo tiene una expresión marcadamente territorial y visible, que refuerza la idea de un entorno fuera de control. En conjunto, estas percepciones muestran que la inseguridad no se limita a los grandes eventos de violencia, sino que se enraíza en experiencias cotidianas que transforman los hábitos de vida de la población: menor movilidad, restricción de horarios, desconfianza entre vecinos, y una constante sensación de estar expuestos a riesgos que las instituciones no alcanzan a contener.

En términos generales, tanto la delincuencia como el pandillerismo, tal como fueron percibidos por la población de Irapuato en las encuestas de 2013, se encuentran estrechamente vinculados al fenómeno del vandalismo. La delincuencia, al generar una constante sensación de inseguridad, y el pandillerismo, al manifestarse de forma visible en el espacio público mediante grafitis, daños materiales y apropiación territorial, contribuyen a consolidar el vandalismo como una expresión concreta del deterioro social. Así, el vandalismo no solo refleja actos de destrucción física, sino también la presencia de estructuras de violencia y descomposición comunitaria que alimentan el miedo cotidiano y debilitan la cohesión urbana.

VII.1.2.4 Grado de Vulnerabilidad Social

Una vez obtenido los valores finales de las tres etapas que evalúan el grado de vulnerabilidad de municipio, se procedió a evaluarlo a través del siguiente procedimiento, en donde las características socioeconómicas van a determinar en un 50% el Grado de

Vulnerabilidad Social, la capacidad de respuesta un 25% y la percepción local de riesgo también 25%:

$$GVS = (R1 * 0.50) + (R2 * 0.25) + (R3 * 0.25)$$

Dónde:
GVS = Grado de vulnerabilidad social asociada a desastres
R1 = Resultado de los indicadores socioeconómicos.
R2 = Resultado del cuestionario de capacidad y respuesta
R3 = Resultado del cuestionario de percepción del riesgo

Concepto	Puntaje	Porcentaje	Puntaje Final
Indicadores socioeconómicos	0.11	0.5	0.055
Capacidad de respuesta	0.25	0.25	0.0625
Percepción local	0.75	0.25	0.1875
Grado de vulnerabilidad social			0.305

Una vez llevando a cabo la función correspondiente a vulnerabilidad se obtuvo como resultado 0.305, que, cotejado con la tabla propuesta por CONAPRED para determinar el grado de vulnerabilidad social, se determina que el municipio de Irapuato presenta un nivel bajo de vulnerabilidad social.

Tabla 47. Tabla de rangos de grado de vulnerabilidad social.

Valor final	Grado de vulnerabilidad social	Resultado final
De 0 a 0.20	Muy baja	0.305
De 0.21 a 0.40	Baja	
De 0.41 a 0.60	Media	
De 0.61 a 0.80	Alta	
Más de 0.80	Muy alta	

Con la información generada en las tres etapas, se generaron los mapas de vulnerabilidad. En el mapa de la Figura 30 es posible observar que las zonas de más alta vulnerabilidad se encuentran en la periferia de la mancha urbana y abarcan algunas comunidades suburbanas y rurales como Ejido la soledad, Villa del Rey, Loma Bonita y Peñuelas.

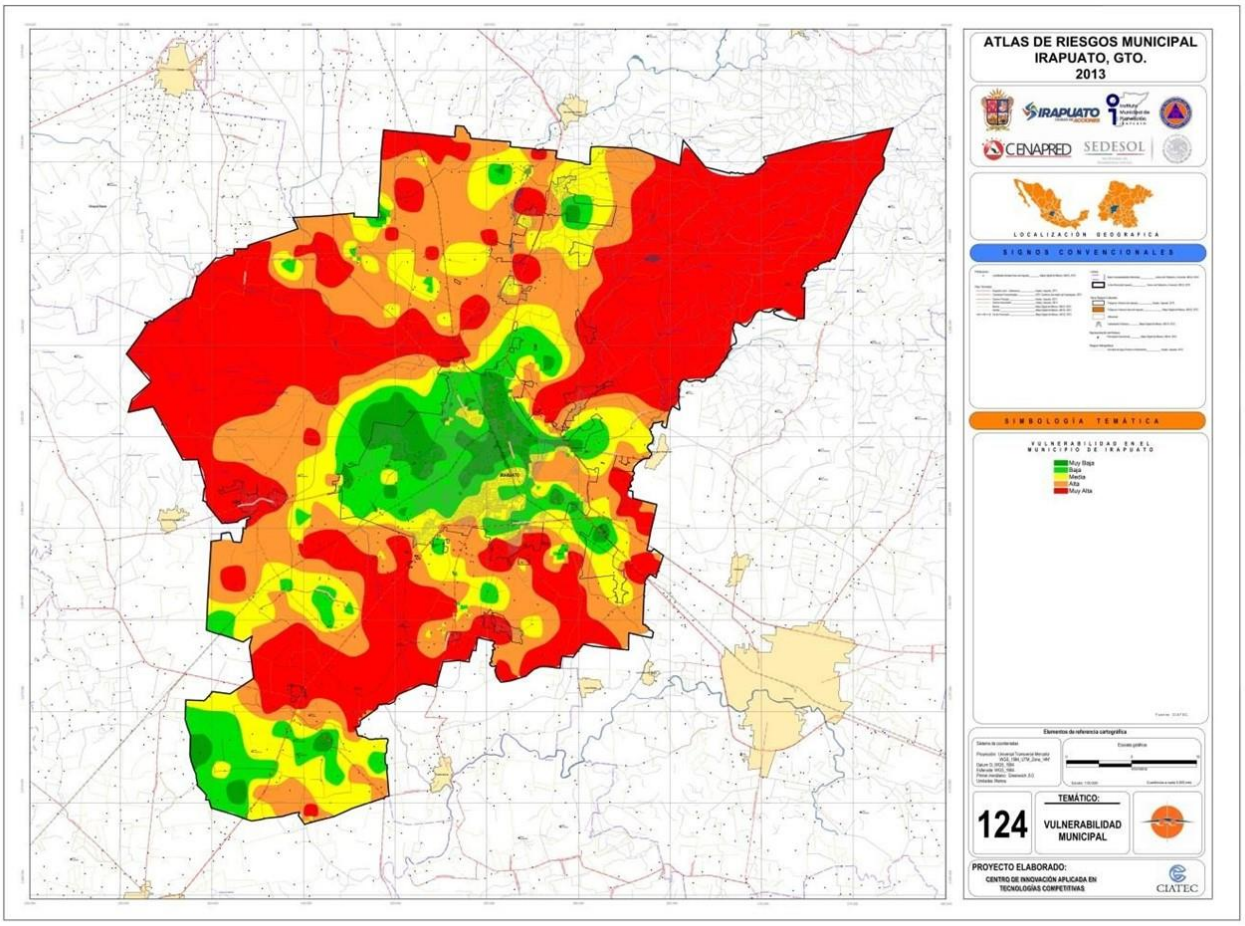


Figura 30. Mapa de vulnerabilidad municipal.

Se recuerda que la vulnerabilidad y la pobreza están íntimamente ligadas, debido a que la pobreza es un indicador de vulnerabilidad ya que está ligada a marginalidad y a la falta de acceso a recursos de todo tipo.

Dentro de las algunas colonias que se pueden observar dentro del rango de vulnerabilidad alta, color naranja en el mapa, están El Carrizal Grande, Pedro Arteaga, Emiliano Zapata, Lázaro Cárdenas (primera y segunda sección), Los Pinos y La Primavera, entre muchas otras.

En rango Medio, de color amarillo, algunas de las que aparecen son: San Roque, Valle de las flores, 18 de Agosto, Los Reyes, Nuevo México y Solidaridad. Mientras que las de bajo índice, de color verde, San Miguelito, Rinconada de la Hacienda y La Huerta, entre otras.

Mientras que a nivel municipal se puede observar el mismo fenómeno que en la mancha urbana, a mayor marginación, mayor vulnerabilidad social, mientras que más se acerca al centro de la ciudad, el índice va disminuyendo.

VII.1.3 Riesgo por vandalismo

Los riesgos de origen sociorganizativo, son originados por las actividades derivadas de las concentraciones humanas, como por el mal funcionamiento de algún sistema propuesto y utilizado por el hombre, en estas actividades aparecen desastres asociados a desplazamientos masivos de habitantes.

El riesgo es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas, por separado, no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, o sea, en la probabilidad de que ocurra un desastre.

Sin embargo, los riesgos pueden reducirse o controlarse. Si se es analítico y se tiene la planeación como una etapa de la gestión de riesgos, considerando no solamente a los aspectos sociorganizativos sino también el medio ambiente, y si se está consciente a nivel social y gubernamental de las debilidades y vulnerabilidades frente a las amenazas existentes, se pueden tomar medidas para asegurar que las amenazas no se conviertan en desastres.

Para la estimación del riesgo en este fenómeno de forma cuantitativa el CENAPRED ha adoptado una de las definiciones más aceptadas del riesgo, entendido como la función de tres factores: la probabilidad de que ocurra un fenómeno potencialmente dañino, es decir el peligro, la vulnerabilidad y el número de habitantes o sistemas expuestos. Esta definición se expresa en la siguiente ecuación.

$$R = f(P, V, E)$$

$$Riesgo = f(Peligro, Vulnerabilidad, Exposición)$$

A continuación, se analiza brevemente cada uno de estos conceptos y los criterios que se tomaron en cuenta para la realización del análisis de riesgo.

El peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio dado. En este caso y derivado del tipo de información que se genera por parte de Central de Emergencias 066, se tuvo acceso a los reportes del 2005 al 2012.

Para vulnerabilidad se tomó la denominada Vulnerabilidad Social, la cual estuvo integrada de la siguiente manera:

Primera etapa: Indicadores socioeconómicos: Estos se fueron divididos en cinco grandes categorías; Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población, ya que éstos influyen directamente sobre las condiciones básicas de bienestar y de desarrollo de los individuos y de la sociedad en general.

Segunda etapa: Capacidad de respuesta: refiriéndose a la preparación antes y después de un evento por parte de las autoridades y de la población, en esta etapa se aplicaron cuestionarios a las distintas dependencias que atienden o apoyan en las emergencias, con el fin de conocer más sobre su organización y la capacidad real de atender cualquier evento.

Tercera etapa: La percepción de la población ante los peligros que están expuestos, para el desarrollo de este factor se retomó la metodología del CENAPRED presentada en su guía, a través de la aplicación de 1173 cuestionarios que contuvieron preguntas relacionadas al tema de percepción del riesgo que guardan en su comunidad.

En el caso del Grado de Exposición este se refirió a la cantidad de personas que se encuentran en un sitio dado y que son factibles a ser dañadas. Este es un parámetro que varía con el tiempo, el cual está íntimamente ligado al crecimiento y desarrollo de la población y su infraestructura, por lo que en este apartado se consideró el equipamiento o infraestructura que puede aumentar o disminuir la exposición ante cualquiera de las componentes que integran el fenómeno socio- organizativo.

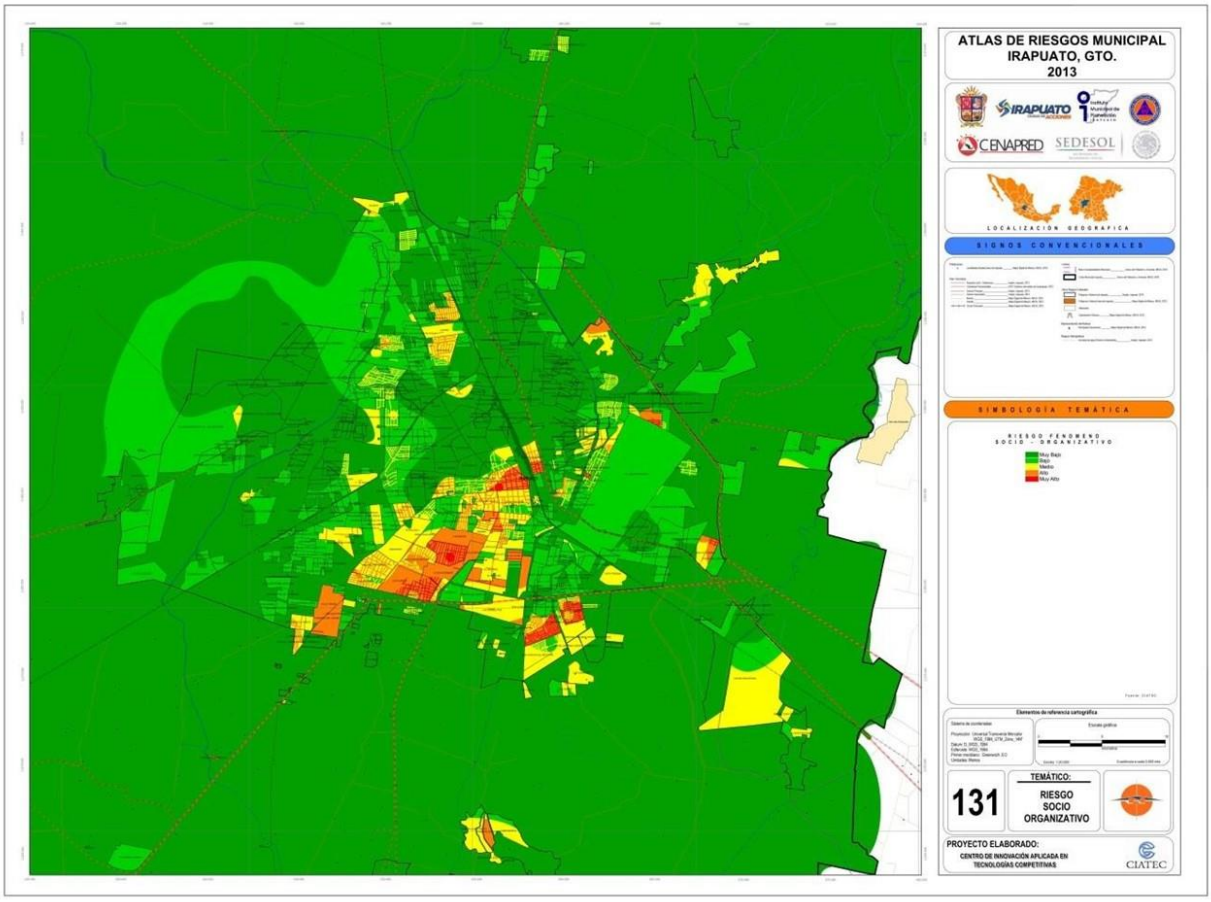


Figura 31. Mapa general de riesgo. Municipio de Irapuato.

Como se puede observar en la Figura 31 el riesgo para el municipio de Irapuato mayoritariamente es muy bajo (representado por el color verde fuerte), seguido por un riesgo medio (color verde claro). Conforme se acerca a la zona urbana primero y a la zona centro posteriormente, crece la concentración de personas por unidad de área y en alguna de la infraestructura por unidad de tiempo, se va incrementando el riesgo hacia medio, amarillo, alto, con color naranja y muy alto con rojo.

Este patrón resulta lógico si se piensa que es en el centro de las ciudades en donde se concentran las actividades de las cuales dependen las personas como las comerciales, las de salud y hasta las recreativas entre otras.

VIII. ACCIDENTES TERRESTRES

En los antecedentes del Atlas Municipal de Riesgos 2013, se menciona que un accidente se define como un suceso imprevisto que interrumpe de forma abrupta el curso normal de los acontecimientos y que, en la mayoría de los casos, conlleva consecuencias negativas o lamentables. Dentro de esta categoría, los accidentes viales representan una de las manifestaciones más comunes y, al mismo tiempo, más letales en la vida cotidiana. Este tipo de eventos, ocurridos en la vía pública y relacionados con la participación de vehículos motorizados o no motorizados, constituyen una de las principales causas de muerte y lesiones a nivel mundial.

Irapuato, como muchas otras ciudades del país, no escapa a esta problemática. El crecimiento urbano, el aumento en el parque vehicular, las deficiencias en infraestructura vial y, en muchos casos, la falta de una cultura de prevención y respeto a las normas de tránsito, contribuyen a que los accidentes viales sean una constante en la dinámica urbana. Más allá de sus implicaciones individuales, estos sucesos afectan directamente la movilidad, la seguridad ciudadana y la calidad de vida de la población, convirtiéndose en un factor de riesgo que debe ser atendido dentro de las estrategias integrales de gestión del territorio y prevención de desastres.

El Segundo Informe sobre la Situación de la Seguridad Vial en México 2012, señala que en 2010 el 37 por ciento de los siniestros de tránsito se registraron en León, siendo el municipio de Guanajuato con más accidentes. Le sigue Irapuato con 12 por ciento; Celaya, 10 por ciento, y San Francisco del Rincón con 6 por ciento de los percances, el resto del porcentaje está en el resto de los municipios del Estado.

Tabla 48. Motivos de Accidentes terrestres.

Motivo	Total de Llamadas
Accidentes viales	1559
Choque con objeto fijo	343
Choque múltiple	85
Choque por alcance	2186

Fuente 066/2012

En el documento elaborado en 2013, el componente de accidentes viales fue abordado a partir de tres categorías principales: choque con objeto fijo, choque múltiple y choque por alcance. Estas subcategorías permiten comprender con mayor precisión la naturaleza de los siniestros que ocurren en la vía pública y cómo estos impactan la seguridad urbana en el municipio de Irapuato.

Como parte del análisis, se presentaron algunas estadísticas relevantes sobre este tipo de eventos. Es importante señalar que, si bien existe una gran cantidad de sitios donde se ha registrado al menos un percance, se optó por mostrar únicamente los diez puntos con mayor concentración de siniestros, con el objetivo de ofrecer una visión más clara y enfocada en las zonas de mayor riesgo. Esta selección no busca minimizar la importancia de otros eventos aislados, sino facilitar la identificación de patrones y áreas críticas que requieren atención prioritaria en términos de prevención y seguridad vial.

Todos los datos presentados en esta sección fueron proporcionados por las autoridades municipales competentes en la materia, lo que garantiza su validez y utilidad para fines de planeación, diagnóstico y formulación de estrategias encaminadas a la reducción de accidentes viales en el municipio.

Accidente vial

Una de las causas más importantes de accidentes viales es la imprudencia o la inconciencia de los conductores o responsables de los vehículos. Hechos como conducir a altas velocidades, no respetar las luces en rojo, no dar paso a peatones, intentar pasar vehículos en lugares no permitidos, conducir bajo el efecto de narcóticos o alcohol, no seguir las reglas de vialidad tanto en espacios urbanos como rurales son sin duda faltas de gravedad que pueden generar accidentes de altísimo peligro no sólo para los que conducen sino también para los que se mueven con el mismo vehículo (es decir, acompañantes) e incluso para otros individuos que no actúan de manera irresponsable pero que se encuentran en el mismo espacio.

Dentro de las vialidades más grandes, en donde se identificó que se centraron los accidentes viales son: Av. De los Insurgentes, Carretera a México 45, Boulevard Solidaridad, Av. Madrileña, calle Francisco Saravia, Paseo Irapuato, calle de la Reforma, Boulevard Guerrero y Boulevard Arandas. Además, muchos de los accidentes se registraron en zonas de mucho tráfico a horas pico, como en el Centro Histórico de la ciudad y sitios con topografía accidentada como el Fraccionamiento de Villas de Irapuato.

En Irapuato el número anual de accidentes viales en su momento se consideró como alto, 1559, solamente en el 2012, según las estadísticas del 066, las cuales se muestran a continuación:

Tabla 49. Sitios de accidentes viales 2012.

Colonia	Total de Llamadas
Rancho Grande (Rural)	38
Barrio de La Calz. De Guadalupe	34
Barrio de San José	30
Barrio de Sta. Julia	28
Zona Centro (Centro Histórico)	27
Plazas Las Fracc.	25
Abasolo, Gto.	24
Ganadera La	24
Villas de Irapuato Fracc.	23
Independencia, Col. (Ranchito)	21
Américas, Las	20

Fuente 066/2012

Choque con objeto fijo

La palabra choque es utilizada para hacer referencia a un acto mediante el cual dos o más elementos se encuentran en un mismo lugar y tiempo de manera violenta. Normalmente el término es usado para señalar los accidentes automovilísticos o viales que suponen el encuentro violento de dos o más elementos con alto nivel de daños37. En este rubro se registran todos aquellos siniestros en donde el vehículo choca con postes, edificios, cercas u otro objeto perteneciente a la infraestructura vial y/o el equipamiento urbano. En Irapuato se registraron 343 accidentes con esas características. A continuación, se dan los datos de los sitios en donde mayoritariamente se registraron este tipo de choques.

Tabla 50. Eventos de choque con objeto fijo por colonia 2012.

Colonia	Total de Llamadas
Primero de Mayo	10
Independencia, Col. (Ranchito)	7
Valle Verde	7
Abasolo, Gto.	6
Barrio de La Calzada de Guadalupe	6
Carmelitas, Fracc. Las	6
Copal (Rural)	6
Plan Gto. Fracc.	6
Rancho Grande (Rural)	6
Villas De Irapuato, Fracc.	6

Fuente 066/2012

Choque múltiple

Este tipo de percances ocurre cuando más de un vehículo se ve involucrado en un mismo accidente, situación que comúnmente se origina por el descuido o negligencia de los conductores. No obstante, también influyen factores externos como las condiciones climáticas adversas, la topografía del terreno y posibles fallas mecánicas en los vehículos implicados. Si bien estos siniestros representan un riesgo significativo para la seguridad vial, no se cuenta con estadísticas oficiales detalladas sobre el número de personas lesionadas, fallecidas o las pérdidas económicas derivadas de este tipo de eventos, lo cual limita el alcance del análisis y la formulación de estrategias de prevención más precisas.

Tabla 51. Sitios de choques múltiples 2012.

Colonia	Total
Álvaro Obregón	3
Benito Juárez (1, 2 y 3 Secc.)	3
Bajada San Martin	2
Barrio de Sta. Julia	2
Cd. Industrial	2
Copal (Rural)	2
FOVISSSTE	2
Lo de Juárez (Rural)	2
Miguel Hidalgo	2

Fuente 066/2012

Choque por alcance

Un choque por alcance Se da cuando un vehículo golpe a otro en su parte trasera. Ambos vehículos llevan la misma dirección y sentido de marcha. Este tipo de incidentes son comunes en el Municipio, con un total de 2186 incidentes en el año 2012. En general se dan por el descuido del conductor y por las condiciones climáticas adversas. A continuación, se ofrecen las estadísticas actuales sobre este tipo de siniestros, se exponen los sitios en donde hubo un número mayor de los mismos.

Tabla 52. Sitios de choque por alcance 2012.

Colonia	Total
Barrio de San José	60
Bajada San Martín	44
Barrio de La Calz. de Guadalupe	39
Barrio de Santa Julia	38

Colonia	Total
Álvaro Obregón	37
Reynas, Fracc.	36
Colón, Fracc.	34
Carmelitas, Fracc. Las	29
Valle del Sol, Fracc.	28
Zona Centro (Centro Histórico)	28

Fuente 066/2012

En la **Actualización del Atlas Municipal de Riesgos**, los resultados de accidentalidad de tránsito vehicular publicados en los últimos años nos revelan que la seguridad vial es un aspecto importante ya que los sucesos de tránsito, en términos generales se han convertido en uno de los problemas sociales y económicos en nuestra sociedad.

Los accidentes de tránsito son una de las primeras causas de mortalidad en México. El país ocupa el séptimo lugar mundial y tercero en Latinoamérica en siniestros viales, en el 30 por ciento, participa algún vehículo de carga. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), señala que los accidentes de tránsito cuestan a México más de 500 mil millones de pesos cada año, situación que hace que los accidentes vehiculares y de sus impactos en la salud lo conviertan en un problema de salud pública. En 2020 se registraron 301,678 accidentes de tránsito en las zonas urbanas de México. Durante ese año, uno de cada 100 eventos de tránsito correspondió a accidentes en los que se registraron pérdidas humanas, mientras que en 18 de cada 100 hubo víctimas heridas.

Figura 32: Accidentes viales ocurrido en el municipio de Irapuato.
Fuente: Google 2024.

VIII.1 Susceptibilidad a accidentes terrestres

La susceptibilidad se evaluó con el método de densidades espaciales ponderadas, en las que se hizo la distinción entre accidentes viales directos e indirectos. El primero grupo corresponde a reportes en dónde se registró un accidente, que en total sumas 146 casos de los cuales, sólo en uno se reportaron víctimas mortales. El segundo grupo de incidencias corresponde a situaciones que, aunque no se expone las consecuencias de los actos, si representan situaciones que pueden derivar en un accidente terrestre, debido a que por condiciones de negligencia cívica se potencia la ocurrencia de hechos con daños a la persona bienes públicos y privados. En este sentido se registraron 3,656 incidencias indirectas, de las cuales la mayor parte corresponde a circular a exceso de velocidad, arrancones (un valor sumamente alto de 1,264 incidencias), conducir en estado de ebriedad y circular en sentido contrario. Además, en este caso se incluyeron concentraciones masivas que provocaron el bloque parcial o total de vialidades (ver siguiente figura).

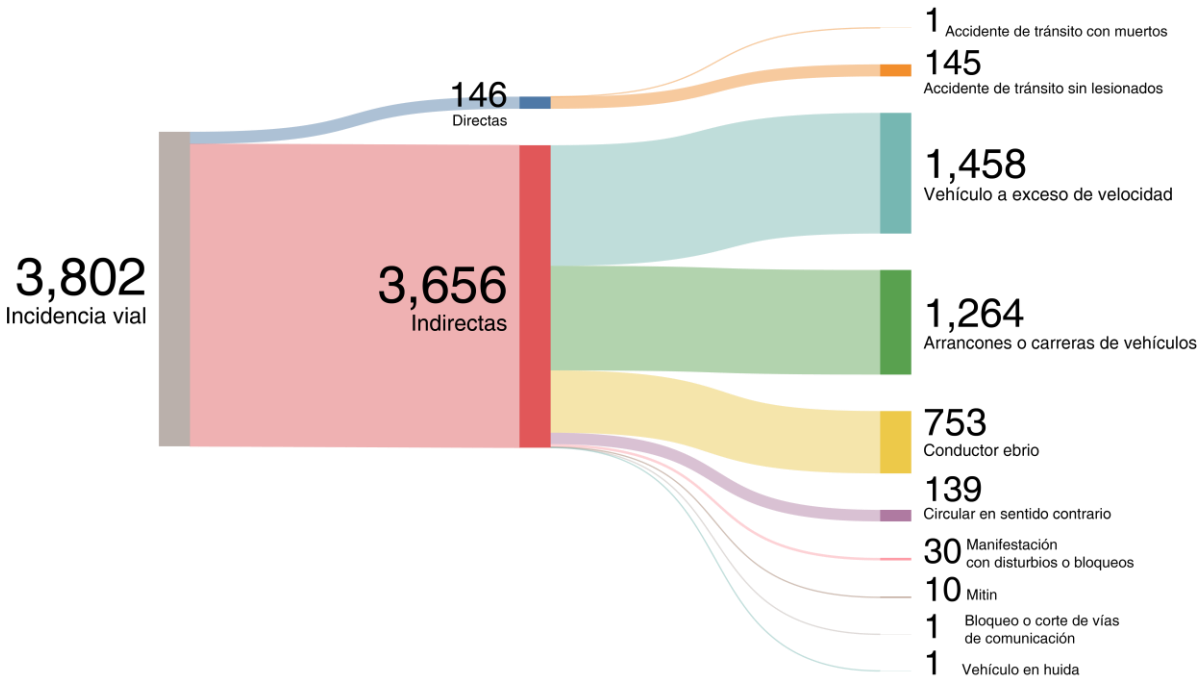


Figura 33: Componentes de las incidencias asociadas a accidentes viales

Fuente: elaboración propia.

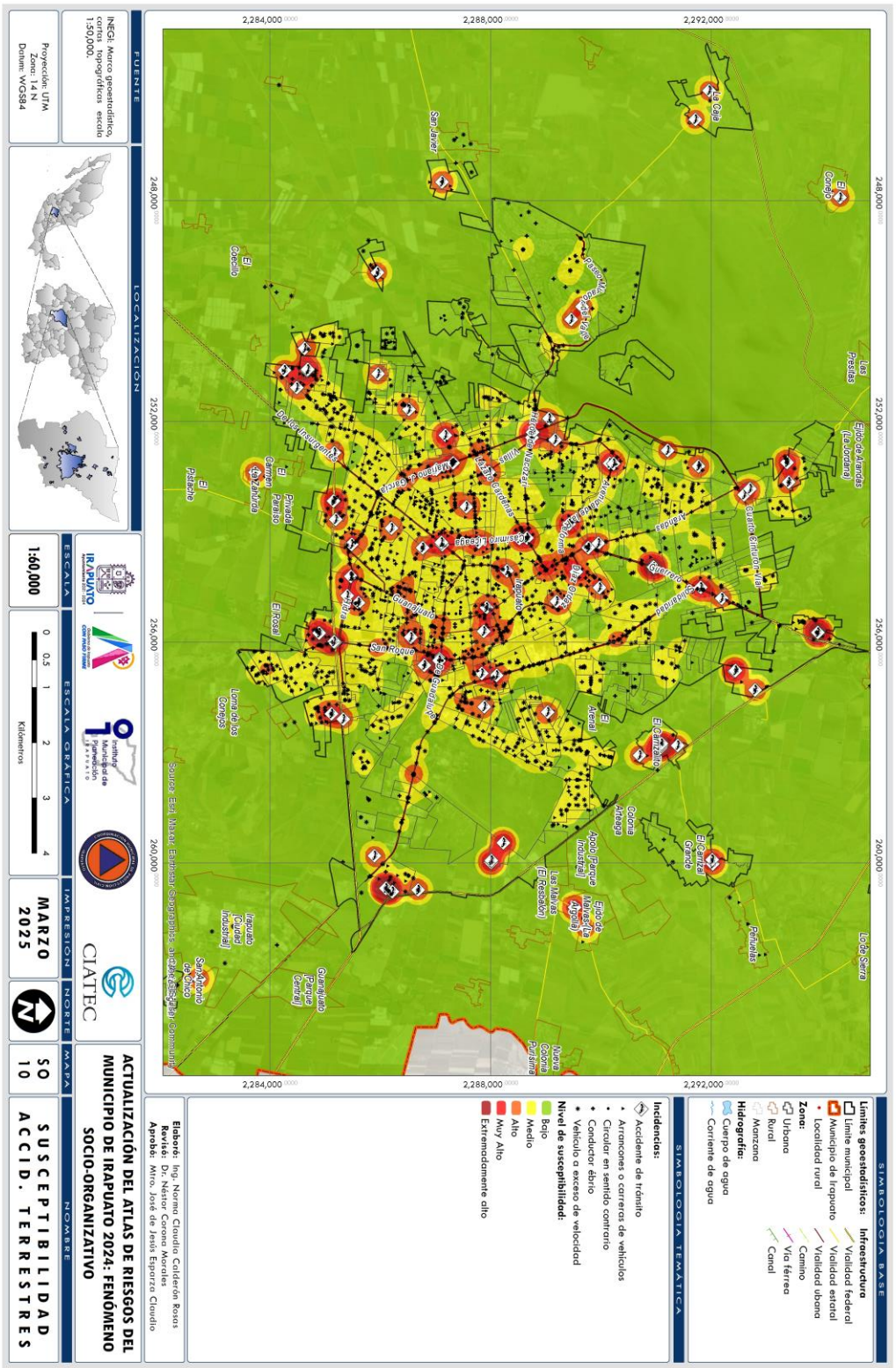
El mapa de susceptibilidad a accidentes terrestres de Irapuato revela una distribución espacial del riesgo que se concentra significativamente en la zona central de la ciudad. Esta área, que abarca el Centro y se extiende hacia colonias aledañas como Las Reinas y

La Moderna, se caracteriza por una alta susceptibilidad, indicada por los colores rojo oscuro y rojo intenso. Esta concentración espacial sugiere que las características urbanas inherentes a esta zona, como la densidad de la red vial, la complejidad de las intersecciones y la alta actividad peatonal y vehicular, contribuyen de manera importante al riesgo de accidentes.

Extendiendo desde este núcleo central, se observan corredores de alta susceptibilidad a lo largo de las principales arterias de la ciudad, como el Blvd. Solidaridad y el Eje Vial (Blvd. Lázaro Cárdenas). Esta distribución lineal del riesgo a lo largo de estas vías principales indica que el flujo vehicular intenso y las dinámicas de tráfico en estas arterias son factores clave en la probabilidad de incidentes. Adicionalmente, se identifican focos de alta susceptibilidad en áreas como Arandas, a lo largo del Blvd. Arandas, y en la colonia La Hacienda, lo que sugiere que características específicas de estas zonas, ya sean patrones de tráfico, diseño vial o la presencia de puntos conflictivos, elevan el riesgo localmente.

En contraste con las zonas de alta susceptibilidad, las áreas más periféricas de Irapuato generalmente presentan un menor grado de riesgo, indicado por los colores amarillo y blanco en el mapa. Sin embargo, incluso en estas zonas de menor susceptibilidad general, se pueden identificar puntos aislados de mayor riesgo, lo que señala la existencia de cruces o tramos viales específicos que requieren atención. Esta distribución espacial heterogénea subraya la necesidad de un análisis detallado a nivel local para comprender los factores que contribuyen al riesgo en cada área de la ciudad.

En cuanto a los volúmenes de incidencia, el gráfico de Sankey complementario revela que la vasta mayoría de los 3,802 casos de incidencia vial en Irapuato se clasifican como causas indirectas (3,656 casos), superando ampliamente a las causas directas (146 casos). Dentro de las causas indirectas, el exceso de velocidad (1,458 casos) y los arrancones o carreras de vehículos (1,264 casos) son los más prevalentes, lo que sugiere una correlación potencial con las zonas de alta susceptibilidad identificadas en las principales avenidas del mapa. La distribución espacial del riesgo, por lo tanto, parece estar influenciada significativamente por los comportamientos de conducción que generan estos altos volúmenes de incidencia indirecta.



Mapa 10: Susceptibilidad a accidentes terrestres

VIII.2 Vulnerabilidad a accidentes terrestres

El cálculo de vulnerabilidad a accidentes terrestres requiere que un análisis detallado de las circunstancias que localmente se congregan para detonar el evento; cuestiones fundamentales como aforos viales, tipologías de vialidades, morfometría de la red vial incidencias, y un monitoreo continuo de las causalidades y recuento de los efectos y perfiles de los afectados. Sin embargo, este estudio puede sentar las bases para el diseño un programa más extenso aprovechando las ventajas políticas, administrativas y de gobernabilidad del municipio de Irapuato.

En este sentido, la definición de vulnerabilidad solo atiende el componente de exposición, en el cual se generó la cartografía que aglutina la cantidad de personas que residen en cada zona por grado de susceptibilidad. La categoría de vulnerabilidad Extremadamente Alta es la que presenta la menor población, con un total de 7,887 personas. Le sigue la categoría "Muy Alta", que agrupa a 28,459 habitantes. La vulnerabilidad "Alto" afecta a una población de 65,412 personas. La categoría con la mayor población es la de vulnerabilidad "Media", alcanzando las 255,941 personas. Finalmente, la categoría "Baja" incluye a 149,699 habitantes de Irapuato. La mayoría de la población de Irapuato se encuentra en un grado de vulnerabilidad medio a accidentes terrestres, seguido por un número considerable en la categoría bajo. Las categorías de vulnerabilidad Alto, Muy Alta y Extremadamente Alta, comprenden una porción menor de la población, siendo la categoría de riesgo Extremadamente Alta la que afecta al menor número de personas.

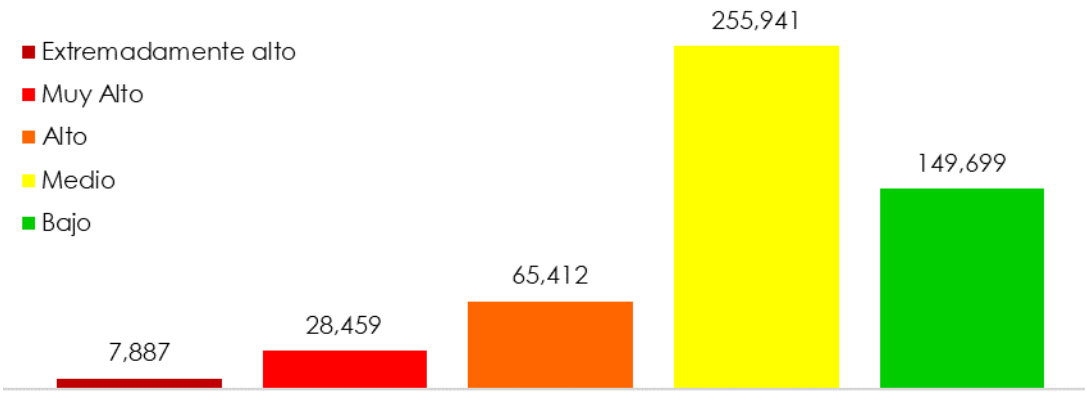
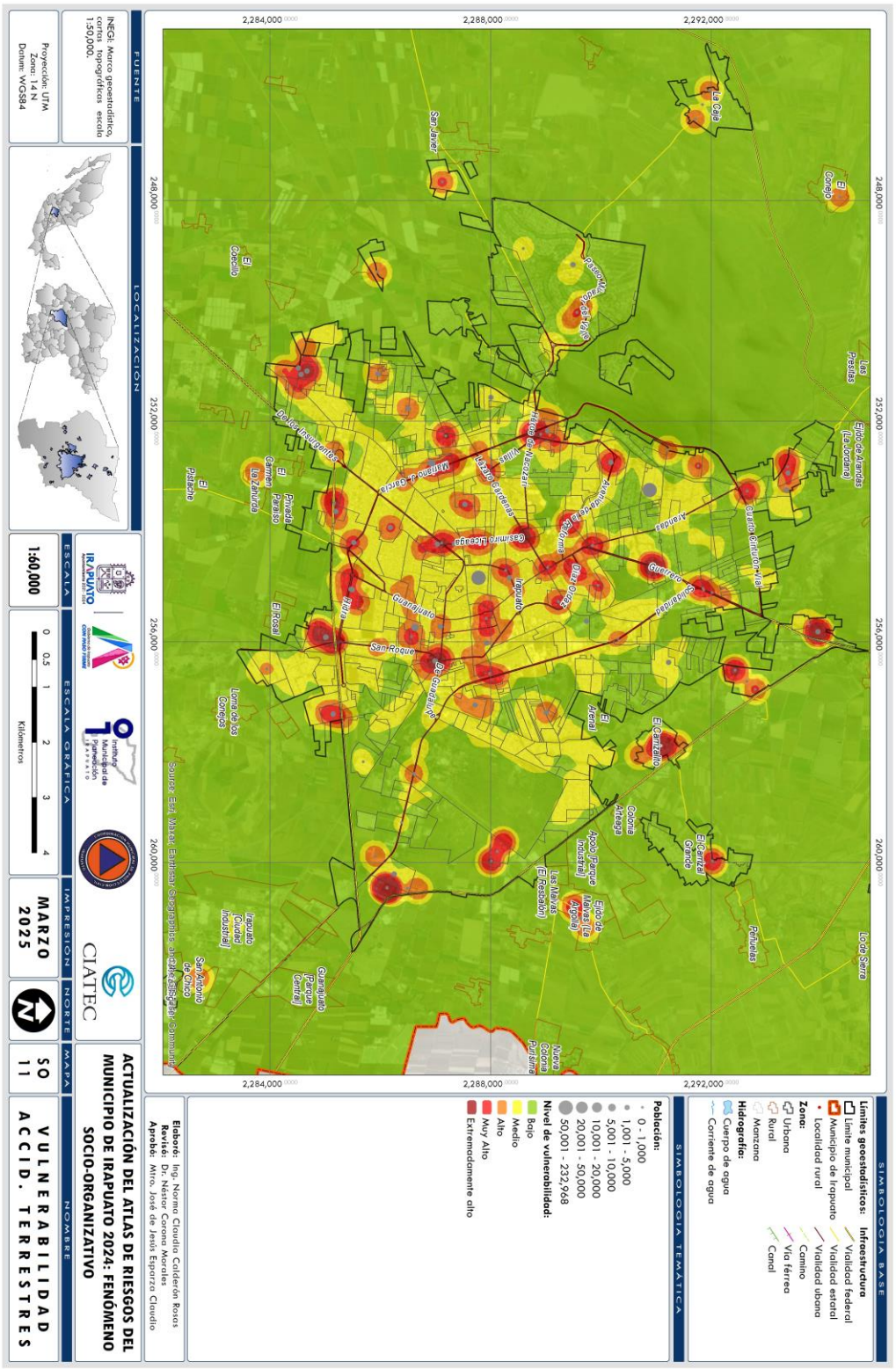


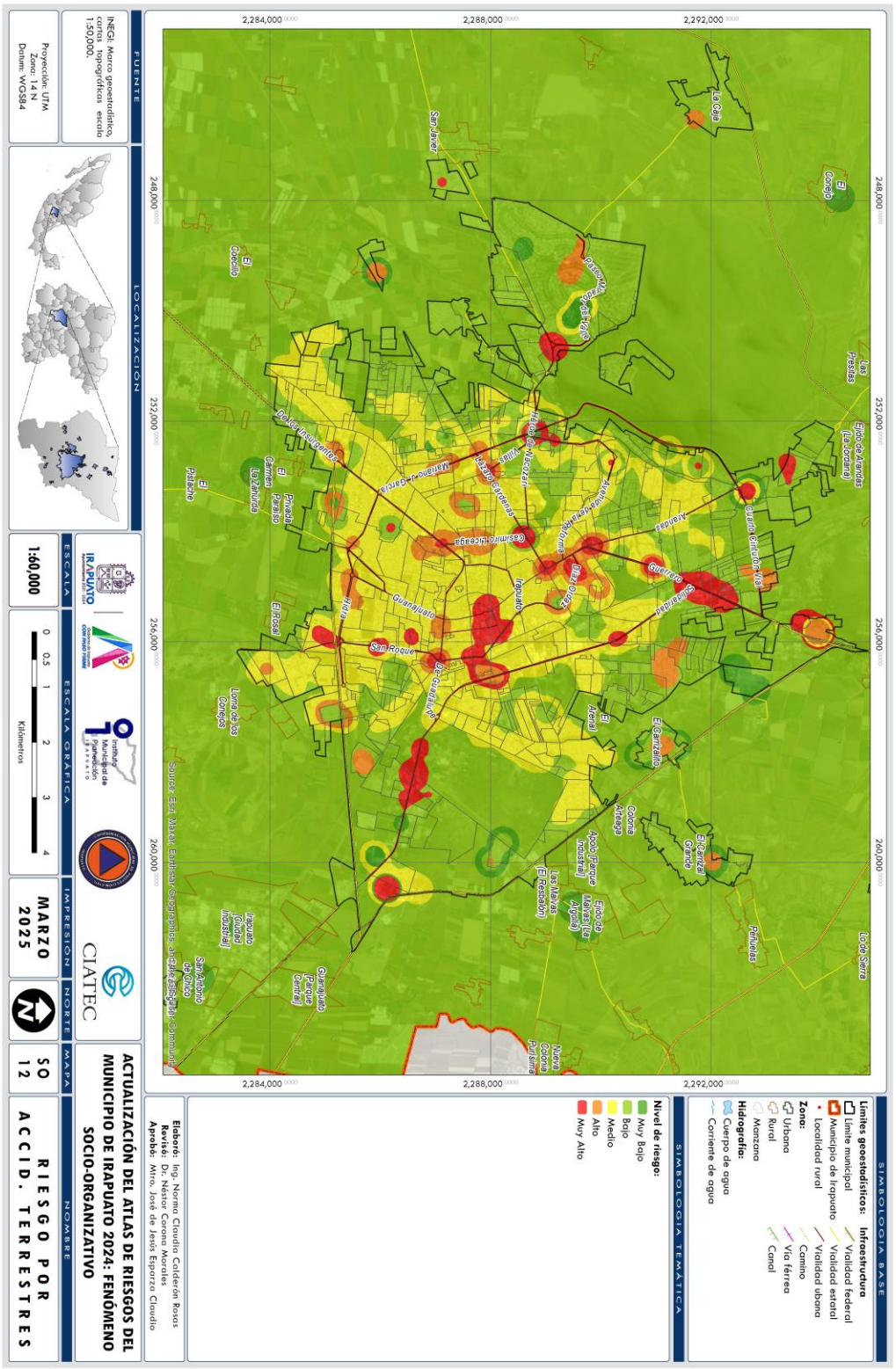
Figura 34: Población según grado de vulnerabilidad a accidentes terrestres.
Fuente: elaboración propia.



Mapa 11: Vulnerabilidad a accidentes terrestres.

VIII.3 Riesgo a accidentes terrestres

El riesgo de accidentes terrestres fue calculado por zona, como una función lineal que relaciones la cantidad de incidentes por habitante residente en el polígono de influencia, tazado de manera anual por cada 100 habitantes. El mapa revela una marcada concentración de riesgo de accidentes terrestres en el corazón de la ciudad, con niveles Extremos y Muy Altos que se agudizan en cruces principales, así como en colonias centrales de alta densidad vehicular en el Centro. En contraste, hacia la periferia, (en sus zonas menos comerciales), el riesgo tiende a disminuir significativamente, predominando niveles Bajo y Muy Bajo, lo que sugiere una menor intensidad de tráfico y una configuración vial diferente en estas áreas más residenciales.



Mapa 12: Riesgo a accidentes terrestres.

IX. ACCIDENTES AEREOS 2023

Los accidentes aéreos representan un tipo de fenómeno de baja probabilidad, pero de alto impacto dentro del contexto urbano. Si bien Irapuato no cuenta con un aeropuerto internacional o de alta capacidad, su ubicación estratégica en el corredor industrial del Bajío y la cercanía con aeropuertos regionales como el de Silao (Aeropuerto Internacional del Bajío) incrementan su exposición al sobrevuelo constante de aeronaves comerciales, privadas y de carga.

Este tipo de eventos puede derivarse de fallas técnicas, condiciones meteorológicas adversas, errores humanos o interferencias externas, y sus consecuencias pueden ser severas tanto para la población como para la infraestructura urbana en caso de impacto en zonas habitadas. La identificación de rutas de sobrevuelo, posibles zonas de caída y el análisis de vulnerabilidad asociada a la densidad poblacional y el uso del suelo son elementos clave para estimar el riesgo y establecer medidas preventivas.

La actualización del componente de accidentes aéreos no fue considerada prioritaria en el presente ejercicio del Atlas de Riesgos debido a la baja probabilidad de ocurrencia y la ausencia de registros recientes de este tipo de eventos dentro del territorio municipal. Por lo que se reportan la información generada en el Atlas de Riesgos Municipal 2013.

El Aeropuerto más cercano a Irapuato es el Internacional de Guanajuato o del Bajío, enclavado en el municipio de Silao, más específicamente en la carretera Silao – León.

En el municipio de Irapuato no existen helipuertos formales, pero durante el taller de autoridades, se dieron a conocer que no existen sitios formales de aterrizaje de helicópteros pero que existen al menos 5 sitios alternos de y se habilitan cuando son necesarios: Inforum, Deportiva Norte, Deportiva Sur, Parque de beisbol e instalaciones de la Expo agroalimentaria.

Figura 35: Expanda del INFORUM de Irapuato.

Es importante mencionar que se cuenta con dos aeródromos en el municipio, así como el aeródromo militar dentro de la XII Región Militar.15.

Figura 36. La Seguridad Pública de Guanajuato cuenta con helicópteros que se desplazan en Irapuato.

IX.1.1 Susceptibilidad de accidentes aéreos

En cuanto al nivel de peligro o susceptibilidad asociado al componente de accidentes aéreos, se considera muy bajo para el municipio de Irapuato. Esto se debe a que el municipio no cuenta con un aeropuerto, siendo el más cercano el Aeropuerto Internacional del Bajío, ubicado en el municipio de Silao. Asimismo, no existen helipuertos formales en el territorio municipal que cumplan con las especificaciones técnicas y normativas establecidas por la autoridad aeronáutica correspondiente.

Tabla 53: Instalaciones expuestas para el componente Accidentes aéreos y terrestres.

Instalaciones aéreas y terrestres	Número
Autopistas	3
Zonas alternas de aterrizaje	5
Vía del ferrocarril que atraviesan la ciudad	2

Si bien se reportan algunos sitios específicos utilizados ocasionalmente para el aterrizaje de helicópteros, estos no están registrados oficialmente como helipuertos y son seleccionados

únicamente por su extensión y condiciones físicas. Entre estos espacios (Tabla 53) se encuentran: el Inforum, la Deportiva Norte, la Deportiva Sur, el parque de béisbol y las instalaciones de la Expo Agroalimentaria.

IX.1.2 Vulnerabilidad por accidentes aéreos

Tema no desarrollado en 2013, derivado a que no aplico la determinación de vulnerabilidad para el componente de accidentes aéreos, ya que no existían en su momento zonas con infraestructura aeronáutica formal ni antecedentes de este tipo de eventos en el municipio.

IX.1.3 Riesgo por accidentes aéreos

Tema no desarrollado en el 2013 para el componente de accidentes aéreos, debido a la ausencia de factores de peligro activos dentro del municipio, así como la inexistencia de exposición significativa o vulnerabilidad asociada. La combinación de baja probabilidad de ocurrencia y falta de elementos susceptibles en el territorio hace que este fenómeno no represente un riesgo relevante para Irapuato.

X. CONCENTRACIONES MASIVAS

Como parte de los antecedentes identificados en el Atlas Municipal de Riesgos de Irapuato 2013, se reconoce que la concentración masiva de personas en un solo lugar, con motivo de diversas actividades, puede generar una serie de riesgos significativos para la seguridad colectiva. Este componente contempla distintos contextos en los que la acumulación de población representa una posible amenaza, ya sea por la posibilidad de accidentes, afectaciones a la movilidad, fallas en los servicios de emergencia o situaciones de pánico.

Entre los principales atributos considerados se encuentran las festividades populares y religiosas, incluyendo peregrinaciones tanto a pie como en bicicleta, que pueden implicar el cierre de vialidades, desvíos o aglomeraciones en zonas sensibles. Asimismo, se incluyen las manifestaciones cívicas y los eventos conmemorativos que concentran grandes multitudes en espacios públicos. En el caso particular de Irapuato, también se identifican como puntos críticos las áreas aledañas a hospitales, debido al flujo constante de personas en condiciones de vulnerabilidad, así como los espacios donde se realizan eventos cívicos formales, los cuales requieren previsiones específicas en términos de logística, seguridad y servicios médicos de emergencia.

Durante el taller realizado en el 20213 con autoridades municipales, se presentaron datos relevantes sobre los sitios de concentración masiva de personas en Irapuato. Uno de los puntos más señalados fue la Avenida Guerrero, ampliamente utilizada para eventos cívicos como desfiles, manifestaciones hacia el centro de la ciudad y el paso de peregrinaciones. Esta vialidad, por su función simbólica y geográfica, representaba un eje recurrente de movilidad masiva y, por tanto, de riesgo potencial.

Los asistentes al taller también señalaron que la denominada Zona Dorada–hospitalaria había venido representando, en los últimos años, un problema significativo para la gestión del riesgo. En dicha área se concentraban todos los servicios hospitalarios del municipio, en una zona ya conflictiva debido a la presencia simultánea de instalaciones como la Plaza de Toros, el Estadio de Fútbol, el Lienzo Charro y la terminal de camiones suburbanos.

Esta zona también servía de ruta para eventos como la Cabalgata de Día de Reyes, el Día del Niño y la peregrinación del 12 de diciembre. En sus alrededores, pertenecientes aún a la Zona Dorada, se ubicaban algunos de los principales hoteles de la ciudad. Tanto Protección Civil como Seguridad Pública manifestaron que esta área era considerada de

alto riesgo, ya que, de buscarse dañar instalaciones estratégicas, su nivel de concentración y exposición la hacía particularmente vulnerable.

Asimismo, se expresó la preocupación por la posibilidad de que, ante una contingencia mayor en otra zona del municipio que demandara atención médica masiva, la ubicación centralizada de todos los hospitales dificultaría la logística de respuesta, retrasando significativamente la atención a las personas afectadas.

Durante ese taller, también se identificaron riesgos puntuales en otros espacios de alta concentración de personas. Por ejemplo, en relación con el cableado urbano, se mencionó la falta de mantenimiento en diversas zonas de la ciudad. En eventos como las cabalgatas sobre Avenida Guerrero, se reportó que era necesario levantar los cables con palos para permitir el paso de carros alegóricos, una práctica improvisada que podría derivar en un accidente grave en caso de dañar el tendido eléctrico.

Dentro del mismo componente, se analizó el evento conocido como "Mes de los Barrios", que se celebraba del 31 de noviembre al 31 de diciembre de cada año. Cada barrio organizaba su propia festividad, lo que extendía el evento a prácticamente toda la ciudad. Además de la concentración masiva de personas, estas fiestas implicaban el uso de fuegos pirotécnicos, lo que incrementaba considerablemente el riesgo tanto para la población como para las instalaciones cercanas. Los participantes del taller mencionaron que era común la presencia de pleitos entre pandillas y, en ocasiones, actos de vandalismo.

Se mencionó también la existencia de un tianguis de venta autorizada de cohetes ubicado en las inmediaciones del Inforum, conocido como Copalillo. Aparte de este, existían otros puntos menores de venta, denominados polvorines, localizados en colonias como La Lagunilla, San Benito y San Miguel, los cuales también representaban focos de atención en materia de protección civil.

En el mes de mayo, se llevaban a cabo las tradicionales Fiestas Patronales en diversas comunidades rurales del municipio. Las más vigiladas por las autoridades eran las de San Roque, Tejamanil, Tomelopitos, La Soledad, El Carmen, San Cristóbal, San Juan de Retana, El Nido y Cuchicuato, debido a la alta afluencia de personas y al uso de pirotecnia.

Uno de los eventos más destacados dentro del componente de concentración masiva de personas era el Día de Muertos, celebrado los días 1 y 2 de noviembre. En estas fechas, una gran parte de la población irapuatense acudía a los cinco panteones principales del municipio, siendo el Panteón Municipal y el de Los Olivos los más frecuentados, según lo expresado por los asistentes al taller.

Finalmente, se identificaron los sitios con mayor concentración de personas, a fin de incorporarlos en los mapas de riesgo y diseñar estrategias de atención específicas en caso de contingencia.

Tabla 54. Puntos de mayor afluencia en el municipio 2012.

Lugar	Ubicación	Colonia	Capacidad
Meneo	Blvd. Paseo Solidaridad (Carr. Silao - Irapuato)	Pradera	300
Central Camionera	1ro. de Mayo	Centro	5000
Plaza de Toros	Av. de la Reforma	Rodríguez	20000
Lienzo Charro Ignacio León	Calz. Los Chinacos	-	3000
Cinema Century	Calz. Industria	Independencia	250
Cinemark	Av. de las Arboledas	-	1000
El Estadio	Blvd. Paseo Solidaridad (Carr. Irapuato - Salamanca)	-	200
Tropicana	Av. Independencia	Miguel Hidalgo	100
Latino	Monte de las Cruces	Miguel Hidalgo	200
Cleopatras	Av. de los Insurgentes	Playa Azul	300
Revolución	Grillito Cantor	Rodríguez	3000
Sergio León Chávez	Av. Lázaro Cárdenas	Rodríguez	30000
La Virgen de Guadalupe	Jardín Hidalgo	Comunidad: Aldama	500
Templo de la Salud	Cuitláhuac	Barrio de la Salud	150
San Juan Bosco	Blvd. Gustavo Díaz Ordaz	-	150
Los Dolores	Francisco Márquez	-	200
Santa Anita	Sostenes Rocha	Centro	150
San Vicente	Manuel Doblado	Centro	150
Señor de La Encarnación	Guerrero	-	200
San Felipe de Jesús	Río Grijalva	Pradera	700
Viva María	5 de Mayo	Centro	150
La Luz del Mundo	Av. Adolfo López Mateos	-	100
Los Santos de los Últimos Días	Invierno	-	300
San Pedro	Av. Independencia	Miguel Hidalgo	500
Apostólica	Zafiro	-	250
Salón del Reino de los Testigos de Jehová	Acapulco	-	200
David y Dios	Alfonso Caso	-	150
Los Santos de los Últimos Días	Av. De las Arboledas	-	150
Buen Pastor	Blvd. Mariano J. García	-	800
Nazareno	Rosal	-	200
Salón del Reino de los Testigos de Jehová	Vergel	-	250

Lugar	Ubicación	Colonia	Capacidad
San Juan Bautista	Cafetales	San Juan de Retana	500
Salón del Reino de los Testigos de Jehová	Aguacate (Java)	-	200
Los Santos de los Últimos Días	Américo Vespucio	-	200
Señor de La Encarnación	Democracia	-	250
Los Dolores	José María Morelos	-	150
Metodística Jerusalén	Av. Adolfo López Mateos	-	250
San Agustín	Carr. Silao - Irapuato	-	300
Santa Margarita María de Alacoque	Paseo Mirador del Valle	Villas de Irapuato	400
Pasaje El Águila	Leandro Valle	Centro	5000
Jesús R. Márquez	Alhóndiga de Granaditas	Independencia	200
Sostenes Rocha	Sostenes Rocha	Independencia	400
Sostenes Rocha	Hermenegildo Galeana	Independencia	400
Hidalgo	Manuel Doblado	Centro	3000
Guadalupe Victoria	Abundio Gómez	Miguel Hidalgo	200
Guerrero	Av. Vicente Guerrero	Rodríguez	500
Guadalupe Victoria	Primo Verdad	Barrio Nuevo	200
Benito Juárez	Antonio Torres	Miguel Hidalgo	300
Central de Abastos	Anden A	-	7000
Irapuato	Av. México (Av. Guanajuato)	El Cantador	500
Delegación Municipal Aldama	Jardín Hidalgo	Com. Aldama	150
Secretaría de Desarrollo Económico	Blvd. Paseo Solidaridad (Carr. Silao - Irapuato)	Las Fuentes	150
SAT	Cortázar	Centro	150
Gobierno del Estado	Blvd. Gustavo Díaz Ordaz	Los Eucaliptos	200
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos	Av. CFE	CFE	100
CFE	Blvd. Juan José Torres Landa	Rodríguez	100
Plaza Fiesta	Blvd. Gustavo Díaz Ordaz	Independencia	7000
Comercial Mexicana	Blvd. Gustavo Díaz Ordaz	Las Reinas	3800
Comercial Mexicana	Blvd. Del Bosque	-	1500
Plaza Magna	Av. Vicente Guerrero	Sta. Julia	1000
Plaza Cibeles	Blvd. A Villas de Irapuato (Carr. Irapuato - San Cristóbal)	Quinta Villas	5000
Soriana	Av. de las Arboledas	-	1500
Jacarandas	Av. de las Arboledas	-	1500
Mario Vázquez Raña	Av. Reforma	Cd. Deportiva	2000
Centro Expositor	Libramiento Norte	-	7000

Los peligros que se identificaron dentro de este componente, fue mediante el uso de datos de distintas fuentes como el 066, encuestas y datos de autoridades, a los cuales se les asignaron atributos de manera indirecta, a través de los siguientes rubros registrados en la tabla que a continuación se expone:

Tabla 55. Motivos del componente Concentración Masiva de personas 2012.

Motivo	Total de Llamadas
Bloqueo: mítines, manifestaciones	74
Encender fogatas y cohetes	880
Grafiteros	367
Mitin, manifestación	72
Riña campal	3797
Venta clandestina de cohetes	81

Fuente: 066/2012

Bloqueos: mítines y manifestaciones

Se incluyó este rubro ya que en este componente los cortes a las vías de comunicación son importantes, pero solamente se registraron 2 llamadas en el año referentes a esta situación y no queda claro en la estadística si los cortes fueron realizados a mítines y/o manifestaciones o no.

Tabla 56. Sitios de bloqueo por mitin y/o manifestación 2012.

Colonia	Total
Comedero (rural)	1
Zona centro (centro histórico)	1

Fuente: 066/2012

Mitin, Manifestación

Un mitin es un acto o reunión pública en la que se discuten asuntos políticos o sociales; a su vez una manifestación es una reunión de gente que desfila para dar su opinión o reivindicar algo. Ambas tienen características comunes, son generalmente multitudinarias, tienen el objeto de llamar la atención por lo que obstruyen el paso de vehículos y personas.

Es lógico que la mayor parte de los mítines y manifestaciones se realicen en el Centro Histórico de la Ciudad de Irapuato, puesto que ahí residen las autoridades que pueden solucionar las demandas de la sociedad que se manifiesta. A continuación, se muestran las estadísticas que sobre este rubro se acumularon en el 2012:

Tabla 57. Sitios de Mítines y manifestaciones 2012.

Colonia	Total
Zona Centro (Centro Histórico)	22
Jardines de Irapuato	6
Viveros Revolución	5

Colonia	Total
Barrio de Santiaguito	4
Rancho Grande (Rural)	3
Barrio de La Piedra Lisa	2
Barrio de San José	2
Barrio de San Miguel	2
Barrio de San Vicente	2
Insurgentes, Fracc.	2
Morelos, Col.	2
Residencial Campestre	2
Reynas, Fracc.	2
Tenerías Irapuato	2
Villas de San Cayetano Col. (Apatzingán)	1
San Gabriel 1	1
Rodríguez Col.	1
Rafael Galván Col.	1
Quinta Jacarandas	1
Presidentes	1
Malvas, Las Col.	1
Lázaro Cárdenas	1
Granjas Saldaña	1
Gámez, Fracc.	1
Copalillo (Rural)	1
Cerrada Alta Mira, Fracc.	1
Cd. Industrial	1
Fracc. El Cantador	1

Fuente: 066/2012

Movimiento de peregrinos.

Una de las tradiciones más arraigadas en el municipio de Irapuato fue el tránsito de peregrinos durante los meses de enero y principios de febrero. Cada año, grandes cantidades de personas atravesaban la ciudad a pie o en bicicleta, como parte de su recorrido hacia el Santuario de la Virgen de San Juan de los Lagos, en el estado de Jalisco, partiendo desde distintas regiones del país y pasando por León e Irapuato como puntos clave de su trayecto.

Aunque este fenómeno sociorganizativo estuvo acotado en tiempo y espacio, tuvo un impacto considerable en la dinámica urbana de la ciudad. La presencia masiva de peregrinos alteró de forma temporal pero significativa el flujo vehicular, afectando la movilidad cotidiana y generando diversas demandas en materia de seguridad y logística.

La naturaleza del desplazamiento (principalmente a pie y en bicicleta, acompañado por vehículos de apoyo) requirió una coordinación especial por parte de las autoridades municipales, quienes debían habilitar espacios para descanso y acampado, gestionar rutas alternas de tránsito, atender emergencias médicas, mitigar el riesgo de accidentes viales y manejar el incremento en la generación de residuos sólidos en puntos específicos de la ciudad.

En el mapa de la Figura 37 se puede observar las rutas y bases de peregrinos que pasan por el municipio, marcado con punto azul la base de peregrinos norte y en color rojo la base de peregrinos sur. La línea en color azul agua muestra la ruta que siguen los peregrinos en el mes de enero, mientras que la línea roja muestra la ruta que siguen los peregrinos de Salamanca en Semana Santa.

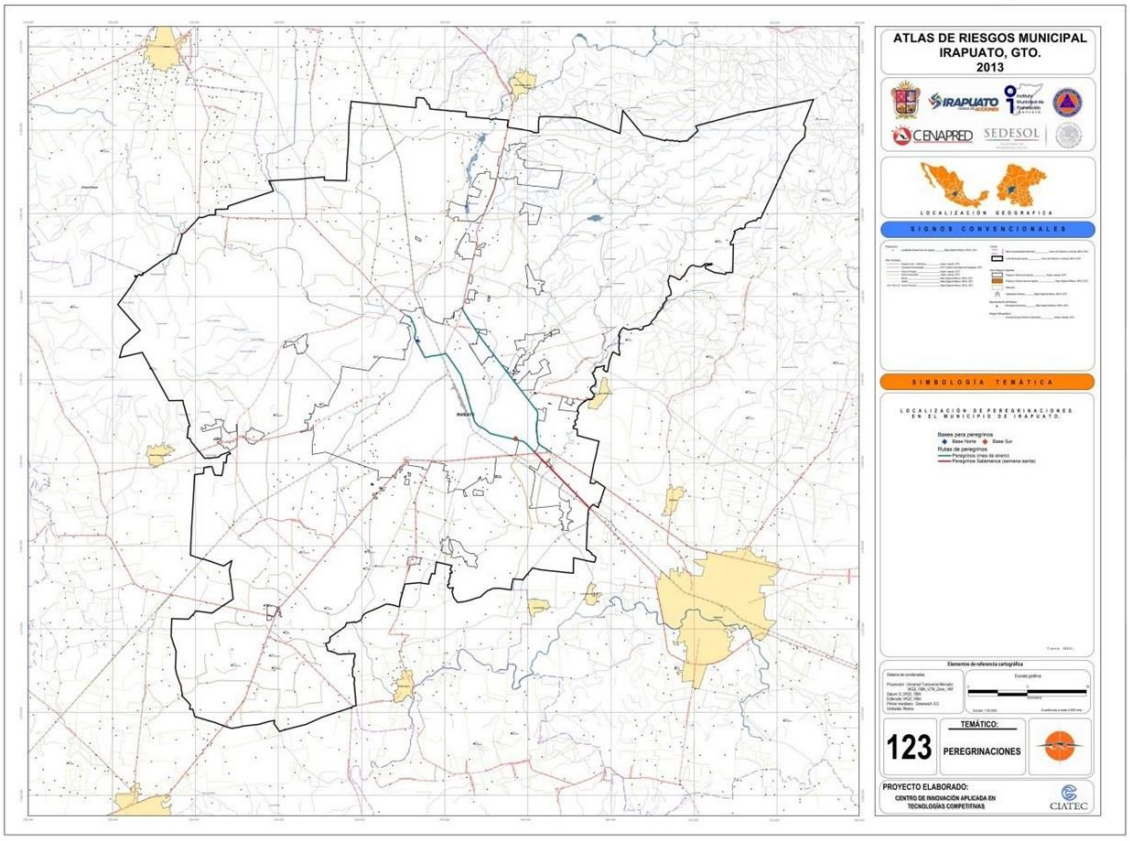


Figura 37. Ruta de peregrinos 2012.

A Continuación, se muestra la actualización del componente para los eventos que actualmente tienen incidencia en Irapuato y que corresponden al componente de concentración masiva de personas.

X.1 Eventos comerciales específicos: El Buen Fin

Esta se refiere a la concentración masiva de personas con motivos de accesos a bienes y servicios. El patrón espacial de distribución de lugares en los cuales se generan estas aglomeraciones está sumamente localizado en zonas específicas del municipio, y más aún, en zonas muy puntuales de la cabera municipal. En este sentido el análisis parte de la identificación de los espacios susceptibles a incidencias negativas para la población y sus bienes.

Uno de los principales acontecimientos que en los últimos años ha sido el Buen Fin, que provoca literalmente euforia colectiva y movilización en todos los expendios con posibilidad de brindar bienes y servicios con descuentos. Las fechas para su realización han sido variables, la más extrema fue en 2020, cuando la duración de estuvo influenciada por la contingencia sanitaria de COVID, con una duración de 12 días.

- 2020 del 9 al 20 de noviembre,
- 2021 del 10 al 16 de noviembre
- 2022 del 18 al 21 de noviembre
- 2023 del 17 al 20 de noviembre
- 2024 del 15 al 18 de noviembre

Las actividades se extienden por toda la ciudad, particularmente en sectores con vocación comercial, cómo el centro histórico y los principales corredores comerciales, incluida la Plaza Cibeles es un clúster comercial con 164 locales y una superficie aproximada de 80,000, m^2, que presenta una gran afluencia anual de personas.

Figura 38: Foto aérea de plaza Cibeles.
Fuente: https://fibrashop.mx (accesado febrero 2025).

X.1.1 Susceptibilidad concentraciones masivas tipo comercial: el Buen Fin.

El presente análisis se realizó zonificando la ciudad de acuerdo con la cantidad de oferta de bienes y servicios susceptibles a participar en el Buen fin y provocar la movilización de la población a sus instalaciones. Para la delimitación de zonas con mayores potenciales atractivas, se tomó en cuenta la cantidad de empleados de cada UE, siendo qué, a mayor cantidad de personal empleado, mayor peso de atracción de clientes.

Una vez identificados las zonas con mayor dinamismo económico se analizaron las incidencias acontecidas durante las fechas de realización de todas campañas de Buen Fin, y a seleccionar aquellas que ocurrieron dentro de los perímetros de las zonas con mayor dinamismo.

Durante los periodos del Buen Fin (2020-2023) en Irapuato, el análisis espacial revela que las incidencias delictivas y de alteraciones se concentraron significativamente en las colonias que albergan la mayor actividad económica. Es altamente probable que la Zona Centro haya experimentado una alta densidad de "Actos relacionados con el patrimonio" y "Disturbio y alteraciones del orden público" debido a su tradicional dinamismo comercial.

Asimismo, las colonias como Moderna y Prolongación Moderna, presumiblemente cercanas a importantes corredores comerciales y centros de alta afluencia, habrían registrado una mayor incidencia en categorías como delitos contra el patrimonio, problemas de seguridad personal y faltas relacionadas con las vías de comunicación, impulsadas por el incremento del flujo de personas y vehículos.

Esta concentración espacial de las incidencias subraya la necesidad de implementar estrategias de seguridad específicas y focalizadas en estas colonias clave durante los periodos del Buen Fin. La Zona Centro podría requerir una mayor presencia policial para prevenir robos y mantener el orden, mientras que, en colonias como Moderna y Prolongación Moderna, las estrategias podrían enfocarse en la vigilancia de centros comerciales, la gestión del tráfico y la prevención de altercados en zonas de alta concurrencia. La identificación precisa de las colonias con mayor dinamismo económico y su correlación con los tipos de incidentes permitirá una asignación de recursos más eficiente y una planificación de seguridad más efectiva a nivel local.

Para futuras campañas del Buen Fin, sería crucial realizar un análisis aún más detallado, superponiendo el mapa de calor de incidencias directamente con este mapa de colonias.

Esto permitiría identificar con exactitud qué colonias específicas dentro de Irapuato requieren la mayor atención en términos de seguridad, facilitando la implementación de medidas preventivas y de respuesta adaptadas a las características particulares de cada zona de alta concentración económica.

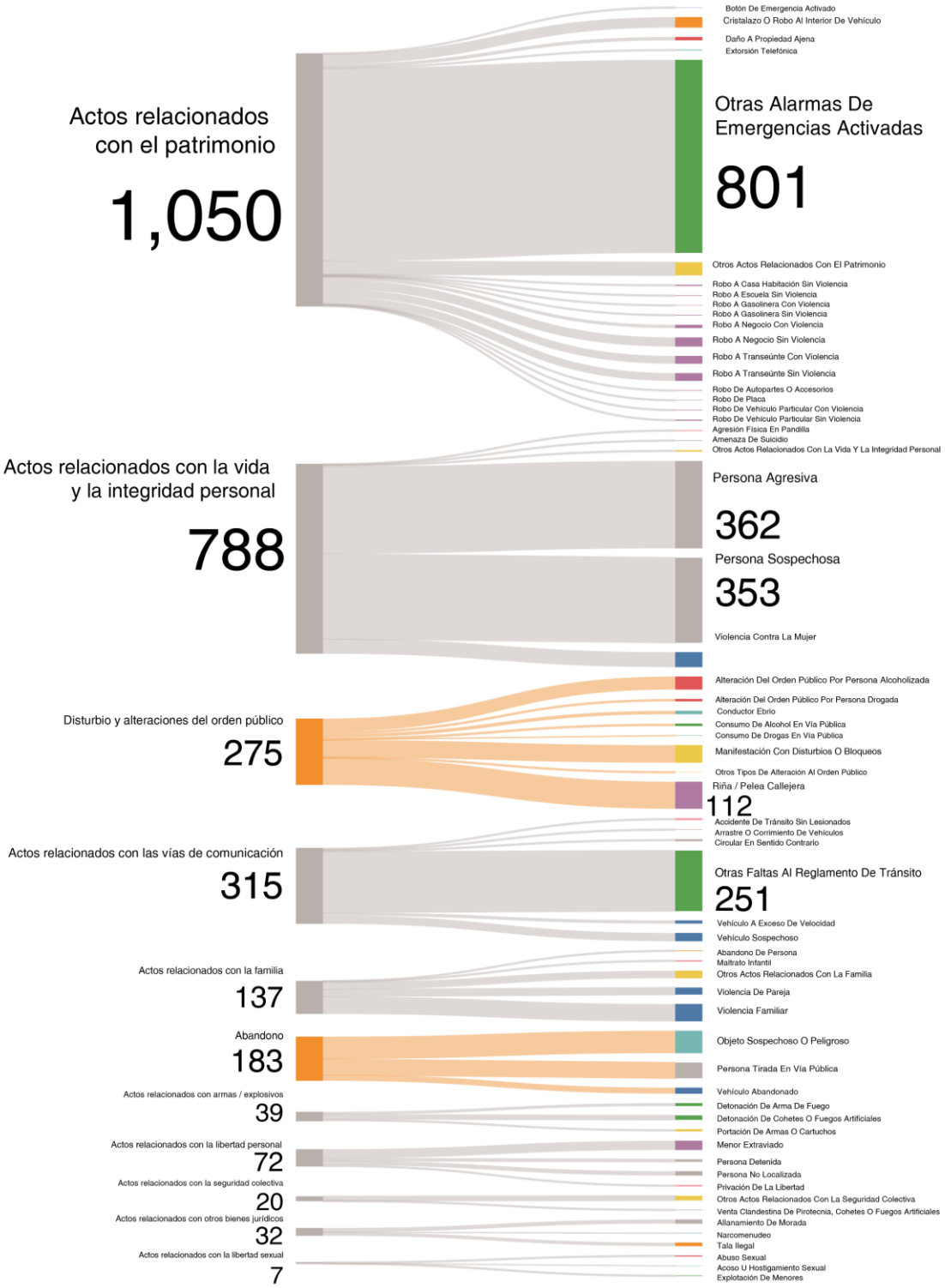
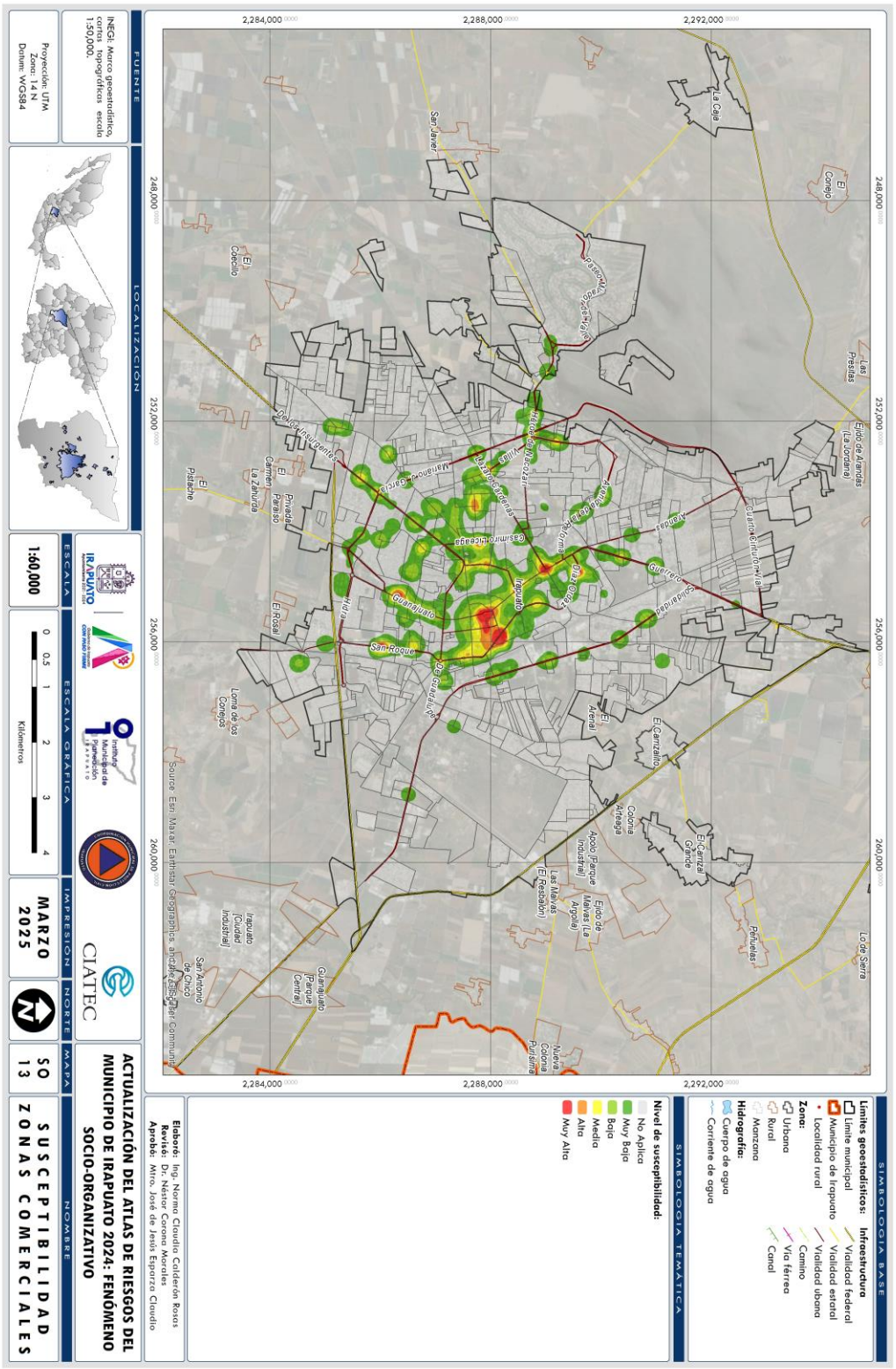


Figura 39: Incidencias durante los periodos del buen fin dentro de las zonas de mayores dinamismos económico.

Fuente: elaboración propia.

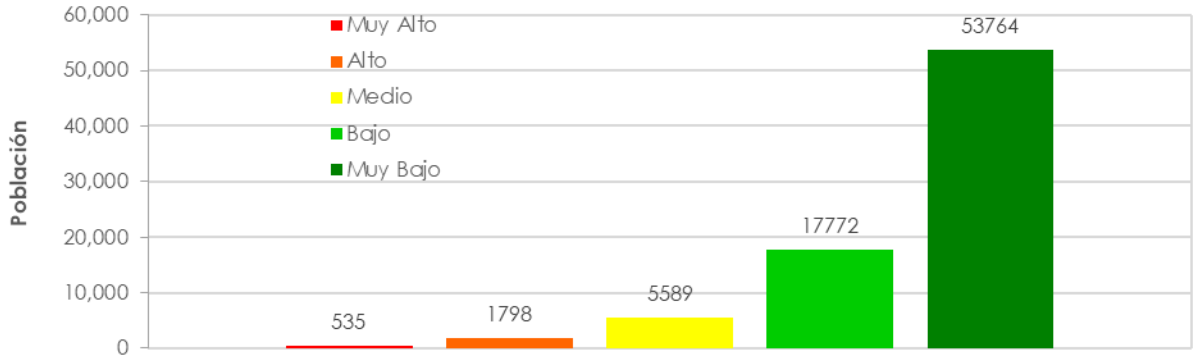


Mapa 13: Susceptibilidad a incidencias negativas durante el Buen Fin.

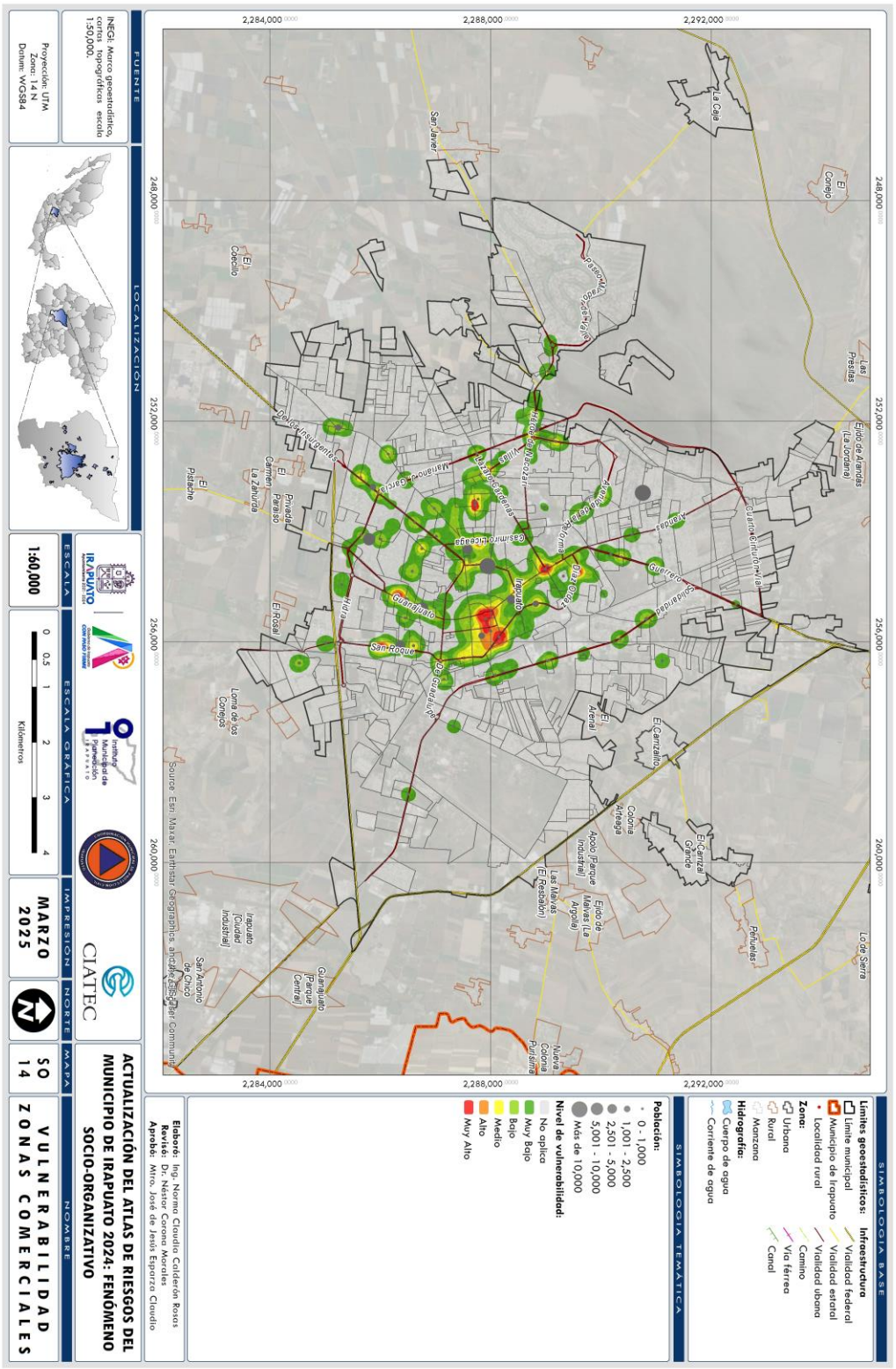
X.1.2 Vulnerabilidad en concentraciones masivas tipo comercial: Buen Fin.

En la siguiente gráfica, se muestran las cantidades obtenidas al realizar la comparativa de densidad de población contra susceptibilidad para el evento del Buen Fin, agrupando a la mayor cantidad de habitantes en la categoría de Muy Baja vulnerabilidad.

Figura 31. Población por grado de vulnerabilidad dentro de las zonas de mayores dinamismos económico.



Fuente: elaboración propia.



Mapa 14: Vulnerabilidad en zonas de mayor dinamismo económico.

X.1.3 Riesgo en concentraciones masivas de tipo comercial, el Buen Fin.

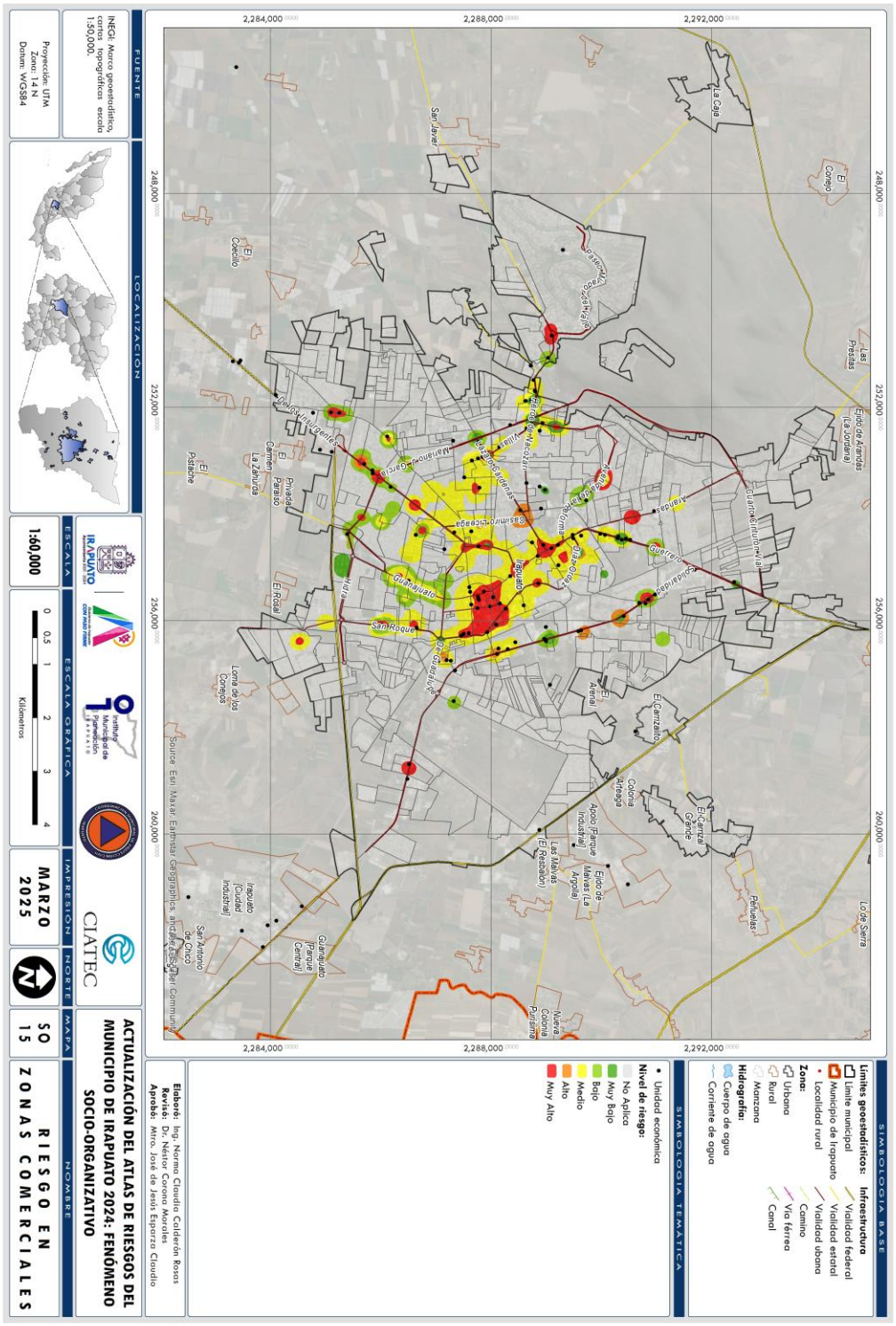
La zonificación final muestra el grado de riesgo al que está expuesta una persona a ser afectado por alguna de las situaciones nocivas del catálogo de incidencias durante las actividades comerciales del Buen Fin en todas las zonas con vocación comercial. Las zonas de muy alto riesgo indican espacios en los que se corre el riesgo de que 10 de cada 100 personas puedan experimentar una situación nociva del catálogo de incidencias de seguridad. En las zonas de alto riesgo desde 7.5 personas por cada 100, y así respectivamente en intervalos de 2.5 casos por cada 100 personas.

Al analizar el mapa de riesgos socio-organizativos específicamente durante el Buen Fin, se confirma la criticidad del centro de Irapuato. La zona de muy alto riesgo se superpone directamente con la colonia Centro, donde se concentran unidades comerciales clave como Sears, Coppel, y múltiples comercios minoristas. La alta afluencia de compradores en esta área durante el Buen Fin eleva significativamente la probabilidad de incidentes de seguridad. Rodeando este núcleo de muy alto riesgo, se extiende una zona de alto riesgo que abarca colonias adyacentes como Jardín Hidalgo y partes de San Miguelito, donde también se ubican importantes establecimientos como Bodega Aurrera y Soriana Mercado, atrayendo a un considerable número de compradores.

La distribución de la población por grado de vulnerabilidad indica que, aunque la mayor parte de los habitantes reside en zonas de muy baja y baja vulnerabilidad, las áreas de mayor riesgo comercial durante el Buen Fin, localizadas principalmente en el centro y sus alrededores, experimentan una alta concentración de actividad comercial y, por ende, una mayor exposición a posibles incidentes. Las zonas de riesgo medio se dispersan en corredores comerciales de colonias como Guerrero y Revolución, donde unidades como Home Depot y Sam's Club generan una afluencia moderada de personas. Finalmente, las zonas de riesgo bajo y muy bajo se encuentran en colonias más periféricas o con una actividad comercial menos intensa durante el Buen Fin, con unidades comerciales más aisladas o centros comerciales de menor escala.

La integración de los nombres de las colonias y las principales unidades comerciales permite una comprensión detallada de los puntos críticos de riesgo durante el Buen Fin. El centro de Irapuato, con su alta concentración de comercios y su centralidad histórica y religiosa, se identifica como la zona de mayor preocupación en términos de riesgo socio-organizativo. Las estrategias de seguridad y prevención deben enfocarse prioritariamente en esta área y sus inmediaciones, donde la probabilidad de incidentes es significativamente mayor debido a la alta densidad de compradores y la concentración de actividad comercial.

En conclusión, el análisis integral de la vulnerabilidad y el riesgo socio-organizativo en zonas comerciales de Irapuato, especialmente durante el Buen Fin, revela una clara correlación entre la centralidad (tanto comercial como religiosa), la concentración de unidades comerciales clave en colonias como el Centro, y un mayor nivel de riesgo. Si bien la mayor parte de la población reside en zonas de menor vulnerabilidad, las áreas de alta actividad comercial, particularmente en el centro, requieren una atención especial en términos de planificación de seguridad y gestión de riesgos para mitigar la probabilidad de incidentes que puedan afectar a los compradores durante este importante evento comercial.



Mapa 15: Riesgo en zonas de mayor dinamismo económico.

X.2 Tianguis

En relación trata de actividades comerciales de diversos productos de consumo básico que se llevan a cabo de manera periódica y que se establecen como cadenas concatenadas de puestos comerciales que se establecen sobre la vía pública en determinada fecha de la semana. Estos fungen como espacios de abasto y en menor medida esparcimiento en donde se lleva a las colonias víveres y servicios principalmente de la canasta básico, vestido, accesorios y servicios especializados de escala doméstica. Una característica fundamental de los tianguis es su carácter itinerante, debido que se establecen de manera periódico en ciertas calles dela ciudad, normalmente un solo día a la semana en horarios de entre 8 y 16 horas, pero sus actividades de montaje pueden comenzar incluso a las 4 de la mañana.

El municipio de Irapuato, el H. Ayuntamiento proporcionó tres insumos de información referentes a los tianguis, un archivo shapefiles (Tianguis_2024) con 50 colonias, que alcanza una longitud de más de 10 km (suma de las longitudes de todos los tianguis) que atienden a buena parte de la ciudad, cerca de 39 colonias, se proporcionó otro shapefile de tianguis y comunidades, que contiene trazos de 59 segmentos de vía sin información asociada y una base de datos del padrón de tianguis en 2024 que cuenta con 52 registros con detalle de lugar, día y hora de su establecimiento, (ver siguiente tabla).

Tabla 58. Relación de Tianguis en la ciudad y comunidades.

No.	Colonia	Calle principal	Entre calles	Días	Horario
1	El MIR	24 de Junio	15 de Febrero y Rubén Jaramillo, 2 de Abril hasta Antiguo Camino a las Animas	Domingo	8:00 -16:00
2	12 de Diciembre	Lagunilla	Naucalpan hasta la av. San Juan	Domingo	8:00 -16:00
3	12 de Diciembre	Lagunilla	Naucalpan hasta calle Polanco	Domingo	8:00 -16:00
4	San Martín de Porres	Santa Mónica	San Andrés hasta San Antonio	Domingo	8:00 -16:00
5	3ra de San Gabriel	División del Norte	Príncipe Jorge hasta La Soledad	Domingo	8:00 -16:00
6	Los Presidentes	Gustavo Díaz Ordaz	Los Pinos hasta Lázaro Cárdenas	Domingo	8:00 -16:00
7	MIR	Gerardo Vázquez	14 de Febrero hasta Niños Héroes	Domingo	8:00 -16:00
8	Miguel Hidalgo	Tehuacán	Antonio Torres hasta Topacio	Domingo	8:00 -16:00
9	Purísima del jardín	Laurel	Av. Jardín hasta 50 mts.	Domingo	8:00 -16:00

No.	Colonia	Calle principal	Entre calles	Días	Horario
10	Valle Verde	Maizales	Calle Clavel hasta pasando Trigales	Lunes	8:00 -16:00
11	2a de San Gabriel	Francisco Mujica	Carlo Magno hasta Paseo de la Rivera	Lunes	8:00 -16:00
12	12 de Diciembre	Narvarte	Av. San Juan hasta el Cárcamo	Lunes	8:00 -16:00
13	San Martín de Porres	San Andrés	San Andrés	Lunes	8:00 -16:00
14	Bajada de San Martín	Avellano	Calle Peral, Avellano hasta 24 de Abril	Martes	8:00 -16:00
15	Bajada de San Martín	Jacarandas	Calle Peral hasta Mariano Abasolo	Martes	8:00 -16:00
16	Apatzingán	Constitución del 17	Vicente Guerrero hasta Pedro Asencio	Martes	8:00 -16:00
17	Miguel Hidalgo	Topacio	Antonio Torres hasta Acapulco	Martes	8:00 -16:00
18	Miguel Hidalgo	Explanada del Mercado	Oaxaca hasta Tehuacán	Martes	8:00 -16:00
19	Juárez	Cancha Basquetbol	Cancha Basquetbol	Martes	8:00 -16:00
20	CFE	Oviachic	Soto la Marina hasta Infiernillo	Martes	8:00 -16:00
21	L. Cárdenas y E. Zapata	Manuel A. Camacho	Felipe Ángeles hasta Morelos	Miércoles	8:00 -16:00
22	18 de Agosto	Pirul	Presidencia de la República hasta 2 de Abril	Miércoles	8:00 -16:00
23	18 de Agosto	Pirul	Presidencia de la República hasta Gobierno del Estado	Miércoles	8:00 -16:00
24	1ª de Mayo	IMSS	Cárcamo hasta San Miguel	Miércoles	8:00 -16:00
25	Bernardo Cobos	Tulipanes (A. Verde)	Av. España hasta Madrid	Miércoles	8:00 -16:00
26	12 de Diciembre	Cafetales	Narvarte hasta Cd, de México	Miércoles	8:00 -16:00
27	Emiliano Zapata	Vicente Guerrero	Entre la Calle ocupando 1.00 Mts. de 20.00 Mts.	Miércoles	8:00 -16:00
28	Benito Juárez	Embotelladores	Mariano J. García hasta 6 de Noviembre	Jueves	8:00 -16:00
29	FONHAPO	J. Clemente Orozco	Av. Jardín hasta Martha Chapa	Jueves	8:00 -16:00
30	Benito Juárez	Arcadio Ramírez	Mariano J. García Hasta N. Señor de Guadalupe y Sr. de Guadalupe	Jueves	8:00 -16:00
31	La Lupita	Atizapán Loreto	Loreto hasta Malinalco	Jueves	8:00 -16:00

No.	Colonia	Calle principal	Entre calles	Días	Horario
32	Che Guevara	24 de Abril	10 de Noviembre hasta 3 de Abril	Jueves	8:00 -16:00
33	Barrio Calzada de Guadalupe	Casuarina Unión	Av. Guanajuato hasta calle Unión	Jueves	8:00 -16:00
34	Barrio Calzada de Guadalupe	Explanada del Mercado Irapuato	Explanada del Mercado Irapuato Av. Guanajuato	Jueves	8:00 -16:00
35	Valle del Sol	Júpiter	Antares hasta Austral	Jueves	8:00 -16:00
36	Los Reyes	San Cosme	Av. Vallejo hasta Lagunilla	Viernes	8:00 -16:00
37	Los Reyes	Rey Carlos V	Calle Insurgente Sur hasta Rey Ahuízotl	Viernes	8:00 -16:00
38	Independencia	Alhóndiga de Granaditas	Av. del Trabajo hasta 15 de Septiembre	Viernes	8:00 -16:00
39	Guadalupe	John F. Kennedy	Soldado Desconocido	Viernes	8:00 -16:00
40	Las Heras	Roberto Rodríguez	Rosal hasta Roberto Sánchez	Sábado	8:00 -16:00
41	Bernardo Cobos	Barcelona	España hasta Cd. Real	Sábado	8:00 -16:00
42	Barrio Calzada de Guadalupe	Prolongación Casuarina Unión	Av. Guanajuato hasta Unión	Sábado	8:00 -16:00
43	Barrio Calzada de Guadalupe	Explanada del Mercado Irapuato	Explanada del Mercado Irapuato	Sábado	8:00 -16:00
44	Lázaro Cárdenas	Simón Bolívar	Adolfo López Mateo Y Ávila Camacho	Sábado	16:00-23:00
45	Santa Anita	Galeana	Mercado Sostenes Rocha hasta Manuel Vega	Sábado	8:00 -16:00
46	Santa Anita	Galeana	Área De La Explanada Del Paradero De Sostenes Rocha	Sábado	8:00 -16:00
47	Tianguis Irapuato	Álvaro Obregón	Álvaro Obregón Predio	Sábado	8:00 -16:00
48	Comunidad de Aldama		Calzada de Guadalupe	Domingo	8:00 -16:00
49	Comunidad La Soledad	Democracia		Lunes	8:00 -16:00
50	Comunidad El Carmen	Pípila		Martes	8:00 -16:00
51	Comunidad Santa Elena	Jardín Principal		Jueves	8:00 -16:00
52	Comunidad Rancho Grande	Hidalgo		Viernes	8:00 -16:00

Fuente: Implan Irapuato 2024.

De este establecimiento, es relativamente complejo definir sus áreas de influencia, se asume que al menos cubre la colonia en al que se establecen y no en su totalidad, debido a que normalmente los desplazamientos para el abasto, del domicilio al tianguis se efectúan a pie, lo que impacta directamente en la dilatación que puede recorrer el consumidor hasta su domicilio. Por otro lado, a densidad poblacional que congrega también es variable, depende de las características propias de cada uno de ellos.

En cuanto a su temporalidad, el día con más tianguis es el domingo, con 10 campañas, seguid por el jueves con 9, el martes y sábado con 8 cada día, miércoles con 7 y lunes y viernes con 5 cada uno. Espacialmente, las colonias 12 de Diciembre, Barrio Calzada de Guadalupe y Miguel Hidalgo son las que más mas actividad tienen en este ramo.

X.2.1 Susceptibilidad concentraciones masivas tipo comercial: Tianguis

El presente diagnóstico se efectuó identificando, primero, la extensión territorial de cada tianguis, y de manera general, se diseñó un buffer de influencia de entre 100 y 300 m en función de la distancia, tianguis pequeños de hasta dos cuadras se les asignó un buffer de 100 m de área de influencia, y tianguis de mayor tamaña un buffer de 300 m como área de influencia. Este perímetro se empleó para contabilidad las incidencias ocurridas dentro estos perímetros asumiendo que estas podrían ocurrir como consecuencia de las concentraciones masivas.

El segundo paso en la definición de las potenciales incidencias resultantes de las concentraciones periódicas de población con motivos comerciales en tianguis se efectuó filtrando las incidencias que ocurren el día en el que se establece el tianguis, y de esta forma descartar todas las calamidades que ocurrieron el resto de la semana. El tercer nivel de análisis que debe ser considerado es la hora en la que originaron las incidencias, deben de tomarse solo las que ocurrieron en entre las 8 y las 14 horas; que es el periodo de concentración de personas. Sin embargo, este último aspecto no pudo ser considerado, debido a que la base datos no contaba con el atributo de tiempo. Reconociendo esta limitante, se procedió a hacer el respectivo análisis de susceptibilidad.

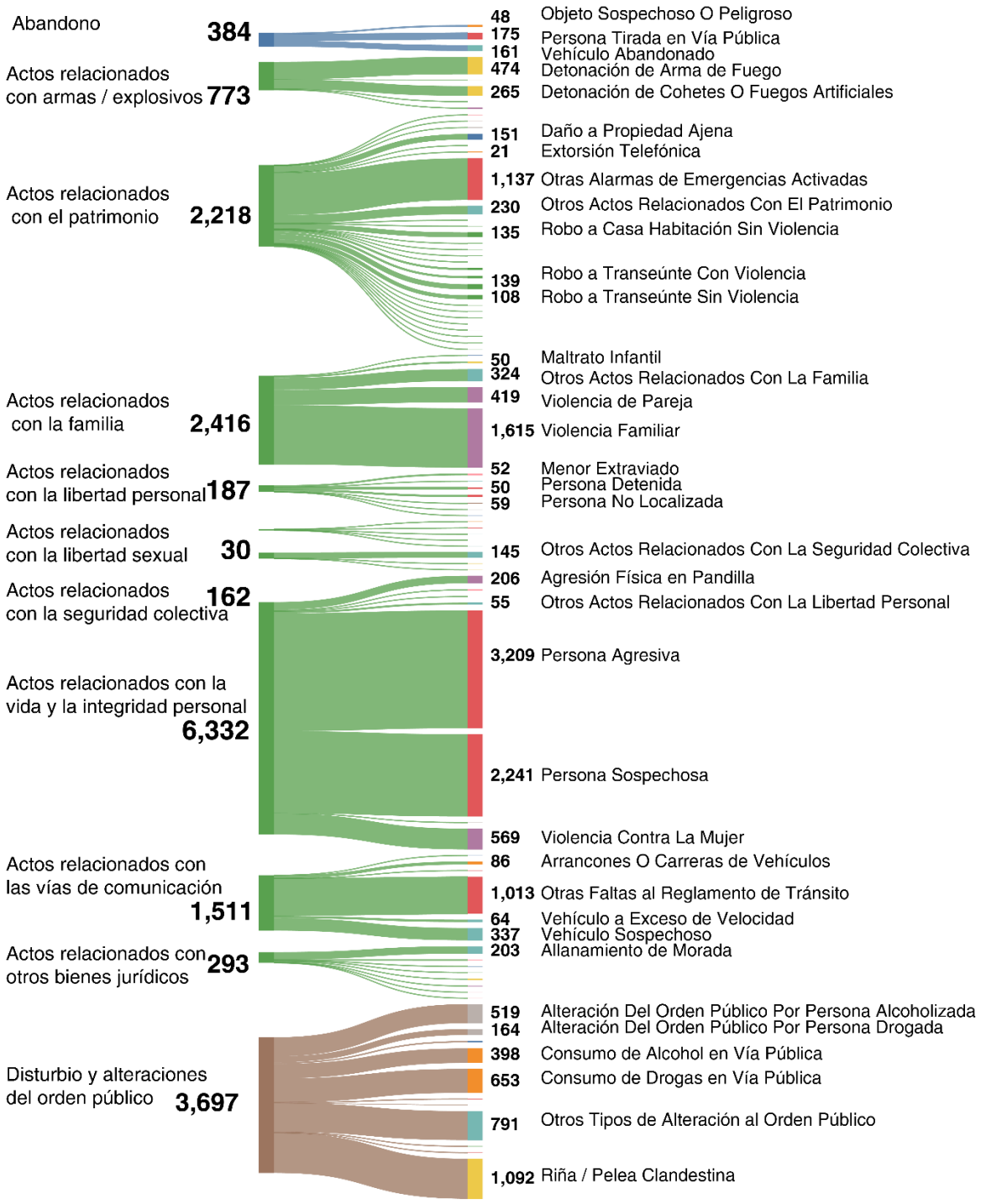
Como resultado se encontró que en el periodo de registro que consta de 1647 días (en intervalo de 1/1/2020 al 31/7/2024) que corresponde a la base de datos de incidencias de C5, se registraron 18,003 incidencias.

A nivel puntual el análisis de incidencias en tianguis de Irapuato, revela un volumen total de reportes que se distribuye en siete categorías principales. La categoría predominante y de mayor preocupación es la de Actos relacionados con la vida y la integridad personal, que acumula 6,332 reportes, estando impulsada principalmente por la Persona Agresiva con 3,209 casos y la Persona Sospechosa con 2,241 reportes, además de Violencia Contra La Mujer con 569 incidencias. Le sigue en magnitud la categoría de Perturbación y alteraciones al orden público con 3,697 reportes, donde la Riña / Pelea Clandestina es el principal detonante con 1,092 casos, seguido de cerca por Otros Tipos de Alteración al Orden Público (791) y el Consumo de Drogas en Vía Pública (653). La tercera categoría más alta es la de Actos relacionados con la familia con 2,416 reportes, dominada por la Violencia Familiar (1,615), seguida por la Violencia de Pareja (419). En cuarto lugar, se encuentran los Actos relacionados con el patrimonio con 2,218 reportes, donde Otras Alarmas de Emergencias Activadas representa el mayor subtipo (1,130), superando a los casos de robo (Robo a Transeúnte Con Violencia, 139; Robo a Casa Habitación Sin Violencia, 135). Las incidencias asociadas a Actos relacionados con las vías de comunicación suman 1,511 reportes, en su mayoría por Otras Faltas al Reglamento de Tránsito (1,013). Finalmente, las categorías de menor volumen incluyen Actos relacionados con armas / explosivos (773), con Detonación de Arma de Fuego (474); Abandono (384); Actos relacionados con otros bienes jurídicos (293); Actos relacionados con la libertad personal (187); Actos relacionados con la seguridad colectiva (162); y, como la menor de todas, Actos relacionados con la libertad sexual (30)

Asimismo, las colonias como Moderna y Prolongación Moderna, presumiblemente cercanas a importantes corredores comerciales y centros de alta afluencia, habrían registrado una mayor incidencia en categorías como delitos contra el patrimonio, problemas de seguridad personal y faltas relacionadas con las vías de comunicación, impulsadas por el incremento del flujo de personas y vehículos.

Esta concentración espacial de las incidencias subraya la necesidad de implementar estrategias de seguridad específicas y focalizadas en estas colonias clave durante los periodos del Buen Fin. La Zona Centro podría requerir una mayor presencia policial para prevenir robos y mantener el orden, mientras que, en colonias como Moderna y Prolongación Moderna, las estrategias podrían enfocarse en la vigilancia de centros comerciales, la gestión del tráfico y la prevención de altercados en zonas de alta concurrencia. La identificación precisa de las colonias con mayor dinamismo económico y su correlación con los tipos de incidentes permitirá una asignación de recursos más eficiente y una planificación de seguridad más efectiva a nivel local.

Para futuras campañas del Buen Fin, sería crucial realizar un análisis aún más detallado, superponiendo el mapa de calor de incidencias directamente con este mapa de colonias. Esto permitiría identificar con exactitud qué colonias específicas dentro de Irapuato requieren la mayor atención en términos de seguridad, facilitando la implementación de medidas preventivas y de respuesta adaptadas a las características particulares de cada zona de alta concentración económica.

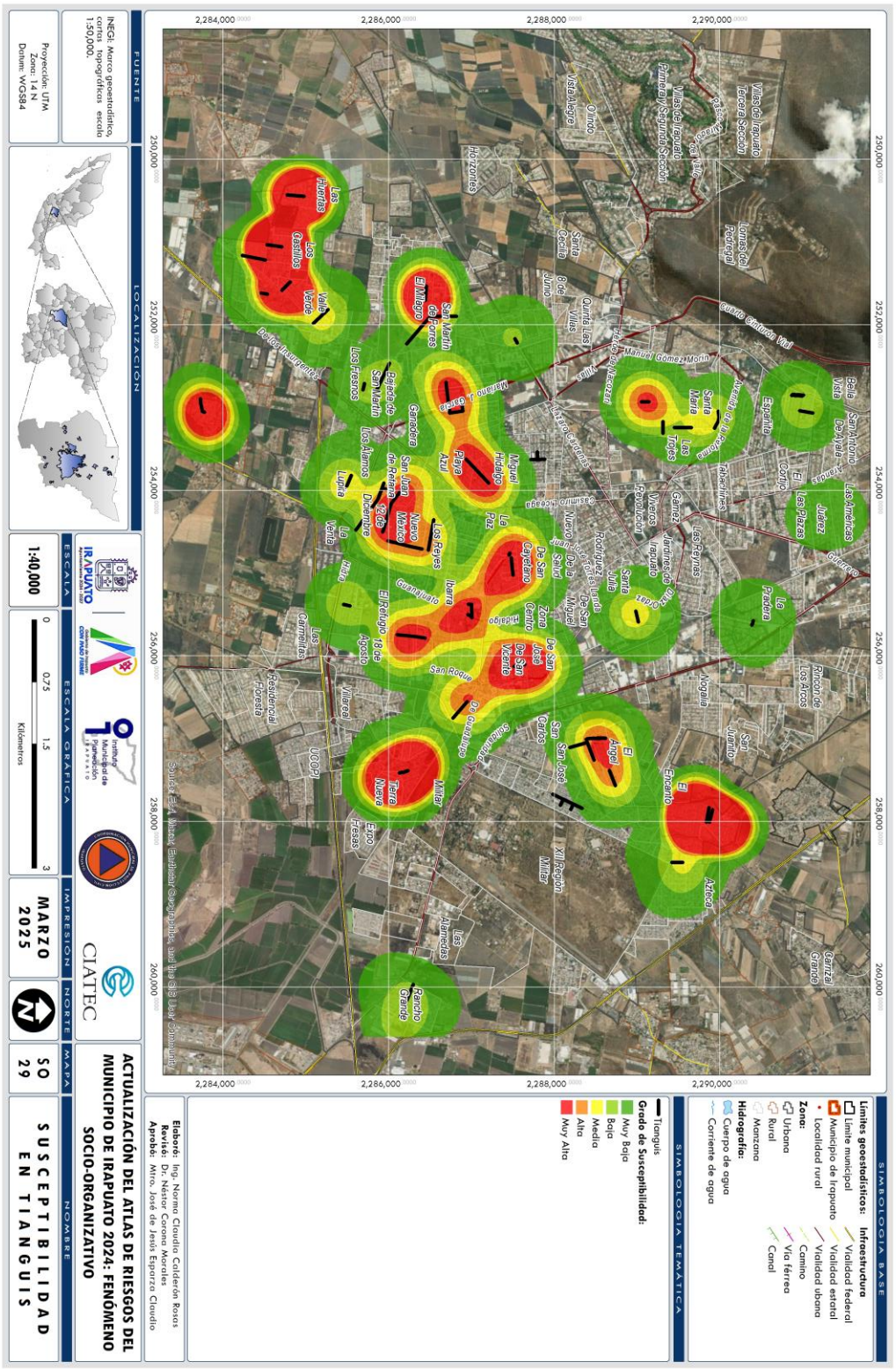


Gráfica 7: Incidencias durante los periodos establecimiento de tianguis en Irapuato (2020-2024).
Fuente: elaboración propia.

A nivel puntual, se estima que, en términos generales, se tienen 11 incidentes por día, si se toma en cuenta que el promedio aritmético de tianguis al día en Irapuato es de 7.4, se

puede determinar que por tianguis se han registrado 1.4 incidentes. Espacialmente las incidencias fueron modeladas con el método de densidades Kernell para identificar cantidad de eventos por hectárea, este enfoque metodológico permite delinear el comportamiento espacial de alas incidencias.

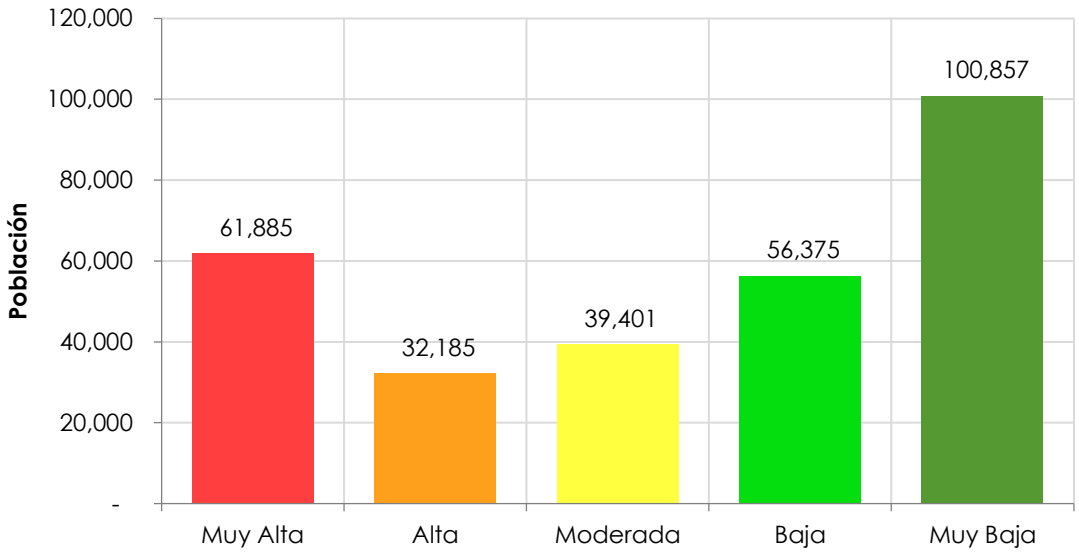
El siguiente mapa, muestra el patrón de distribución incidencias registradas en los tianguis de Irapuato. En este se revela un patrón espacial caracterizado por múltiples núcleos de alta densidad, lo que indica que las incidencias no están distribuidas de manera uniforme, sino concentradas en áreas específicas. Los focos principales de mayor incidencia se agrupan en tres zonas clave: la zona central y este abarcando colonias como 10 de Agosto, Guadalupe, 12 de Diciembre, Nuevo México, Los Reyes y Barrio de Santa Anita; la zona suroeste en Puerta del Jardín y Valle Verde; y la zona noreste cubriendo Che Guevara, Independiente Benito Juárez y Emiliano Zapata II. Las colonias con la mayor incidencia son 10 de Agosto, Guadalupe, Che Guevara, Puerta del Jardín, Independiente Benito Juárez y Emiliano Zapata II. Por otro lado, colonias como Bernardo Cobos, Juárez e Independencia muestran una incidencia significativamente más baja.



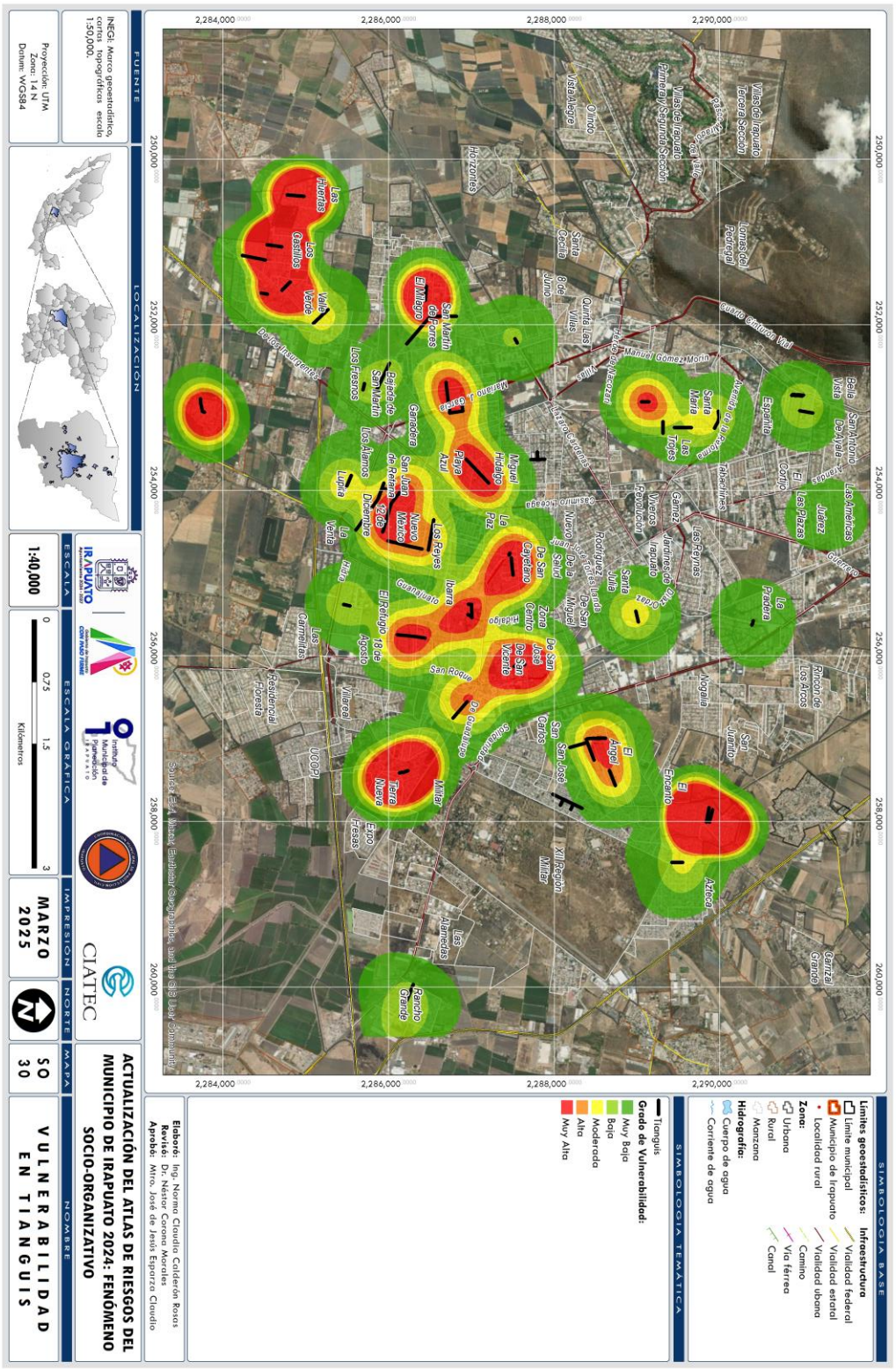
Mapa 16: Susceptibilidad a incidencias negativas durante el establecimiento de tianguis

X.2.2 Vulnerabilidad en concentraciones masivas tipo comercial: Tianguis

En la siguiente gráfica, se muestran las cantidades obtenidas al realizar la comparativa de cantidad de población contra susceptibilidad para las zonas expuestas a incidencias por la acción de concentración masiva de población al acudir a los tianguis. En total se encontró que 290,703 habitantes residen en zonas influenciadas por este fenómeno. De las cuales, el 68% residen en perímetros con susceptibilidades de moderada a muy baja. Se encontró que poco más de 90 personas se encuentran en zonas con alta y muy alta susceptibilidad.



Gráfica 8: Población por grado de vulnerabilidad dentro de las zonas de mayores dinamismos económico.
Fuente: elaboración propia.



Mapa 17: Vulnerabilidad a incidencias negativas durante el establecimiento de tianguis.

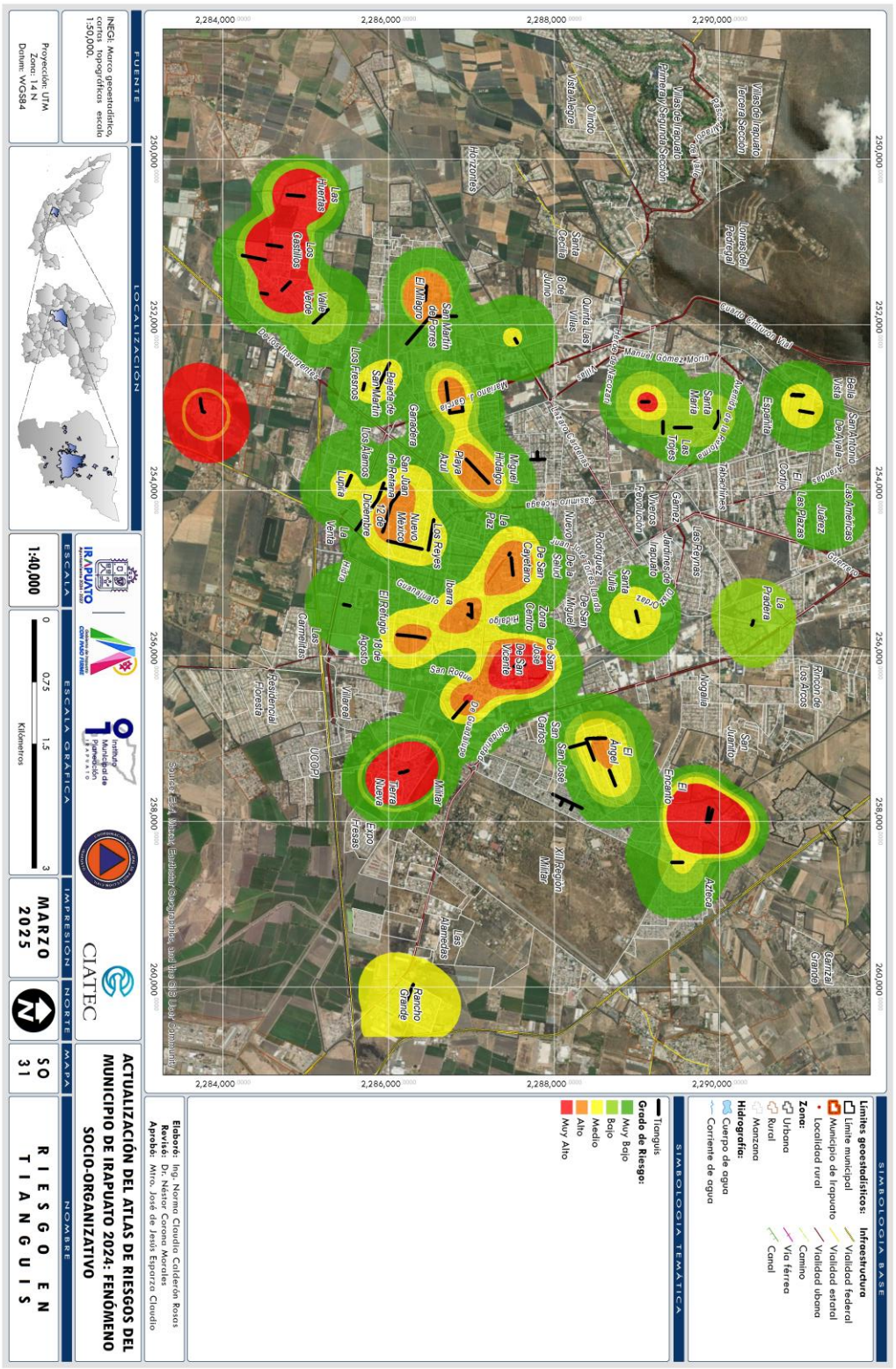
X.2.3 Riesgo en concentraciones masivas de tipo comercial: Tianguis.

El riesgo de incidencia se calculó utilizando como referencia las incidencias registradas en cada zona de influencia del tianguis y la población residente en dichas áreas. El primer paso consistió en el ajuste del periodo de referencia para estandarizar el cálculo, se consideró el intervalo total de tiempo del 1 de enero de 2020 al 31 de julio de 2024, resultando en un total de 1,674 días. Dado que cada tianguis opera solo un día a la semana, se identificó la frecuencia real de instalación. El periodo de 1,674 días equivale a 239 semanas completas más un día adicional. Por lo tanto, el tianguis se instaló 240 veces si su día de operación fue miércoles, o 239 veces si operó cualquier otro día de la semana. El segundo paso consistió en identificar las incidencias por día de tianguis, para determinar la incidencia promedio por evento en cada zona, el cálculo inicial se efectuó dividiendo la cantidad de incidencias totales registradas entre el número total de veces que el tianguis se instaló en ese periodo.

$$Incidencia\ por\ día\ de\ tianguis = \frac{Incidencia\ totales\ de\ cada\ zona}{Veces\ que\ se\ instaló\ el\ tianguis\ en\ esa\ zona}$$

Finalmente, ese valor de incidencia por evento fue dividido entre la población total que habita en la zona de influencia. Este resultado se multiplicó por 100 para estandarizar el riesgo. Esta metodología permite obtener una relación de riesgo de sufrir alguna incidencia por cada 1000 habitantes, facilitando así la interpretación y comparación homogénea del riesgo en toda la zona de influencia de los tianguis de Irapuato.

El mapa riesgo en tianguis de Irapuato revela un patrón de distribución concentrado en núcleos específicos, resultado de la combinación de la frecuencia de incidencias y la población residente en las zonas de influencia. Las áreas de Riesgo Muy Alto, que representan la probabilidad más crítica con 1.5 o más incidencias por tianguis por cada 1,000 habitantes, se concentran en un extenso foco en el centro-este, abarcando colonias como Barrio de Santa Anita, 10 de Agosto, 12 de Diciembre y Nuevo México, así como en la comunidad de El Carmen. Además, se identifican focos de riesgo significativo en el suroeste (FONHAPO y Puerta del Jardín) y en el noreste (Constitución de Apatzingán y Che Guevara), señalando estas áreas como de máxima prioridad para la intervención. Las zonas de Riesgo Alto, con una probabilidad de 0.9 a 1.5 incidencias por cada 1,000 habitantes, rodean estos núcleos, mientras que colonias como Juárez, Independencia y Bernardo Cobos mantienen un riesgo significativamente más bajo, cayendo en las categorías Bajo o Muy Bajo hasta 0.6 incidencias.



Mapa 18: Riesgo durante el establecimiento de tianguis.

X.3 Concentraciones masivas de tipo religioso

X.3.1 Susceptibilidad en Zonas de Equipamiento Religioso

En 2021, la Diócesis de Irapuato contaba con 1,626,300 fieles bautizados. En Irapuato, la población católica ha disminuido del 92% al 89% en comparación con hace 10 años (El Correo, 2021) [1]

Figura 33. Catedral de Irapuato.

Cada dimensión de la acción socio-organizativa tiene sus propias dinámicas espaciotemporales. Para el caso de las concentraciones motivadas por actos religiosos, ya sea litúrgicos, festividades o congregaciones extraordinarias en los principales centros de culto. Para abarcar de manera integral este aspecto, se partió por la identificación de zonas de influencia de sitios de culto, teniendo en cuenta que cada una de las entidades tienen un área de influencia que es directamente proporcional a la jerarquía del equipamiento. Se asume que las catedrales y templos son focos de atracción de personas de carácter regional, por lo que por su naturaleza pueden convocar a congregaciones de mayor volumen que templos, capillas o salones más de carácter local o barrial.

En Irapuato, Guanajuato, el calendario festivo está profundamente arraigado en la tradición religiosa, donde diversas celebraciones a lo largo del año congregan a la comunidad en torno a su fe. Entre las festividades más significativas destaca la Fiesta del

[1] El Correo, 20 de abril de 2021, disponible en : https://periodicocorreo.com.mx/vida-publica/2021/apr/01/cada-vez-son-menos-los-fieles-de-la-iglesia-catolica-en-guanajuato-16800.html

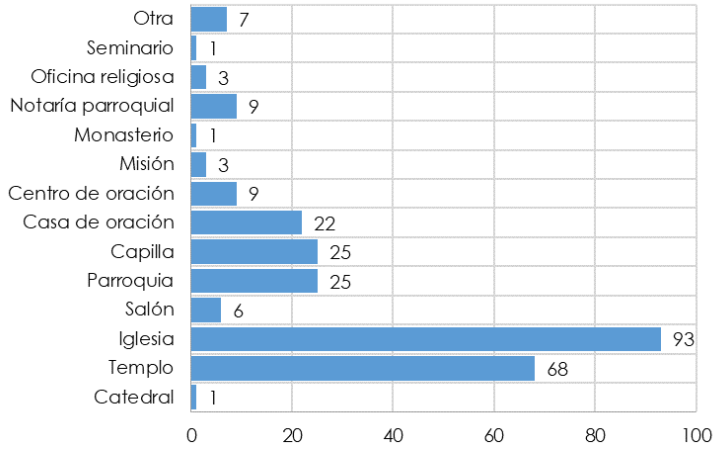
Sagrado Corazón de Jesús, conmemorado el 11 de junio, donde las parroquias se llenan de música de mariachis y coros que entonan las mañanitas para honrar la devoción al amor y la bondad del corazón de Jesús, ofreciendo un ambiente familiar propicio para la oración y la reflexión.

Otra celebración de gran arraigo es la Fiesta de la Virgen de la Soledad, patrona de Irapuato, que tiene lugar cada 30 de abril. La devoción a esta imagen se remonta a la Guerra de Independencia, y en esta fecha los fieles visitan su templo para pasar bajo su manto milagroso, recordando el evento en el que la virgen protegió a los habitantes durante un ataque. Además de estas festividades principales, la ciudad también celebra con fervor la Semana Santa, la Fiesta de los Reyes Magos con su tradicional recorrido, y festividades en honor a San Francisco de Asís el 4 de octubre en la comunidad de El Carmen, así como celebraciones dedicadas a San Judas Tadeo y San José.

La Fiesta de San Francisco de Asís, celebrada en la comunidad de El Carmen, se distingue por su ambiente familiar, la música y los antojitos típicos, recordando la vida austera y las enseñanzas del fundador de la Orden Franciscana, canonizado en 1228. Asimismo, la ciudad celebra la Fiesta de Cristo Rey en el templo de Los Príncipes y la Fiesta de Santiago Apóstol, una tradición patronal especialmente sentida en el barrio de Santiaguito, demostrando la diversidad de devociones y la activa participación de la comunidad en sus celebraciones religiosas.

En conjunto, estas festividades religiosas no solo marcan el calendario anual de Irapuato, sino que también reflejan la profunda fe y las tradiciones arraigadas en la comunidad, donde la organización y la participación en estos eventos son una muestra del fervor religioso y la identidad cultural de sus habitantes. La diversidad de celebraciones, desde la solemnidad de la Semana Santa hasta la alegría de las fiestas patronales, evidencia la riqueza del patrimonio religioso de Irapuato.

En términos de espacialidad, las concentraciones se efectúan tanto en la vía pública como en los sitios y zonas aledañas de su equipamiento religioso, como se muestra en la siguiente gráfica.



Gráfica 9: Equipamiento religioso del municipio.

Fuente: INEGI, 2023.

X.3.2 Susceptibilidad en concentraciones masivas con fines religiosos

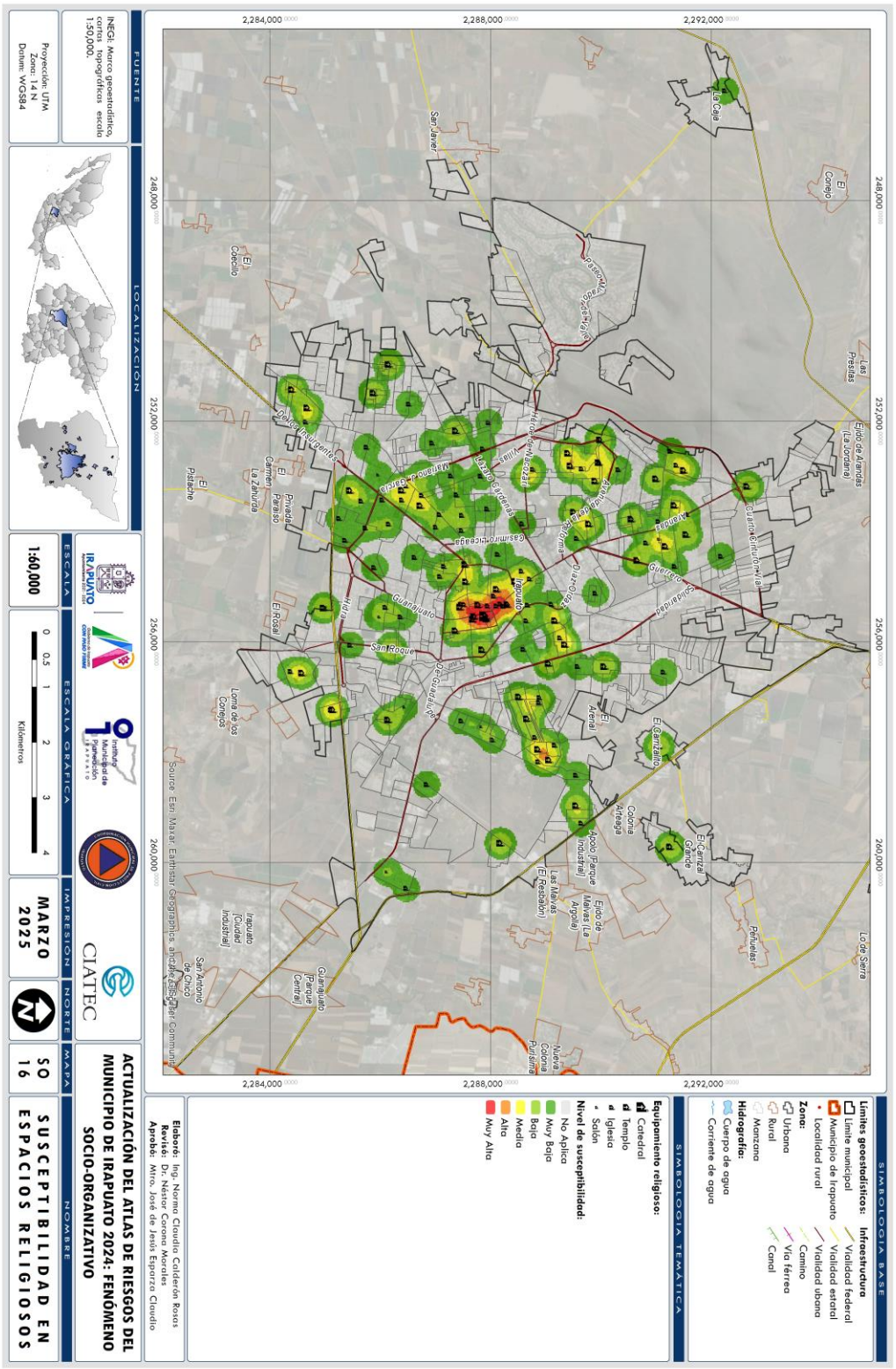
Observamos una clara tendencia de mayor recurrencia de incidencias socio-organizativas nocivas en las zonas centrales de Irapuato, abarcando colonias como Centro, Guanajuato, San Juan de Retana y Jardines de Irapuato, así como una densidad notable hacia el este en Villas de San Cayetano. Esta concentración sugiere que las dinámicas propias de las zonas urbanas con mayor actividad religiosa y concentración de personas podrían ser factores clave en la mayor frecuencia de estos eventos. En contraste, las zonas periféricas, comprendiendo colonias como Bellavista, Las Plazas y las ubicadas más al norte y sur, presentan una menor densidad de incidencias, indicando una menor recurrencia en estas áreas.

La hipótesis de la influencia de actividades puntuales, como festividades locales y fiestas patronales, cobra mayor relevancia al considerar la ubicación de las colonias. Las zonas centrales con alta densidad de incidencias podrían coincidir con colonias que albergan las celebraciones religiosas más significativas a nivel municipal, generando una mayor probabilidad de conflictos o situaciones problemáticas durante estos eventos de gran convocatoria. Asimismo, las colonias con una densidad media de incidencias podrían estar asociadas a festividades de menor escala o a dinámicas socio-organizativas regulares que también contribuyen a una recurrencia moderada.

Por otro lado, la baja densidad de incidencias en las colonias periféricas podría explicarse por una menor intensidad de actividades religiosas a nivel masivo o por calendarios festivos menos cargados. Es posible que las dinámicas comunitarias en estas áreas sean diferentes, resultando en una menor frecuencia de incidencias socio-organizativas nocivas

relacionadas con motivos religiosos. Sin embargo, para confirmar estas suposiciones, se requeriría una investigación más profunda sobre los calendarios festivos específicos de cada colonia, la naturaleza de las incidencias registradas y la infraestructura religiosa presente en cada zona.

En conclusión, el análisis espacial de la densidad de incidencias, ahora enriquecido con la identificación de las colonias, sugiere una correlación entre la ubicación geográfica (central vs. periférica) y la recurrencia de incidencias socio-organizativas nocivas. Las zonas centrales, posiblemente influenciadas por una mayor actividad religiosa y la concentración de eventos masivos, tienden a experimentar una mayor frecuencia de estos incidentes. Futuras investigaciones deberían enfocarse en detallar la relación entre las festividades locales, la infraestructura religiosa y la naturaleza de las incidencias en cada colonia para comprender mejor los patrones de recurrencia y desarrollar estrategias de prevención más efectivas.



Mapa 19: Susceptibilidad concentraciones masivas en espacios religiosos.

El análisis puntual de los tipos de incidencias que acontecen durante esos días en esas zonas muestra un mayor peso en actos relacionados contra la integridad de las personas, que se manifiestan con personas agresivas, tías o violencia de género. En segundo lugar, aspectos que deterioran el patrimonio y actos de violencia contra la familia (Ver Figura 36).

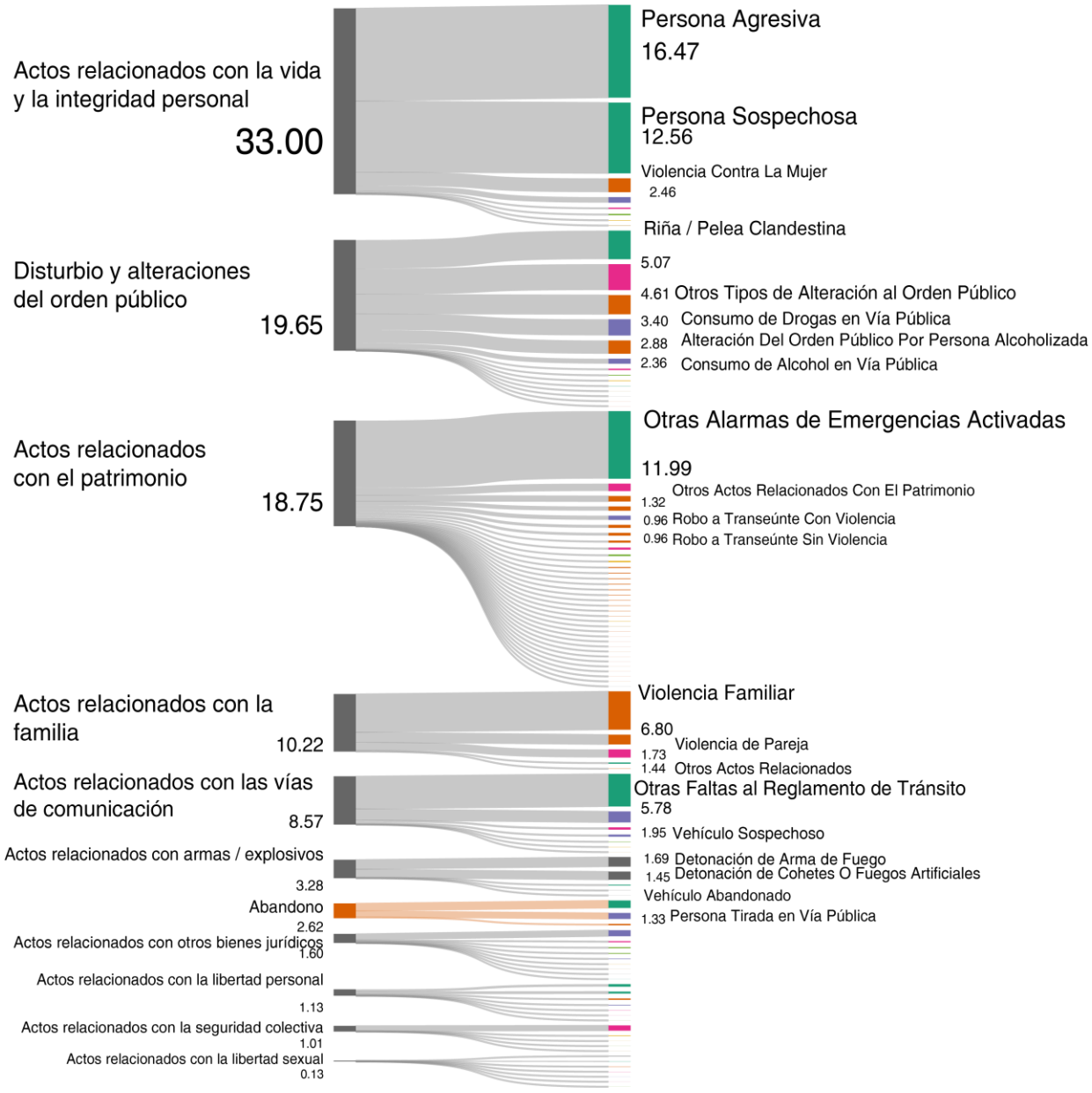
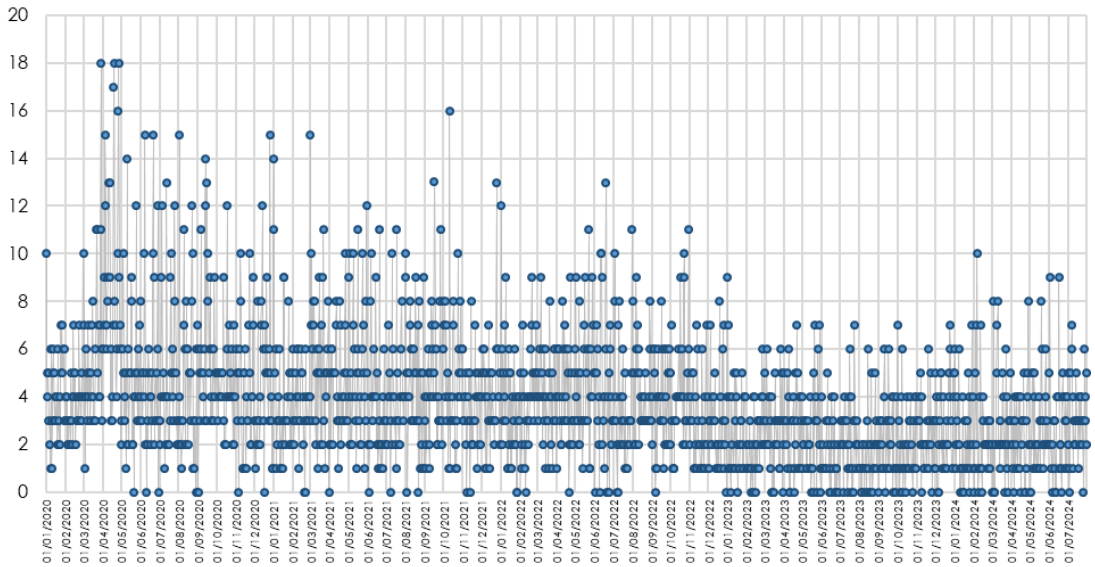


Figura 40: Distribución porcentual del tipo de incidencias a las que se puede ser susceptible durante las festividades religiosas.

Fuente: elaboración propia.

Otro aspecto fundamental en el análisis de este componente es el aspecto temporal dado que cada una de las zonas de la ciudad tiene su propio calendario de actividades, en este sentido se hizo el análisis en dos etapas: la primera considerando el conjunto de las incidencias a lo largo del año, pero, tomando en cuenta días en que las cantidad de incidencias superan la media anual de la zona más dos desviaciones estándar; es decir días en los que sin duda hay concentraciones masivas (ver siguiente gráfica).

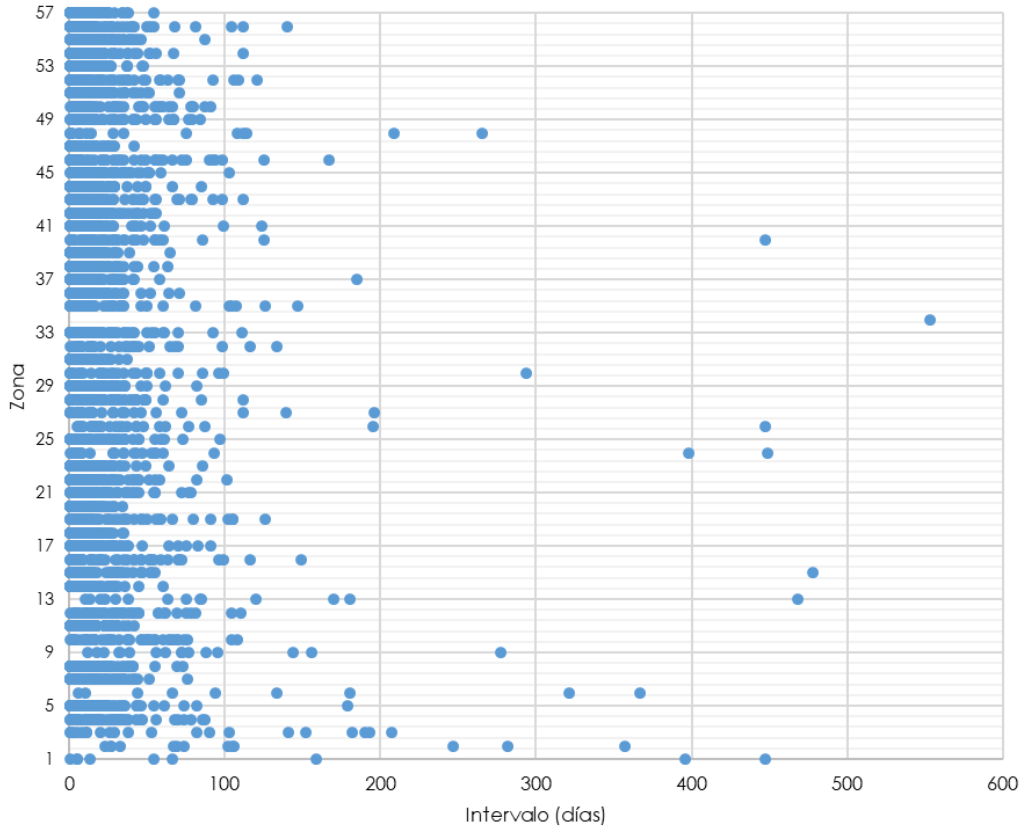


Gráfica 10: Frecuencia de incidencias en zonas aledañas a equipamiento religioso.
Fuente: elaboración propia.

El segundo nivel de análisis se efectuó identificando zona por zona la misma condición de concentración de frecuencias anómalas con el fin de identificar patrones de periodicidad dentro de cada zona. El gráfico de dispersión muestra la distribución de intervalos de retorno (en días) de incidencias anómalas en diversas zonas religiosas. El eje vertical representa las zonas religiosas numeradas del 1 al 57, mientras que el eje horizontal indica el intervalo de tiempo en días, que se extiende hasta aproximadamente 600 días.

Cada punto en el gráfico representa una incidencia anómala específica dentro de una zona religiosa y el tiempo transcurrido (en días) desde la incidencia anómala anterior en esa misma zona. Se observa una alta concentración de puntos en los intervalos de retorno más cortos (hacia la izquierda del gráfico), lo que indica que en muchas zonas religiosas las incidencias anómalas tienden a ocurrir con relativa frecuencia, en intervalos de tiempo menores a 100 días.

A medida que el intervalo de retorno aumenta, la densidad de puntos disminuye significativamente. Sin embargo, se pueden identificar algunas incidencias anómalas con intervalos de retorno mucho más largos, extendiéndose hasta los 500 días o más en ciertas zonas religiosas. La dispersión de los puntos varía entre las diferentes zonas religiosas. Algunas zonas (por ejemplo, alrededor de la zona 38) parecen tener incidencias anómalas con intervalos de retorno más consistentes y relativamente cortos. Otras zonas muestran una mayor variabilidad, con incidencias que ocurren tanto en intervalos cortos como en intervalos mucho más largos.



Gráfica 11: Diagrama de frecuencia de la cantidad de incidencia a lo largo del periodo de muestra en zonas aledañas a equipamiento religioso

Fuente: elaboración propia.

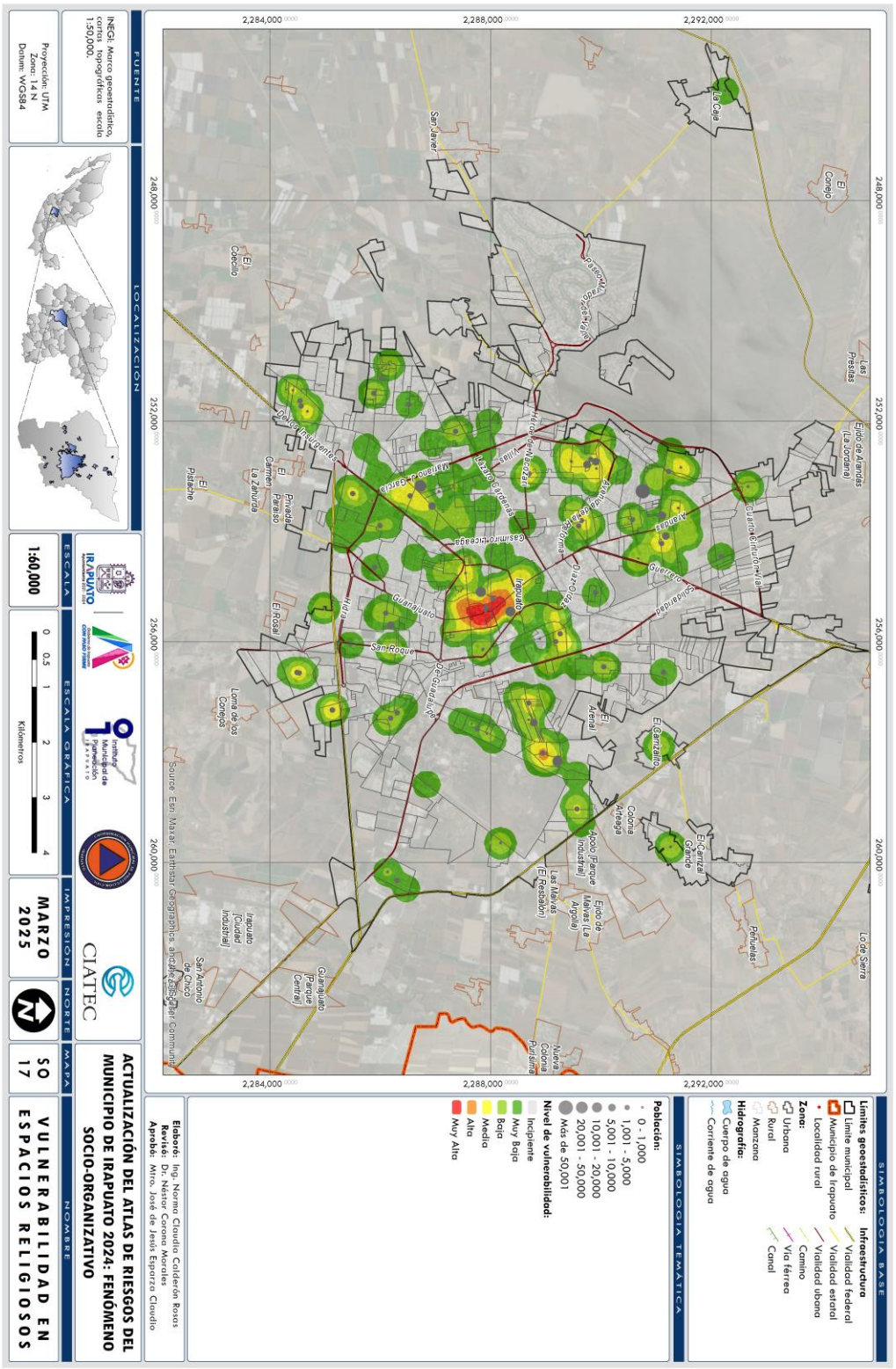
X.3.3 Vulnerabilidad en concentraciones masivas con fines religiosos

El patrón espacial de la vulnerabilidad a concentraciones en espacios religiosos, revela una marcada concentración de muy alta vulnerabilidad en el corazón del centro histórico, específicamente alrededor de la Catedral de Irapuato (Templo de San Cayetano Confesor) y la Plaza Principal. Esta zona, caracterizada por una alta densidad de calles, actividad comercial intensa (Mercado Municipal), la presencia de edificios

gubernamentales (Presidencia Municipal), y una significativa afluencia de personas, se erige como un núcleo de interacción social y organizativa que, inherentemente, incrementa la susceptibilidad ante diversos eventos. La centralidad religiosa y comercial convergen en este punto, creando un caldo de cultivo para dinámicas que elevan el nivel de vulnerabilidad, lo que sugiere que los centros neurálgicos de la actividad urbana pueden ser particularmente sensibles a los impactos de fenómenos socio-organizativos.

Extendiéndose hacia el este desde este núcleo central, se observa una franja de alta vulnerabilidad que sigue ejes viales importantes como la Avenida Hidalgo y la Calle Díaz Ordaz. Esta continuidad espacial sugiere que las dinámicas socio-organizativas que generan una alta vulnerabilidad no se limitan al punto central, sino que se propagan a lo largo de las principales arterias de conexión con otras áreas de la ciudad, como las colonias Moderna y San Miguelito, aunque estas últimas no se detallan en el plano del centro. Además de esta extensión lineal, se identifican focos aislados de alta vulnerabilidad asociados a templos religiosos secundarios, como el ubicado en la colonia Las Reinas (no visible en detalle) y el Templo de Nuestra Señora de la Soledad, situado al sur del centro. Estos puntos resaltan el papel de los espacios religiosos, incluso fuera del centro principal, como nodos de organización comunitaria que pueden experimentar una mayor vulnerabilidad.

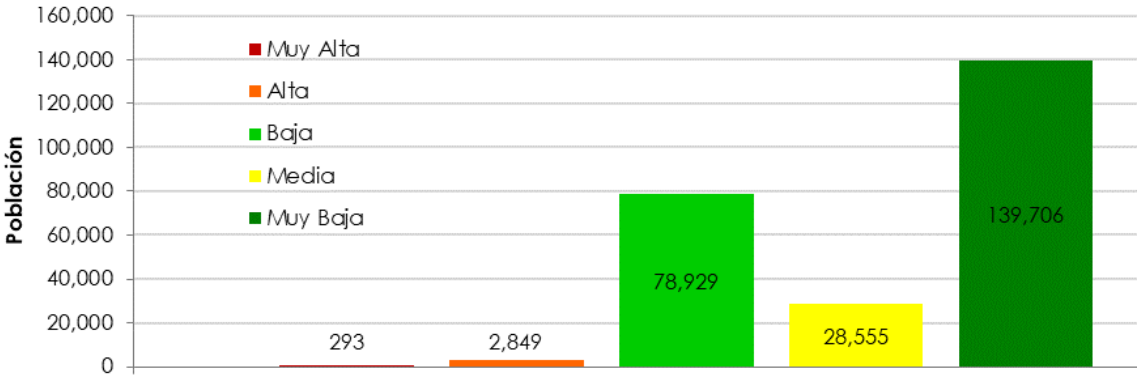
En contraste con las zonas de alta y muy alta vulnerabilidad, las áreas que se alejan del núcleo central presentan niveles de vulnerabilidad generalmente medios o bajos. Estas zonas periféricas, como las que rodean el Centro de Convivencia Familiar al oeste y las extensiones residenciales hacia el norte y el sur, se caracterizan por una menor densidad de actividad comercial y administrativa, lo que presumiblemente conlleva una menor intensidad en las interacciones socio-organizativas. La dispersión de las áreas con baja o muy baja vulnerabilidad, sin un patrón geográfico tan definido como las zonas de alta vulnerabilidad, sugiere que la menor concentración de actividad y población podría traducirse en una menor susceptibilidad ante eventos socio-organizativos.



Mapa 20: Vulnerabilidad por concentraciones masivas en equipamiento religioso.

En términos poblacionales se observa una disparidad significativa en la distribución de la población según el grado de vulnerabilidad socio-organizativa por motivos religiosos en torno a las zonas con esta vocación. La zona catalogada con vulnerabilidad muy baja alberga la mayor proporción de la población, alcanzando la cifra de 139,706 habitantes. Le sigue, en un orden decreciente considerable, la zona de vulnerabilidad baja, con una población de 78,929 habitantes. Las zonas con vulnerabilidad media concentran a 28,555 personas, mientras que las áreas de vulnerabilidad alta y muy alta presentan cifras notablemente inferiores, con 2,849 y 293 habitantes respectivamente. Esta distribución poblacional sugiere que la mayor parte de la ciudadanía reside en áreas consideradas de menor vulnerabilidad ante fenómenos socio-organizativos.

Al integrar esta información cuantitativa con el patrón espacial previamente descrito, se refuerza la idea de que la alta vulnerabilidad se concentra en áreas específicas, aunque estas alberguen una porción relativamente pequeña de la población total. La zona de muy alta vulnerabilidad, identificada en el corazón del centro histórico alrededor de la Catedral, corresponde al grupo poblacional más reducido. De manera similar, la extensión de alta vulnerabilidad hacia el este y los focos aislados asociados a otros templos también comprenden una fracción menor de la población en comparación con las zonas de baja y muy baja vulnerabilidad, que se extienden por áreas más periféricas y residenciales.

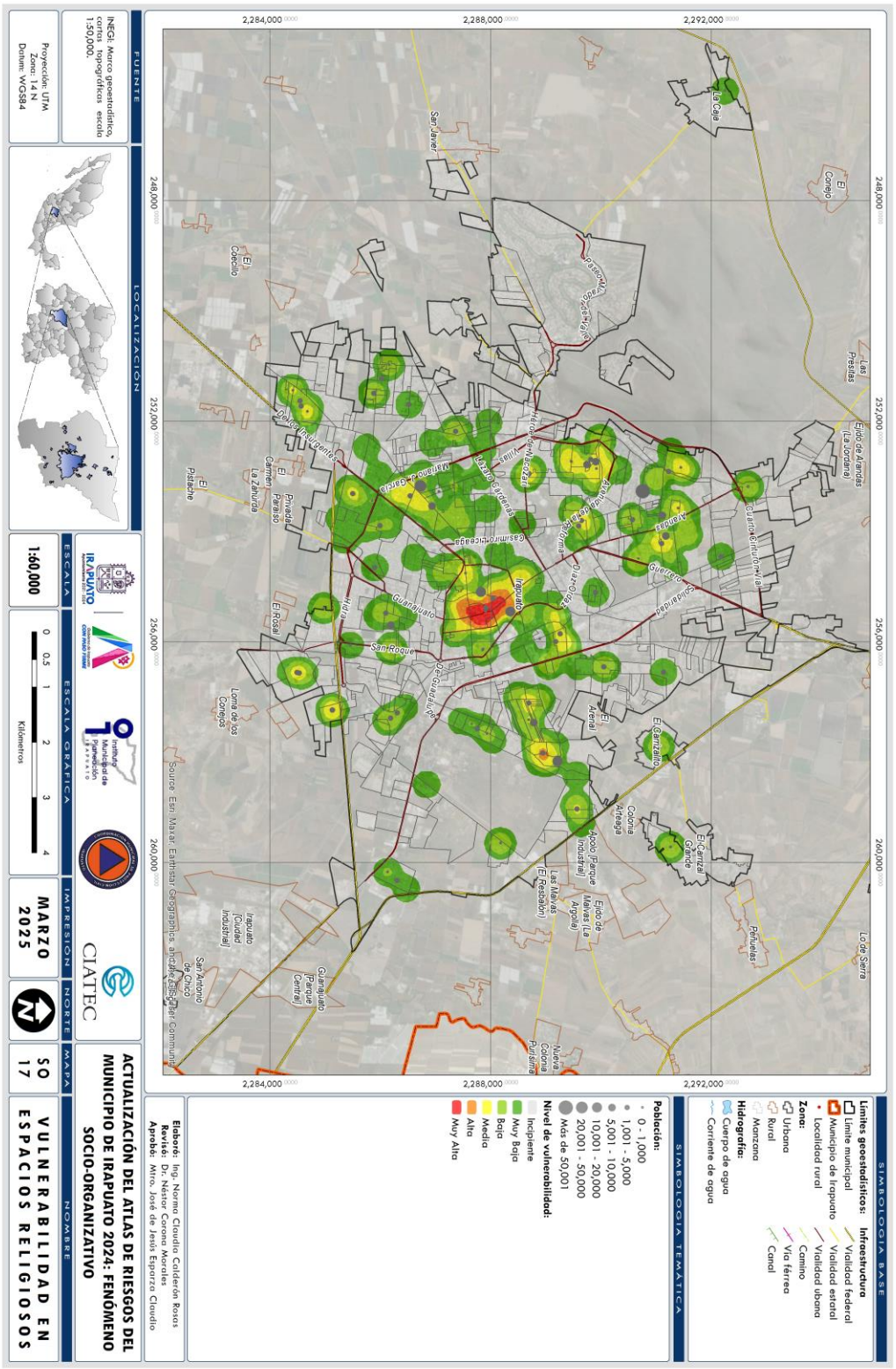


Gráfica 12: Población por nivel de vulnerabilidad para espacios religiosos.

Fuente: elaboración propia.

Esta complementariedad entre el análisis espacial y la distribución poblacional por grado de vulnerabilidad es crucial para comprender la magnitud del riesgo potencial que enfrentan diferentes segmentos de la población. Si bien la mayoría de los habitantes residen en zonas de menor vulnerabilidad, las áreas de alta y muy alta vulnerabilidad, aunque menos pobladas, requieren una atención especial debido a la concentración de factores que incrementan su susceptibilidad ante eventos socio-organizativos. La gestión

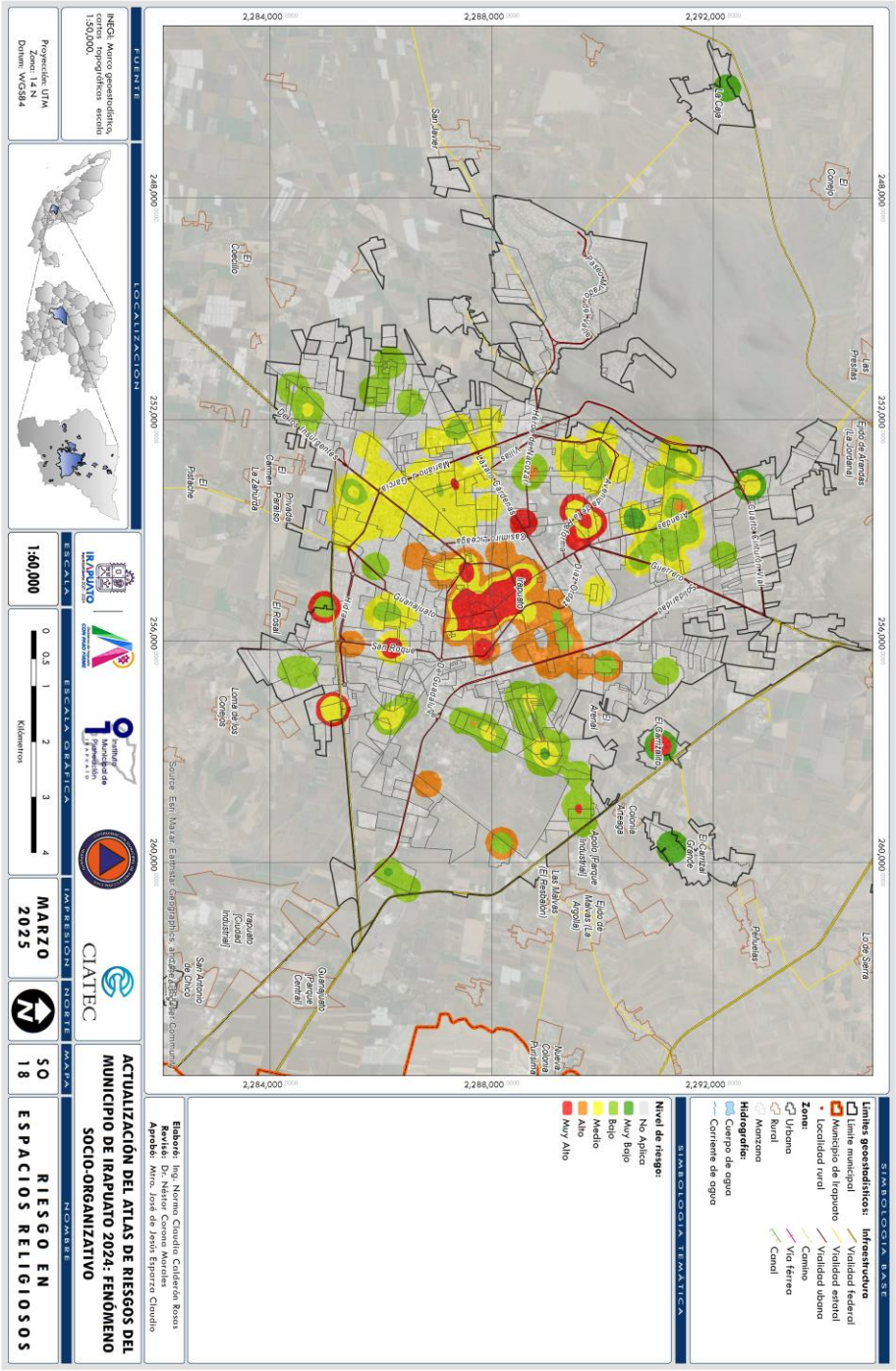
del riesgo y la planificación de la resiliencia deben considerar esta distribución desigual para implementar estrategias efectivas y focalizadas en las áreas que presentan una mayor necesidad.



Mapa 21:Vulnerabilidad a FSO por concentraciones masivas en equipamiento religioso

X.3.4 Riesgo en concentraciones masivas con fines religiosos

El nivel de riesgo se calculó evaluando la cantidad de incidencias ocurridas en el perímetro de cada zona, respecto al total de habitantes que en ella residen.



Riesgo de FSO en zonas con vocación Religiosa

X.4 Rutas de peregrinación

X.4.1 Susceptibilidad en zonas de Peregrinaciones

X.4.1.1 Rutas de peregrinaje

La Virgen de San Juan de los Lagos, venerada como una de las imágenes más milagrosas de México, atrae anualmente a millones de peregrinos a su santuario en la Catedral Basílica de San Juan de los Lagos, Jalisco. Esta devoción se centra en la imagen creada en el siglo XVI por artesanos de Michoacán (hecha de pasta de caña de maíz y representación de la Inmaculada Concepción), y en la conmemoración de los 400 años de milagros desde su primer prodigio. Su influencia cultural es profunda, manifestándose en el turismo religioso (convirtiendo a San Juan de los Lagos en un destino principal), el fortalecimiento de la identidad social, la inspiración de diversas expresiones artísticas (como danzas tradicionales y obras de arte) y la preservación de tradiciones (ofrendas, exvotos, gastronomía y artesanía). Además, la Virgen de San Juan de los Lagos es un claro ejemplo del sincretismo religioso y un importante motor económico para la región.

X.4.1.2 Peregrinos a San Juan a de los Lagos

El evento que mayor convocatoria cuenta, y por ende mayores demandas logísticas requiere, lo constituye la temporada de peregrinación con motivo de la veneración a la Virgen de San Juan de los Lagos Jalisco. Normalmente, el municipio de Irapuato pone en marcha el "Plan Peregrino" (PP2024)[2], como uno de los protocolos insignia del programa Municipal de Protección Civil. (Protección Civil Irapuato, 2024).

Figura 41: Ejemplo de peregrinaje
Fuente: El Sol de Irapuato (2025).

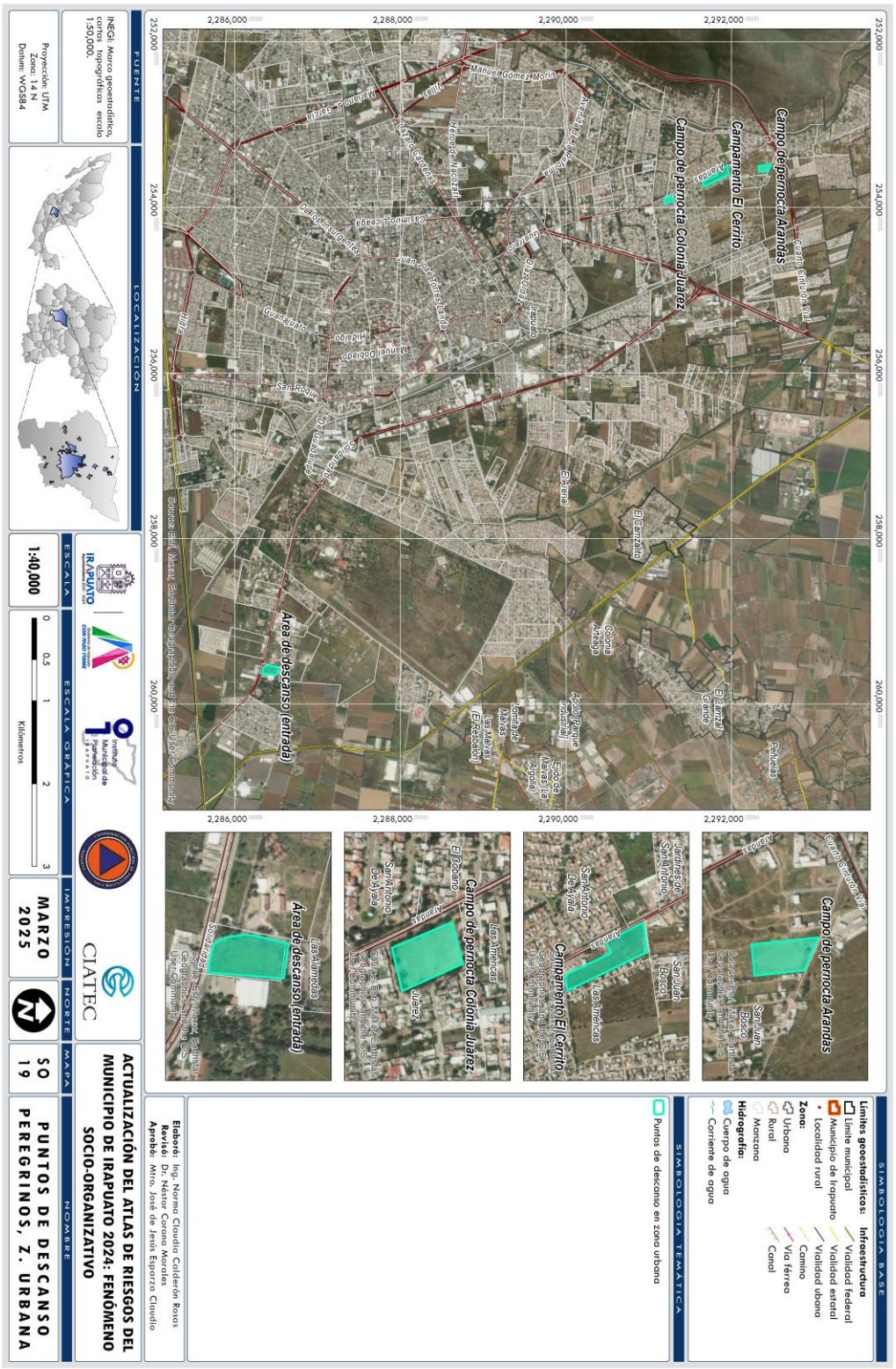
[2] Última versión corresponde la 2025.

En la fase de diagnóstico, se prevé la identificación de riesgos tanto ambientales, como socio-organizativos, en este último se atiende listado de la siguiente tabla.

Tabla 5. Listado de incidencias catalogadas como SO en el PP2024

Incidencia	Zona Urbana	Zona Rural
Accidentes viales	x	x
Personas extraviadas	x	x
Riñas	x	
Personas Pisoteadas	x	
Hipotermia	x	
Intoxicación por alimentos	x	x
Robos	x	
Riesgos a la Salud	x	
Picaduras mordeduras de animal		x

Fuente: elaboración propia.



Mapa 22: Puntos de descanso para peregrinos en la zona urbana.

X.4.1.3 Peregrinación de la Virgen de Guadalupe

Las tradicionales peregrinaciones en honor a la virgen de Guadalupe comienzan el día 1 de diciembre con fechas continuas al 12 de diciembre, y que se contempla concluyan el día 31 de diciembre. Para 2024 asistieron cerca de 100 contingentes que en suma con los asistentes

Figura 42: Peregrinación de la Virgen de Guadalupe.

En el intervalo temporal analizado se detectó que en la zona de potencial incidencia directa de la peregrinación se han registrado 714 incidencias, de las cuales 238 corresponden a Actos relacionados con la vida y la integridad personal (ver siguiente figura).

El análisis de la gráfica de Sankey y el mapa de incidencias revela patrones significativos sobre la seguridad y el orden público durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe en Irapuato, desde 2020 hasta la primera mitad de 2024. La gráfica de Sankey muestra que los actos relacionados con la vida y la integridad personal son los más frecuentes, seguidos por los actos relacionados con el patrimonio y las alteraciones del orden público. El mapa complementa esta información al mostrar la concentración espacial de las incidencias a lo largo del derrotero de la peregrinación, especialmente en la zona del Templo del Puente de Guadalupe. Esta correlación espacial sugiere que la mayoría de los problemas se concentran en las áreas de mayor afluencia de personas, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de seguridad específicas para cada zona del derrotero.

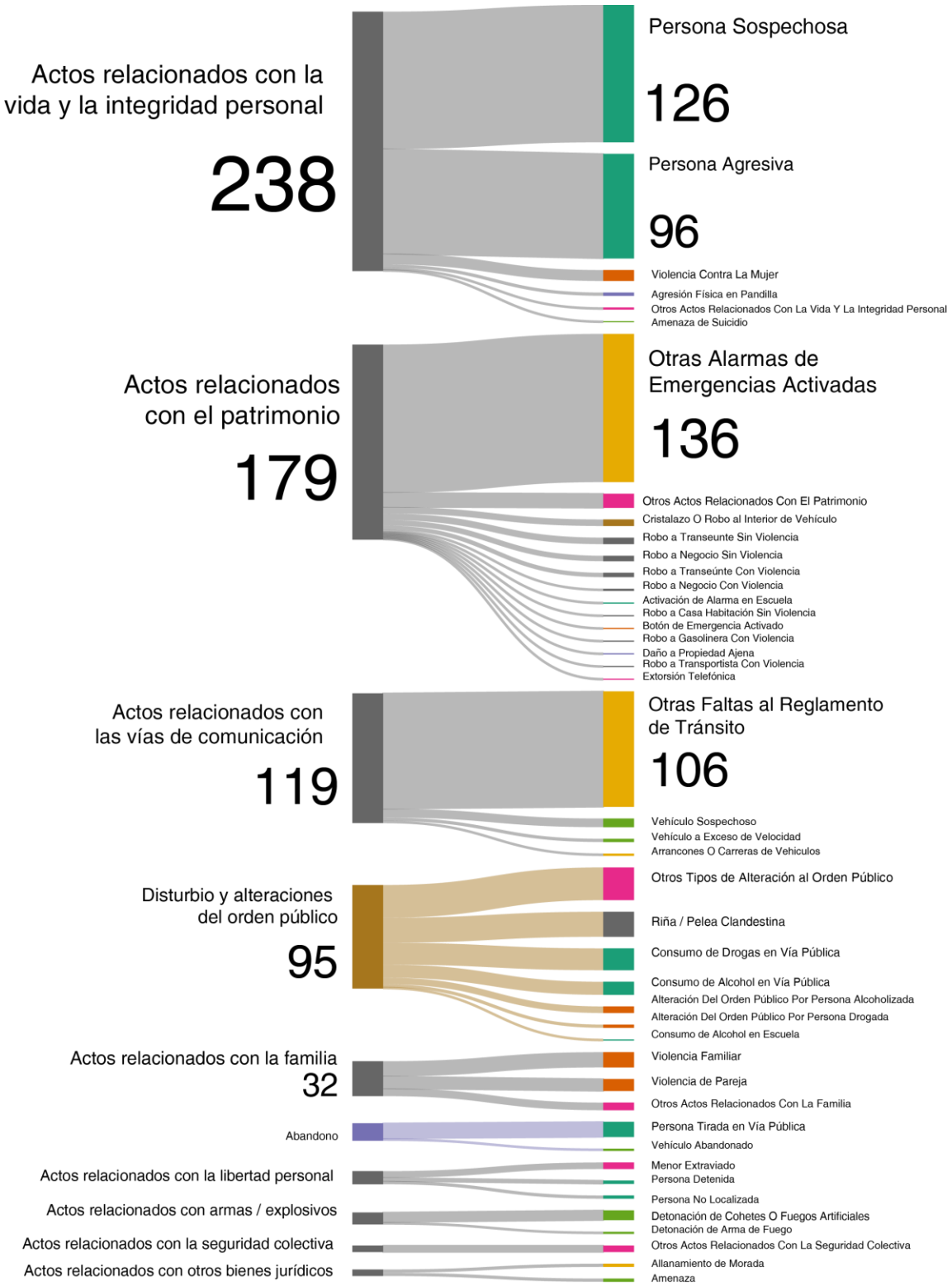


Figura 43: Incidencias durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe.

La distribución de los iconos en el mapa, que representan las diferentes categorías de incidencias, coincide con los patrones observados en la gráfica de Sankey. Los actos relacionados con la vida y la integridad personal ocurren a lo largo de toda la ruta, mientras que los disturbios y alteraciones del orden público se concentran en zonas específicas. Los actos relacionados con el patrimonio, incluyendo robos, también ocurren en toda la zona, pero con mayor frecuencia en las áreas de mayor concentración de personas.

La información sobre la población y las unidades económicas en el mapa es crucial para comprender los factores que contribuyen a las incidencias. Las zonas con mayor densidad de población y actividad económica podrían experimentar más problemas. Por lo tanto, se recomienda utilizar esta información para asignar recursos de seguridad de manera estratégica, establecer puntos de control y vigilancia en las zonas de mayor riesgo, e implementar medidas de control de multitudes en las áreas con mayor afluencia.

X.4.2 Susceptibilidad en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe

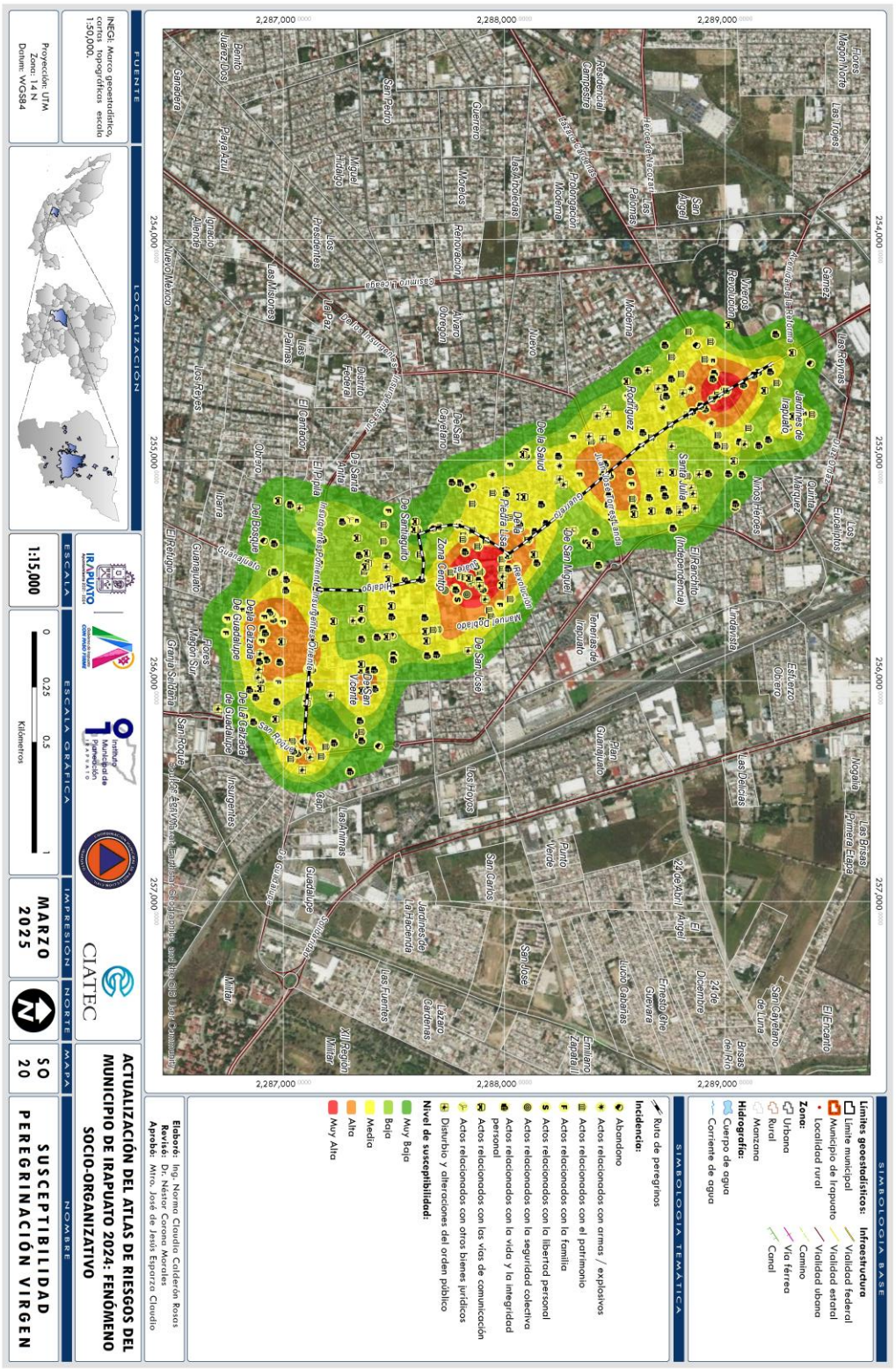
En base a la información recabada, resulta que en los tres años en total se han presentado 137 incidencias en tres eventos, en 2020, 2021, 2022 y 2023, es decir un promedio de 34 incidencias por evento. Este valor tazado de manera anual y con una referencia demográfica de casos por cada 20,0000; resulta en 0.97 incidencias por cada 20 mil personas; y lo más probable que esta incidencia está asociada a Faltas al reglamento de tránsito, seguida por persona agresiva o alarmas de emergencia activas; o que bien se trate de un reporte de persona sospechosa.

El siguiente mapa, se centra específicamente en la ruta y las zonas aledañas a las peregrinaciones en honor a la Virgen de Guadalupe en Irapuato. La información complementaria clave proporcionada establece que las incidencias registradas en el mapa ocurrieron en este contexto geográfico y temporal, abarcando generalmente el periodo del 1 al 31 de diciembre. Esto significa que el mapa no es una representación genérica de la delincuencia en Irapuato, sino una herramienta de análisis de riesgo adaptada a un evento anual masivo y de gran importancia cultural y religiosa para la comunidad.

La relevancia de esta acotación temporal y geográfica radica en que los riesgos identificados en el mapa están directamente influenciados por la naturaleza de la peregrinación: grandes concentraciones de personas, horarios específicos, posible

presencia de bienes de valor (donativos, objetos personales), y la interacción con la infraestructura urbana durante el desplazamiento de los contingentes. Los puntos de "Muy Alta Susceptibilidad" (marcados en rojo) y los tipos de incidencias (como robos de patrimonio, actos relacionados con la libertad personal o alteraciones del orden público) no son eventos aislados, sino patrones que emergen del comportamiento de los peregrinos y de la actividad criminal que puede aprovechar la aglomeración.

Por lo tanto, cualquier medida de seguridad o estrategia preventiva derivada de este mapa debe considerar la dinámica particular de la peregrinación: la fluidez de la ruta, los puntos de concentración de personas (como templos o puntos de descanso), la vulnerabilidad de los participantes (peregrinos agotados, niños, ancianos) y la oportunidad para la comisión de delitos. La información detallada sobre los tipos de incidencias, desde robos hasta posibles actos violentos o problemas de movilidad, permite a las autoridades diseñar operativos de seguridad focalizados, asignar recursos donde más se necesitan y comunicar riesgos específicos a los feligreses.



Mapa 23: Susceptibilidad durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe.

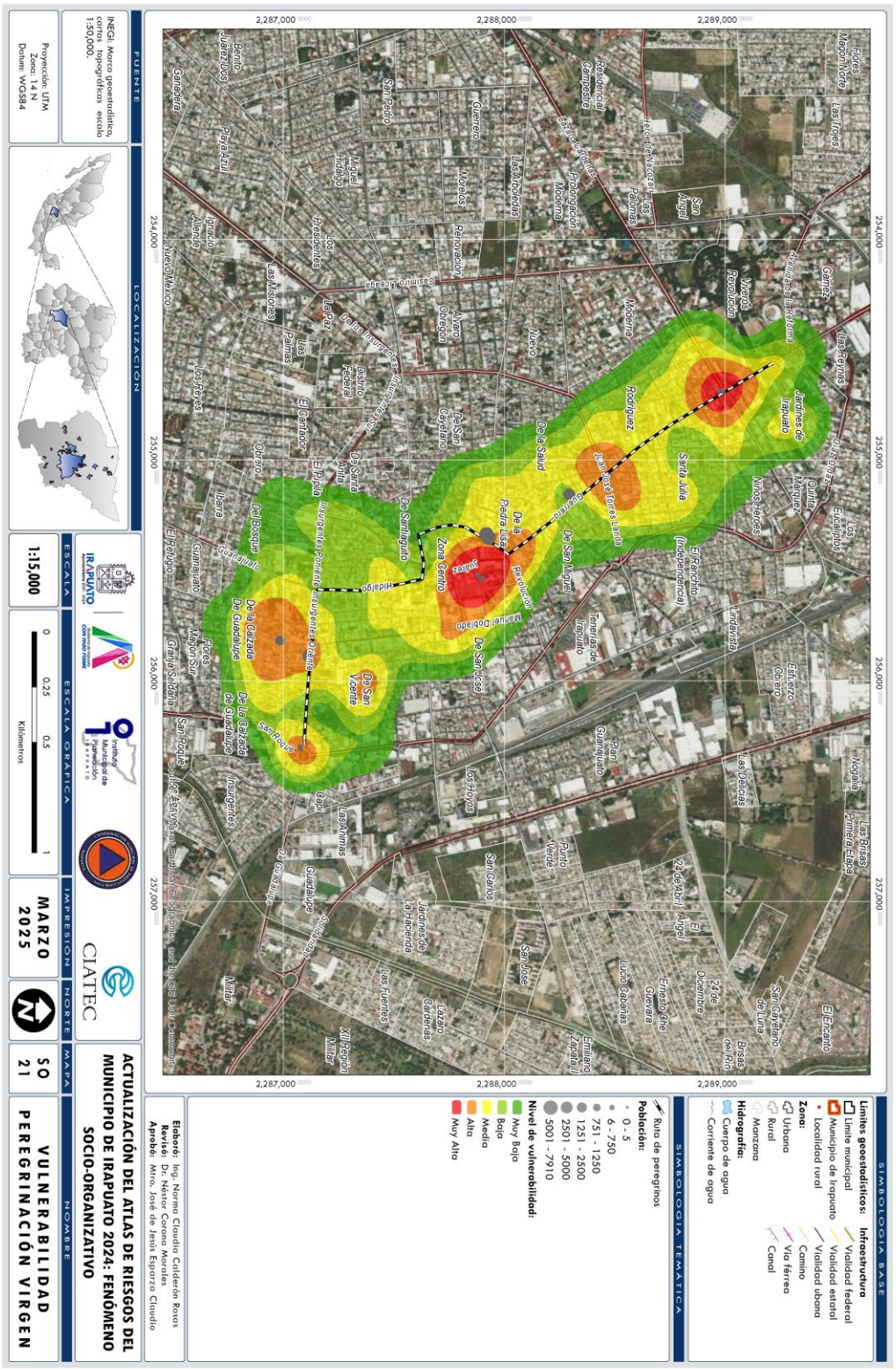
X.4.3 Vulnerabilidad en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe

Para definir la vulnerabilidad, solo se empleó el componente de exposición dado que la información disponible no permite hacer una diferenciación entre el grado de sensibilidad o propensión a ser afectado por las incidencias registradas en la zona.

El resultado indica que las zonas en donde la probabilidad de incidencia negativa se combina con una alta densidad demográfica, se genera una elevada la preocupación por la seguridad. Podemos observar, por ejemplo, que las áreas de "Muy Alta Vulnerabilidad" (rojo oscuro), como la ubicada en "Irapuato Centro" y la cercana a "Insurgentes Oriente" y "San Vicente", tienen superpuestos círculos de población que indican rangos considerables de habitantes. Esto sugiere que no solo son áreas con alta ocurrencia de incidentes, sino también con un número elevado de residentes potencialmente afectados durante los días de la peregrinación.

En cuanto a la cuantificación de personas expuestas según el grado de vulnerabilidad, se presentan cuatro categorías: "Medio", "Muy Bajo", "Bajo" y "Alto"; se tiene una distribución de las personas que se encuentran en cada nivel de vulnerabilidad dentro de la zona de estudio, y específicamente hay 2,762 personas en zonas de vulnerabilidad "Media", una cantidad idéntica de 2,762 personas en zonas de vulnerabilidad "Muy Baja", 2,363 personas en zonas de vulnerabilidad "Baja", y 813 personas en zonas de vulnerabilidad "Alta".

Estos datos numéricos son cruciales para la toma de decisiones. Indican que, si bien una gran parte de la población residente se encuentra en zonas de vulnerabilidad "Media" o "Muy Baja", hay una cantidad significativa de 813 personas que residen directamente en las áreas clasificadas como de "Alta" vulnerabilidad. Estas son las poblaciones que enfrentan la mayor exposición a incidencias negativas durante la peregrinación, como robos, alteraciones del orden público o cualquier otro evento adverso que históricamente se ha registrado en esas ubicaciones.


SIMBOLOGÍA BASE
Límites geoestadísticos:
Límite municipal
Municipio de Irapuato
Localidad rural
Zona:
Urbana
Rural
Manzana
Hidrografía:
Cuerpo de agua
Corriente de agua
Infraestructura
Vialidad federal
Vialidad estatal
Vialidad urbana
Camino
Vía férrea
Canal
SIMBOLOGÍA TEMÁTICA
Ruta de peregrinos
Población:
0 - 5
6 - 750
751 - 1250
1251 - 2500
2501 - 5000
5001 - 7910
Nivel de vulnerabilidad:
Muy Baja
Baja
Media
Alta
Muy Alta
Elaboró: Ing. Normo Claudio Calderón Rosas
Revisó: Dr. Néstor Corona Morales
Aprobó: Mtro. José de Jesús Esparza Claudio
ACTUALIZACIÓN DEL ATLAS DE RIESGOS DEL MUNICIPIO DE IRAPUATO 2024: FENÓMENO SOCIO-ORGANIZATIVO
CIATEC
MAPA
SO 21
NOMBRE
VULNERABILIDAD PEREGRINACIÓN VIRGEN
IMPRESIÓN
MARZO 2025
NORTE
ESCALA GRÁFICA
0
0.25
0.5
1
Kilometros
ESCALA
1:15,000
LOCALIZACIÓN
FUENTE
INEGI: Marco geoestadístico, cartas topográficas escala 1:50,000.
Proyección: UTM
Zona: 14 N
Datum: WGS84
2,287,000
2,288,000
2,289,000
254,000
255,000
256,000
257,000
Hidalgo
Zona Centro
Plaza Principal
Rodriguez
Santa Julia
De la Piedra Lisa
De San Miguel
De la Salud
De Santiaguito
De San Vicente
De la Calzada de Guadalupe
Insurgentes
Nuevo Mexico
Morelos
Moderna
Obregon
Guerrero
Las Palmas
Las Rejas
Las Flores
Las Reynas
Jardines de Irapuato
Las Delicias
Las Brisas Primera Etapa
Las Arboledas
Los Presidentes
Los Sabinos
Las Peras
Residencial Campestre
Nogalia
Las Troes
Flores Magon Norte
Benito Juarez Oos
Ganadera
Playa Azul
Ignacio Allende
San Pedro
Miguel Hidalgo
Prolongacion Moderna
Ampliacion Morelos
Ampliacion Obregon
Ampliacion Guerrero
Ampliacion Las Arboledas
Ampliacion Las Palmas
Ampliacion Las Rejas
Ampliacion Las Peras
Ampliacion Las Delicias
Ampliacion Las Reynas
Ampliacion Las Flores
Ampliacion Las Brisas
Ampliacion Las Troes
Ampliacion Nogalia

X.4.4 Riesgo en la peregrinación de la Virgen de Guadalupe

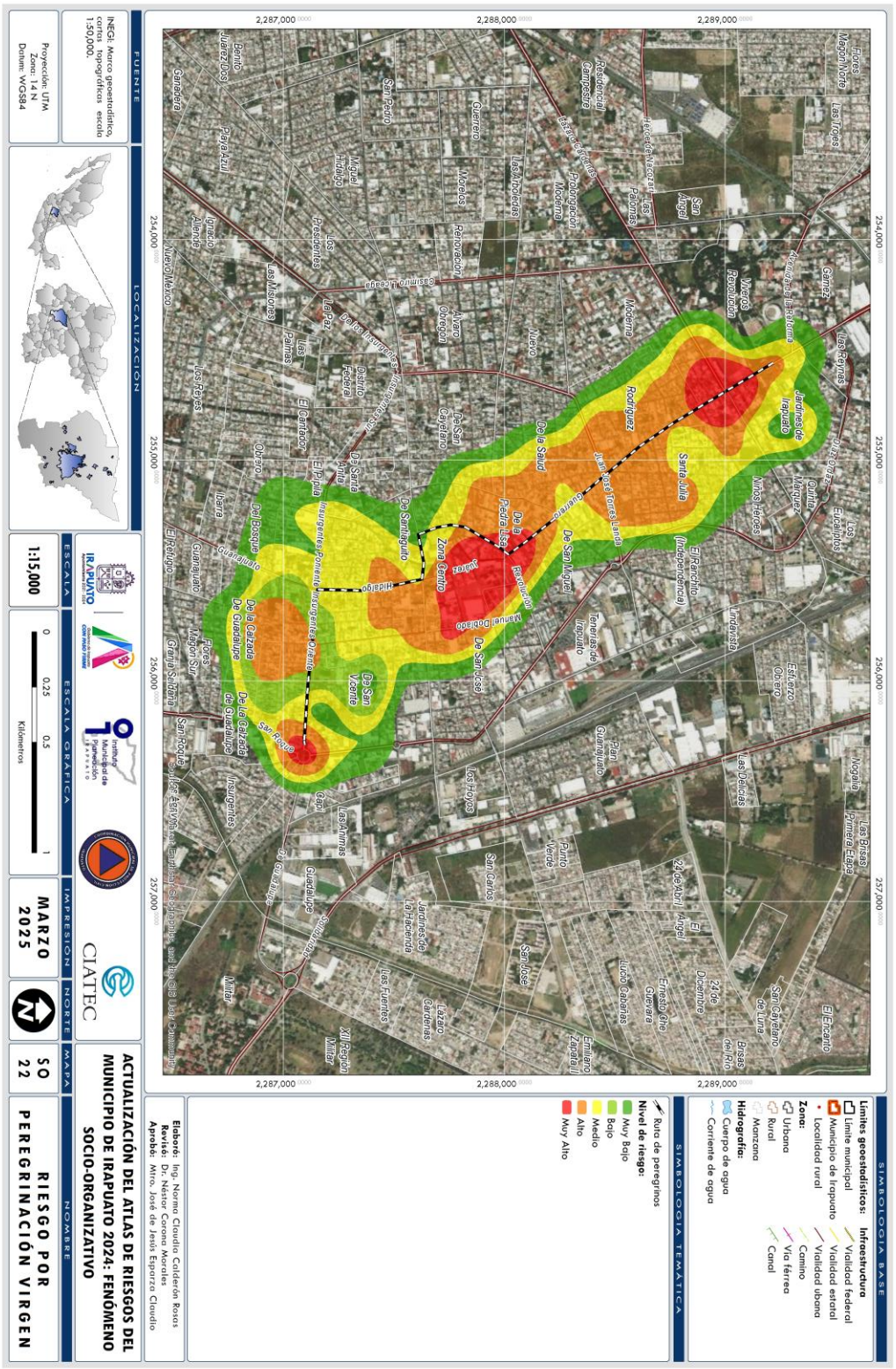
El análisis de riesgo en las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe en Irapuato, Guanajuato, se presenta como una herramienta fundamental para la seguridad durante el mes de diciembre, el cual tradicionalmente congrega a miles de fieles. Este mapa de riesgo es el resultado de una meticulosa combinación de la probabilidad espacial y temporal de que un residente o peregrino experimente una situación nociva, basada en un catálogo de incidencias previamente identificado. La particularidad de esta metodología radica en que traduce el riesgo en una métrica comprensible: el número de personas por cada 100 que podrían sufrir alguna incidencia, escalando desde un riesgo "Muy Bajo" (2.5 por cada 100) hasta un riesgo "Muy Alto" (más de 10 por cada 100).

Al observar la distribución espacial del riesgo, se hace evidente que las zonas de mayor preocupación se concentran a lo largo de la ruta de peregrinación y sus barrios aledaños. Un polo de riesgo "Muy Alto" se destaca prominentemente en el corazón de Irapuato. Este eje crítico abarca calles principales como Manuel Doblado, Guerrero y José Torres Landa, extendiéndose por zonas como Irapuato Centro. Aquí, la probabilidad de que más de 10 personas por cada 100 habitantes experimenten un incidente negativo es la más elevada, lo que sugiere que la confluencia de peregrinos y la dinámica urbana de un centro densamente poblado crean un ambiente de alta vulnerabilidad.

Otro foco de riesgo "Alto" se localiza en la zona suroeste de la ruta, afectando notablemente áreas alrededor de la avenida Insurgentes Oriente, la colonia San Vicente y el sector cercano a la Glorieta de Guadalupe. En estas ubicaciones, el riesgo se sitúa en un rango donde entre 7.5 y 10 personas por cada 100 podrían sufrir alguna incidencia. Este patrón indica que, si bien el centro es el punto de mayor concentración, las áreas periféricas que también forman parte del trayecto de las peregrinaciones no están exentas de un riesgo considerable, extendiendo la necesidad de vigilancia más allá del núcleo urbano.

Asimismo, en la parte norte del mapa, colonias como Jardines de Irapuato, Rodríguez y parte de Lázaro Cárdenas muestran un riesgo que oscila entre "Alto" y "Medio". Esto significa que entre 5 y 10 personas por cada 100 podrían verse afectadas. Aunque el nivel de riesgo aquí no es tan extremo como en el centro, sigue siendo un área de atención importante, especialmente por su proximidad a arterias viales significativas como la Avenida de la Reforma, que también son puntos de paso o concentración de peregrinos.

Por contraste, el mapa también identifica zonas de riesgo "Bajo" y "Muy Bajo", representadas en tonos azules. Estas áreas, donde la probabilidad de incidencia es inferior a 5 personas por cada 100, se encuentran generalmente en los márgenes de la ruta de peregrinación o en barrios con menor densidad de población y menos afluencia durante el evento. Nombres como Álvaro Obregón, Moderna Prolongación, Morelos, Miguel Hidalgo, y secciones de San Cayetano y Los Reyes, caen dentro de esta categoría, ofreciendo un relativo respiro en términos de seguridad para sus residentes.



Mapa 25: Riesgo durante las peregrinaciones de la Virgen de Guadalupe.

X.5 Cabalgata de los Reyes Magos

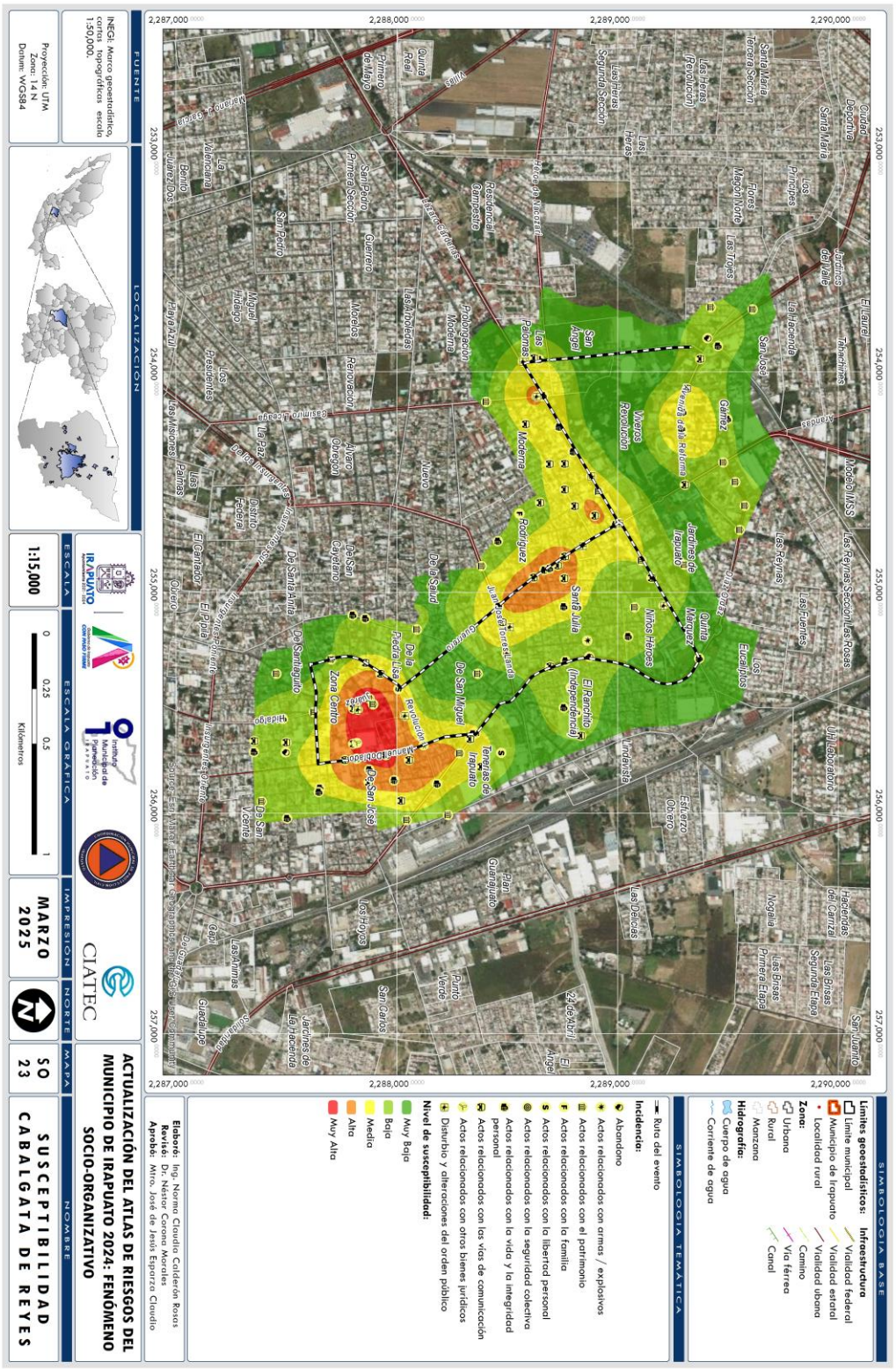
La cabalgata de los reyes es una de las tradicionales de Irapuato. Su primera edición fue en 1975 y ha sido ampliamente documentada a lo largo de los años. El evento transita por las principales calles de la ciudad y congrega a cerca 700 mil personas. En el desfile participan cerca de 7o contingentes pertenecientes a múltiples sectores de la ciudadanía. Además, en la parte, logística participan gran alrededor de 1,500 artistas.

A lo largo de los años ha tenido ajustes en la ruta, pero en 2025 partió de la Colonia Chinacos, Lázaro Cárdenas, Guerrero, Revolución, Ramón Corona, Álvaro Obregón, Manuel Doblado, Díaz Ordaz, Lázaro Cárdenas, Estadio-McDonald's.

X.5.1 Susceptibilidad en la Cabalgata de los Reyes Magos

El análisis conjunto de la Figura Incidencias durante las Cabalgatas de los Reyes Magos y el mapa de incidencias ofrece una perspectiva detallada sobre los desafíos de seguridad y orden público durante el desfile de la Cabalgata de los Reyes Magos en Irapuato, desde 2020 hasta la primera mitad de 2024. La gráfica de Incidencias durante las Cabalgatas de los Reyes Magos destaca que las categorías con mayor número de incidencias son los actos relacionados con la vida y la integridad personal, y los actos relacionados con las vías de comunicación, ambas con 40 incidencias, seguidas de los actos relacionados con el patrimonio, con 31. El mapa complementa esta información al mostrar la concentración espacial de las incidencias a lo largo del derrotero del desfile, indicando que la mayoría de los problemas se concentran en las zonas de mayor afluencia de personas.

La distribución de los iconos en el mapa de la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos, que representan las diferentes categorías de incidencias, coincide con los patrones observados en la gráfica de Sankey. Los actos relacionados con la vida y la integridad personal ocurren a lo largo de toda la ruta, mientras que los disturbios y alteraciones del orden público se concentran en zonas específicas. Los actos relacionados con el patrimonio, incluyendo robos, también ocurren en toda la zona, pero con mayor frecuencia en las áreas de mayor concentración de personas. La información sobre la población y las unidades económicas en el mapa es crucial para comprender los factores que contribuyen a las incidencias.



Mapa 26: Susceptibilidad durante la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos.

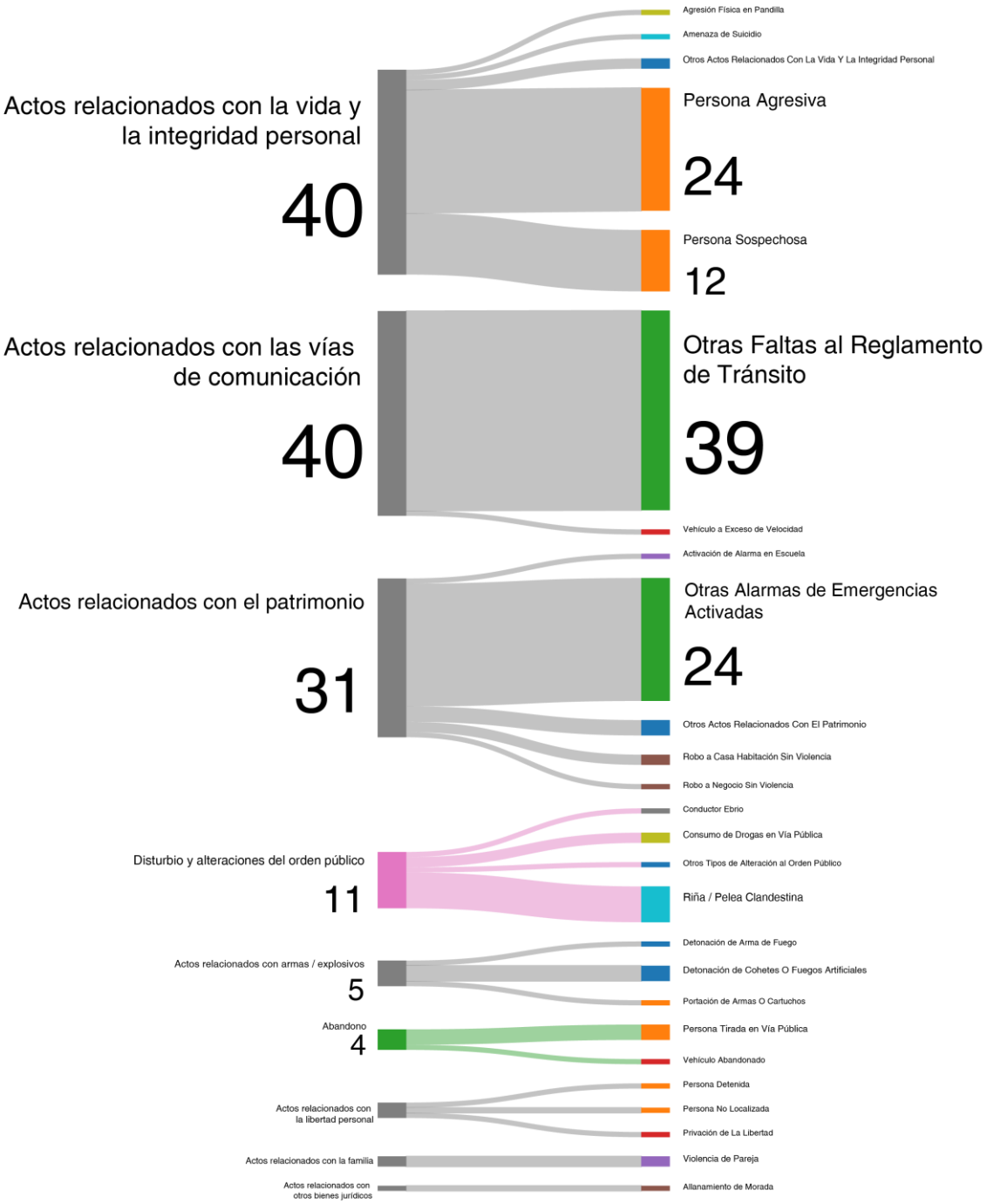


Figura 44: Incidencias durante Cabalgata de los Reyes Magos

Con base a la información recabada, resulta que en los tres años en total se han presentado 137 incidencias en tres eventos, en 2020, 2021, 2022 y 2023, es decir un promedio de 34 incidencias por evento. Este valor tazado de manera anual y con una

referencia demográfica de casos por cada 20,0000; resulta en 0.97 incidencias por cada 20 mil personas; y lo más probable que esta incidencia está asociada a Faltas al reglamento de tránsito, seguida por persona agresiva o alarmas de emergencia activas; o que bien se trate de un reporte de persona sospechosa.

X.5.2 Vulnerabilidad durante la Cabalgata de los Reyes Magos

Se empleó solo el componente de población expuesta. Se encontró que la distribución espacial de la vulnerabilidad en la ciudad de Irapuato a lo largo de la ruta de la cabalgata anual de Reyes. El grado de vulnerabilidad, categorizado desde "Muy Bajo" hasta "Muy Alto", y la población residente en cada zona, ilustrada por círculos de diferentes tamaños que indican rangos de habitantes (0-50 hasta 501-717). Esta combinación permite identificar no solo las áreas propensas a incidentes, sino también la cantidad de personas que potencialmente se verían afectadas.

Al examinar el patrón espacial de la vulnerabilidad, se observa un polo de "Muy Alta" vulnerabilidad (rojo intenso) notablemente concentrado en la parte sureste del área de estudio. Este punto crítico se sitúa en las cercanías de colonias como Irapuato Centro, y se extiende hacia las vialidades Manuel Doblado y Revolución. La presencia de círculos de población de tamaño medio a grande en esta zona indica que no solo es un área con alta propensión a incidentes, sino que también alberga una cantidad significativa de residentes, lo que aumenta la exposición de las personas a situaciones adversas durante la cabalgata.

Adyacente a este polo de muy alta vulnerabilidad y extendiéndose hacia el norte y el oeste, se encuentran franjas de vulnerabilidad "Alta" (naranja) y "Media" (amarillo). Estas áreas abarcan importantes arterias y colonias como Avenida de la Reforma y Lázaro Cárdenas en el noroeste, y Guerrero y Rodríguez en el centro. La vulnerabilidad en estas zonas implica un riesgo considerable para los habitantes, aunque quizás no tan extremo como el polo rojo. La distribución de círculos de población de varios tamaños en estas franjas sugiere que un número considerable de residentes estará expuesto, lo que requiere atención por parte de las autoridades.

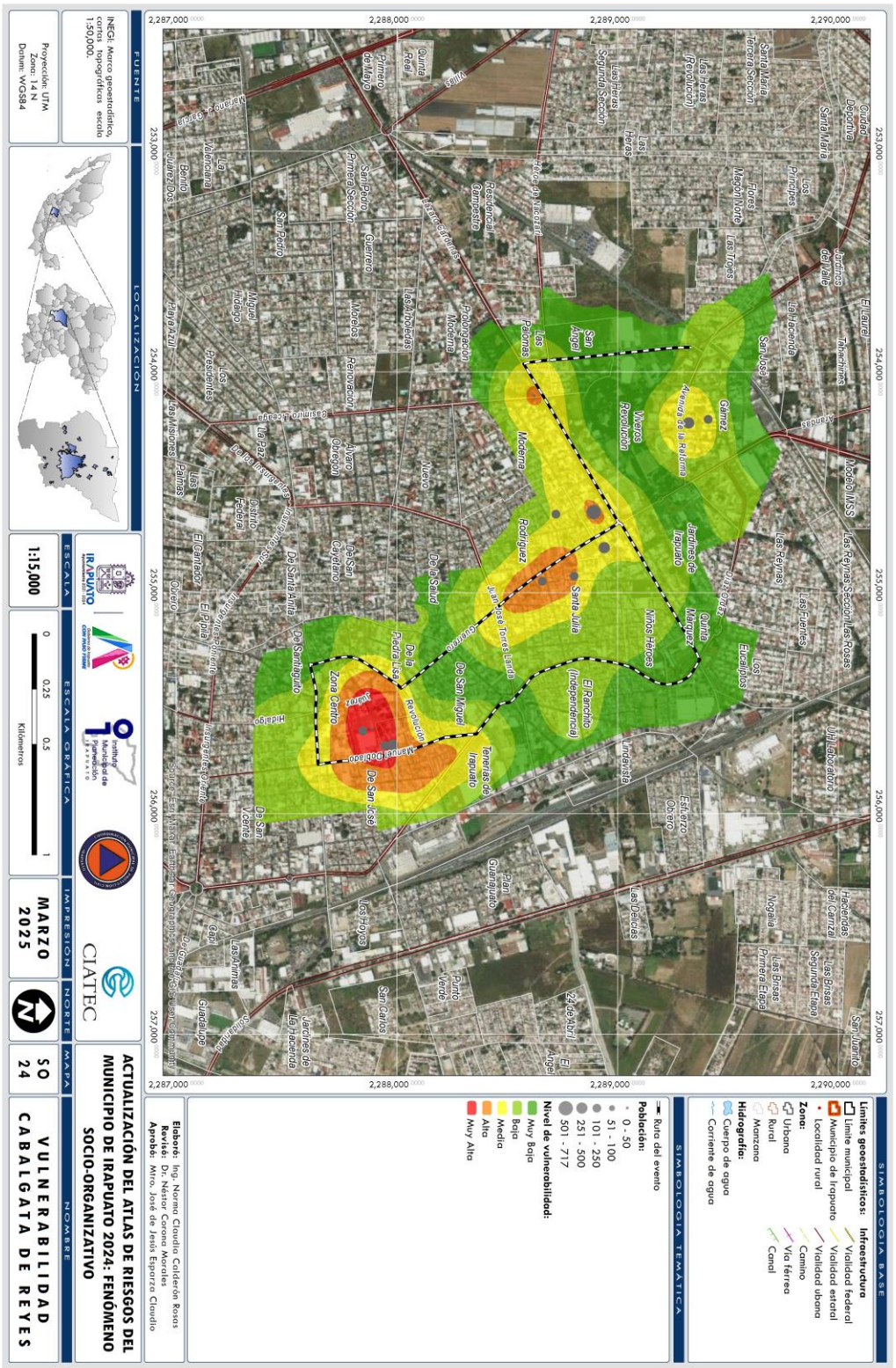


Figura 53. Vulnerabilidad durante la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos

La distribución de personas por nivel de vulnerabilidad es la siguiente: 1,036 personas se encuentran en zonas de vulnerabilidad "Alta", lo que representa la mayor proporción de habitantes expuestos a un riesgo significativo. Le sigue una cantidad importante de 761 personas en áreas de vulnerabilidad "Media". Por otro lado, 511 personas residen en zonas de vulnerabilidad "Muy Baja" y 428 personas en zonas de vulnerabilidad "Baja".

Estos datos numéricos son cruciales para la toma de decisiones, ya que demuestran que la mayor parte de la población expuesta reside en zonas de vulnerabilidad "Alta" y "Media". La concentración de 1,036 personas en áreas de alto riesgo exige una atención prioritaria y la implementación de medidas de seguridad reforzadas. La planificación de la Cabalgata de Reyes debe considerar estos datos para optimizar la distribución de recursos humanos y materiales, enfocándose en mitigar los riesgos en las zonas más pobladas y vulnerables.

X.5.3 Riesgo durante la Cabalgata de Reyes

Se aplicaron los mismos criterios de riesgo que para la peregrinación de la Virgen, es decir, el riesgo se define como la combinación de probabilidad espacial y temporal de que un residente experimente una situación nociva del catálogo de incidencias, con rangos desde "Muy Bajo" (2.5 personas por cada 100) hasta "Muy Alto" (más de 10 personas por cada 100).

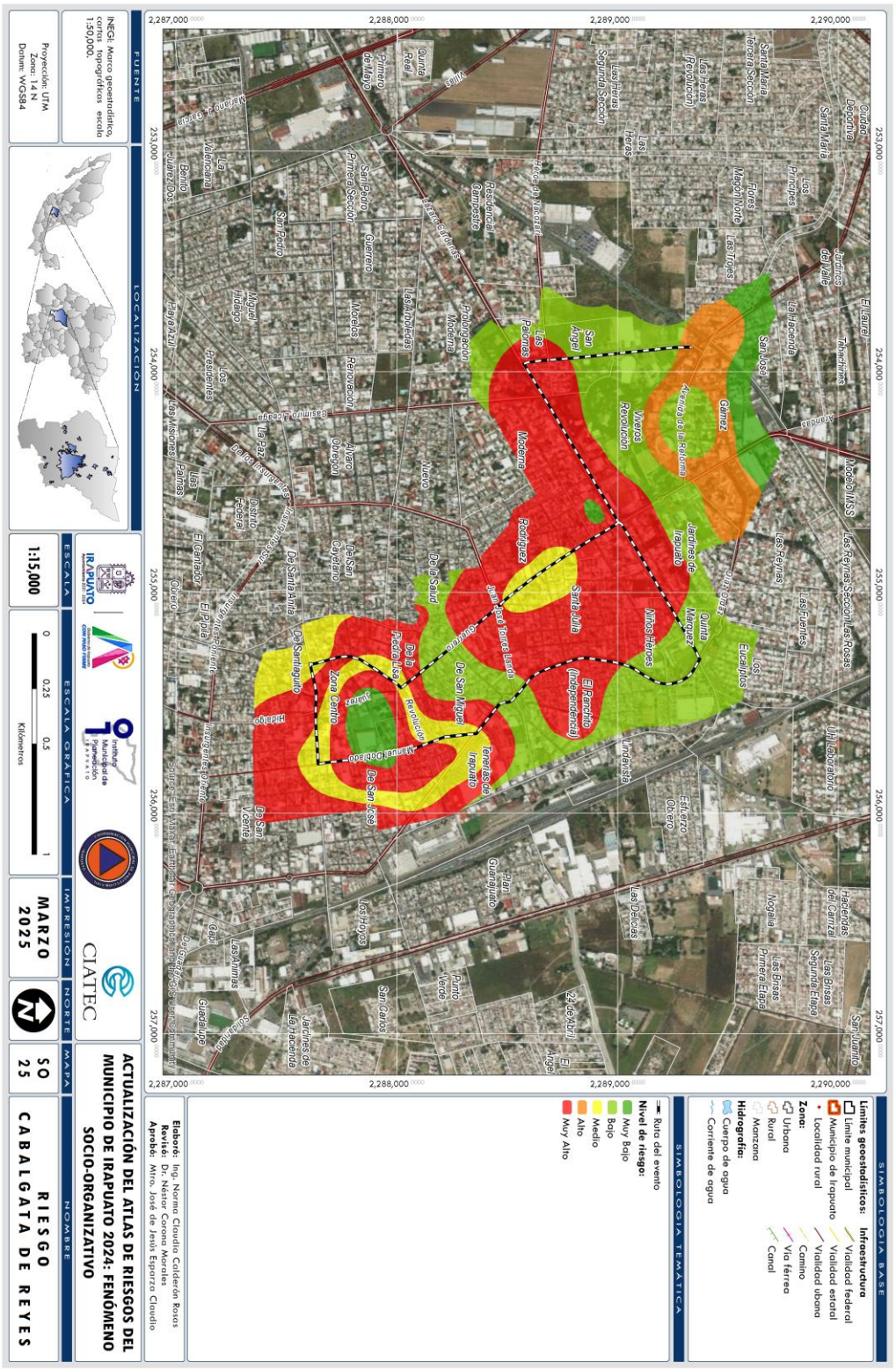
Un polo de riesgo "Muy Alto" (rojo intenso) se concentra en el sureste de la zona de estudio, abarcando principalmente el sector de Irapuato, pero indica una zona urbana central de alta confluencia y extendiéndose ligeramente hacia calles como Manuel Doblado y Revolución. Esta es la zona más crítica, donde más de 10 personas por cada 100 habitantes tienen una alta probabilidad de experimentar una incidencia negativa. La concentración de actividades y espectadores en esta área durante la Cabalgata de Reyes, sumada a la densidad de población, crea un entorno de alta vulnerabilidad y requiere la máxima atención de las autoridades.

Extendiéndose desde este polo de riesgo "Muy Alto" y ramificándose a lo largo de la ruta, se identifican amplias áreas de riesgo "Alto" (naranja). Estas zonas incluyen el sector cercano a Piedra Lisa, partes de Díaz Ordaz y San Miguel en el centro-este. Hacia el norte, el riesgo "Alto" se observa en colonias como Jardines de Irapuato, El Ranchito Independencia y Santa Julia, así como en un tramo de la Avenida de la Reforma y Lázaro Cárdenas en el noroeste. En estas áreas, entre 7.5 y 10 personas por cada 100 podrían verse

afectadas por alguna incidencia, lo que subraya la importancia de la vigilancia y las medidas preventivas a lo largo de gran parte del recorrido de la cabalgata.

El riesgo "Medio" (amarillo) se distribuye en varias zonas adyacentes a las de alto riesgo, actuando como una especie de zona de transición o amortiguamiento. Ejemplos incluyen el sector de Rodríguez, parte de Guerrero, Moderna Prolongación y áreas circundantes a Viveros Revolución. En estas colonias y calles, el riesgo se estima entre 5 y 7.5 personas por cada 100, lo que, aunque menor que las zonas rojas y naranjas, sigue siendo un nivel que amerita consideración y una presencia de seguridad adecuada durante el evento.

Finalmente, las áreas de riesgo "Bajo" y "Muy Bajo" se encuentran en los extremos y márgenes de la zona de estudio, alejadas de la ruta principal o en áreas con menor concentración de actividad relacionada con la cabalgata. Colonias como Gámez, partes de Álvaro Obregón, Morelos, Guerrero (la del oeste), y De San Cayetano, muestran estos niveles más bajos de riesgo, donde menos de 5 o 2.5 personas por cada 100 respectivamente, tendrían la probabilidad de sufrir un incidente. Estas zonas, aunque más seguras, no deberían ser completamente ignoradas, ya que aún pueden presentar incidencias aisladas.



Mapa 27: Riesgo durante la ruta de la Cabalgata de los Reyes Magos.

XI. INTERRUPCIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS

El antecedente del Atlas Municipal de Riesgos 2013, identifico varios de los eventos que se presentan en el Municipio de Irapuato que se pueden clasificar dentro de este componente, tenemos los listados en la Tabla 59.

Tabla 59. Motivos de Interrupción de servicios vitales causados por el hombre 2012.

Motivo	Total de Llamadas
Amenaza de bomba	11
Artefacto explosivo	1
Asalto a camión de pasajeros	6
Asalto a camión repartidor	25
Asalto a casa habitación	11
Asalto a comercio o industria	72
Asalto a persona	361
Robo a casa habitación	1210
Robo a comercio o industria	1448
Robo a personas	1493
Robo a vehículo	685
Robo de vehículo	528
Disparo de arma de fuego	591
Fuga de sustancias tóxicas	61
Venta clandestina de droga	251

Con base a los datos de la tabla anterior y desde el enfoque de la interrupción de servicios básicos, los datos reflejados permiten observar cómo distintas expresiones de violencia, criminalidad y riesgo tecnológico en Irapuato han afectado de manera directa o indirecta la prestación de funciones esenciales en el municipio. Aunque algunos eventos pudieran parecer aislados o de bajo volumen, su impacto acumulativo representa un desafío considerable para la estabilidad operativa de la ciudad.

Las amenazas de bomba (11 reportes) y la identificación de un artefacto explosivo (1 caso) son ejemplos claros de situaciones que, aunque puntuales, tienen un potencial altamente disruptivo. La sola sospecha de estos eventos genera una respuesta institucional inmediata: evacuación de inmuebles, cierre de calles, paralización del transporte, y suspensión de actividades tanto públicas como privadas. Estos escenarios obligan a activar protocolos de emergencia que comprometen la operatividad de los servicios de seguridad, salud y

protección civil, generando tensión social y afectando el funcionamiento normal de zonas clave.

De igual forma, los asaltos a camiones de pasajeros (6 casos) y a camiones repartidores (25 casos) comprometen dos servicios básicos fundamentales: la movilidad y el abastecimiento de bienes. En el primer caso, los hechos de violencia pueden derivar en la suspensión o alteración de rutas de transporte público, afectando la movilidad cotidiana de cientos de personas, en especial en zonas marginadas o de difícil acceso. En el segundo caso, la interrupción de la distribución de productos esenciales repercute directamente en el comercio local, con implicaciones económicas y sociales.

El asalto y robo a casa habitación, comercio o industria, con un total combinado superior a 2,700 reportes, revela una tendencia que trasciende lo individual. Estos eventos afectan el funcionamiento de negocios, la economía barrial, y generan un clima de inseguridad que obliga a modificar rutinas, horarios de atención, y uso del espacio público. En zonas industriales, el impacto puede alcanzar incluso el empleo y los servicios públicos que dependen de esa actividad económica.

Por otro lado, los robos de vehículos (528) y a vehículos (685) no solo representan pérdidas patrimoniales, sino que también afectan la movilidad de personas y mercancías, lo que repercute en tiempos de traslado, accesibilidad a servicios y eficiencia logística. Esta situación genera una carga adicional sobre los cuerpos de seguridad y propicia entornos de temor e incertidumbre.

Los 591 reportes por disparos de arma de fuego evidencian situaciones de violencia directa que obligan, en muchos casos, al cierre preventivo de escuelas, comercios y centros de salud. Además, alteran gravemente la dinámica de los barrios afectados, paralizando actividades cotidianas y desplazando recursos institucionales que podrían estar destinados a otros servicios esenciales.

La fuga de sustancias tóxicas (61 casos reportados) constituye uno de los riesgos más graves desde el punto de vista de protección civil. Este tipo de eventos puede obligar a evacuar zonas enteras, suspender servicios de agua, energía eléctrica o transporte, y activar sistemas de atención médica masiva. Su impacto inmediato sobre la salud, el medio ambiente y los servicios urbanos requiere una alta capacidad de respuesta institucional.

Finalmente, la venta clandestina de droga (251 reportes) aunque menos visible como elemento de interrupción directa, se asocia fuertemente con el deterioro del entorno urbano, el incremento de la violencia y la pérdida del control territorial. Esto genera entornos inseguros en los que los servicios básicos —como la educación, salud, limpieza o seguridad— se ven limitados o se prestan de manera irregular.

En conjunto, los datos muestran que la violencia, los delitos y ciertos riesgos tecnológicos tienen una capacidad real de afectar los servicios básicos del municipio. Esta situación debe ser reconocida no solo como un problema de seguridad, sino como un componente transversal que compromete la gobernabilidad local, la calidad de vida de la población y la resiliencia urbana.

En la actualización de este componente, comprende los servicios básicos, esenciales para una calidad de vida digna según los criterios de la Comisión Nacional de Vivienda (Conavi), comprenden el suministro de agua, el drenaje y el acceso a combustibles. En este contexto, la Ley General de Protección Civil, en su artículo 2, fracción XXXI, define la infraestructura estratégica como aquella indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos, cuya destrucción o inhabilitación representa una amenaza a la seguridad nacional.

Se consideran instalaciones estratégicas los espacios, inmuebles, construcciones, mobiliario, equipos y otros bienes destinados al funcionamiento, mantenimiento y operación de las actividades consideradas estratégicas por la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Asimismo, se incluyen aquellas actividades que buscan mantener la integridad, estabilidad y permanencia del Estado Mexicano, conforme a lo establecido en la Ley de Seguridad Nacional.

Por otro lado, la suspensión de los servicios de transporte suele originarse por labores de mantenimiento programado, interrupciones en el suministro de energía eléctrica, desabasto de combustibles, accidentes o conflictos sociales. Algunos aspectos fundamentales de cada tipo de servicio básico tienes sus propias causas, normalmente múltiples, asociadas tanto a causas naturales como a la acción del hombre, la tabla muestra una relación de las posibles circunstancias que pueden influir en cada tipo de servicio.

Tabla 60: Interrupción de servicios básicos, causas y consecuencias.

Servicio	Posibles causas de interrupción	Principales consecuencias	Sectores afectados
Agua	Fenómenos de origen natural, fallas en el suministro de energía eléctrica, escasez por falta de precipitación y captación, fugas, sobreexplotación de los mantos acuíferos, desperdicio e ineficiencia en la distribución y consumo, así como contaminación	Conflictos sociales, problemas sanitarios, aumento en los índices de mortalidad infantil, mayor riesgo de enfermedades diarreicas y víricas, pérdida y muerte de cultivos y ganado, muerte de personas a consecuencia de enfermedades relacionadas con el agua, etcétera	Población en general Salud Agropecuario Industria Comercio y servicios Medio ambiente
Energía eléctrica	Fenómenos de origen natural, actos de sabotaje, falta de mantenimiento a las instalaciones, errores humanos, escasez de combustibles	Afectaciones en bombas para suministro de agua y combustibles, interrupción de actividad industrial, descomposición de productos perecederos, suspensión de actividades económicas, interrupción de algunas actividades recreativas, impacto directo en la prestación de servicios de salud, etcétera	Industria Comercio y servicios Turismo Salud Transporte
Transporte	Fenómenos de origen natural, errores humanos, desabasto de combustibles, falta de suministro de energía eléctrica, accidentes de transporte, daños en infraestructura carretera, labores de mantenimiento	Movilidad de la población, afectación en sectores económicos, desempleo, concentraciones masivas de población, conflictos sociales, desabasto de productos básicos, caída de la actividad turística, etcétera	Transporte Industria Comercio y servicios Turismo Empleo
Abasto de alimentos y combustibles	Daños en infraestructura carretera, escasez de alimentos y combustibles, especulación en materias primas y de primera necesidad y compras de pánico	Conflictos sociales, desnutrición, pérdidas económicas significativas en industria, comercio y servicios, aumento de precios en artículos de primera necesidad, crisis energética, migración, hambrunas	Población en general Salud Industria Comercio y servicios Turismo

Fuente: Tomada de CENAPRED (2017)[3]

[3] Ponencia sobre Historia y clasificación de los fenómenos socio – organizativos, marzo del 2017, Coordinación Nacional de Protección Civil México.

En el caso de la ciudad de Irapuato, las acciones controladas de irrupción de servicios básicos se presentan mayormente de manera programada. Bloque de calles para reparación de misma cubierta asfáltica, o reparación de las redes de drenaje y alcantarillado son habituales. Los servicios que más se salen de control y que se pueden asociar a causas del FSO son la energía eléctrica y el agua potable. En entre las principales causas, que mayormente son incidentes no voluntarios, es sobre carga de la red de distribución, cortos circuitos, falta de suministro de la red.

En el caso de la red de generación de energía eléctrica, las olas de calor pueden afectar a las centrales termoeléctricas que a menudo utilizan agua para la refrigeración. En épocas de calor intenso, la temperatura de las fuentes de agua puede aumentar, lo que reduce la eficiencia del proceso de enfriamiento y, por ende, la eficiencia general de la planta. Para el caso de la transmisión el aumento de calor también afecta influye en una mayor demanda de energía para climatización, sobrecarga de transformadores, expansión de conductores y una menor capacidad de transmisión. En resumen, salvo el incremento de demanda de energía en los hogares, el resto de los componentes esta fuera del campo de evaluación de del riesgo socio-organizativo. Un aspecto importante es el corte del servicio por acciones de mantenimiento, muy regulares en Irapuato, la siguiente figura, muestra un ejemplo de los comunicados para alertar a la población.

Figura 45: Ejemplo de notificaciones de irrupción de servicio de energía eléctrica.
Fuente: Gobierno de Irapuato, 2023.

Otro de los grandes problemas se presenta en materia de suministro de combustibles, el robo de combustible, o "huachicoleo[4]", tiene diversos efectos perjudiciales en Irapuato, tanto a nivel económico como social y de seguridad (Ver figura 50). El huachicoleo en

[4] Actividad de traslado de combustible extraído ilícitamente de ductos.

Irapuato ha sido históricamente un problema endémico, marcado por una alta incidencia de tomas clandestinas debido a la extensa red de ductos de Pemex que atraviesan el municipio, lo que ha facilitado la extracción ilegal de combustible por parte de grupos criminales; la presencia y el control del Cártel de Santa Rosa de Lima (CSRL) durante un tiempo significativo consolidaron esta actividad ilícita como una fuente importante de financiamiento, contribuyendo a la escalada de violencia y la disputa territorial con otras organizaciones criminales que buscaban también el control de esta lucrativa actividad en la región.

La situación actual en Irapuato, hasta mayo de 2025, probablemente refleja una continuidad en la problemática del huachicoleo, con una posible adaptación de los métodos de extracción y transporte por parte de los grupos criminales para evadir la vigilancia, así como una persistente amenaza a la seguridad local debido a la violencia asociada a la disputa por el control de esta actividad ilícita; la participación, en algunos casos, de sectores de la comunidad en actividades relacionadas con el huachicoleo, ya sea por necesidad económica o bajo la influencia de los grupos criminales, añade una complejidad adicional al abordaje del problema por parte de las autoridades.

Los principales poblados en los que se presenta son las comunidades de Malvas, Ejido Loma Bonita, Carrizal Grande, El Copal, Alfredo V. Bonfil, Lo de Juárez, Purísima del Progreso, La Calera, Guadalupe Villa de Cárdenas, Buenos Aires y San Antonio Texas (El sol de Irapuato, 2021).

Figura 50. Ejemplo de transporte ilegal de combustible.
Fuente: El Sol de Irapuato (2021)[5].

[5] Irapuato, primero en huachicoleo, El Sol de Irapuato, 29 de noviembre de 2021.

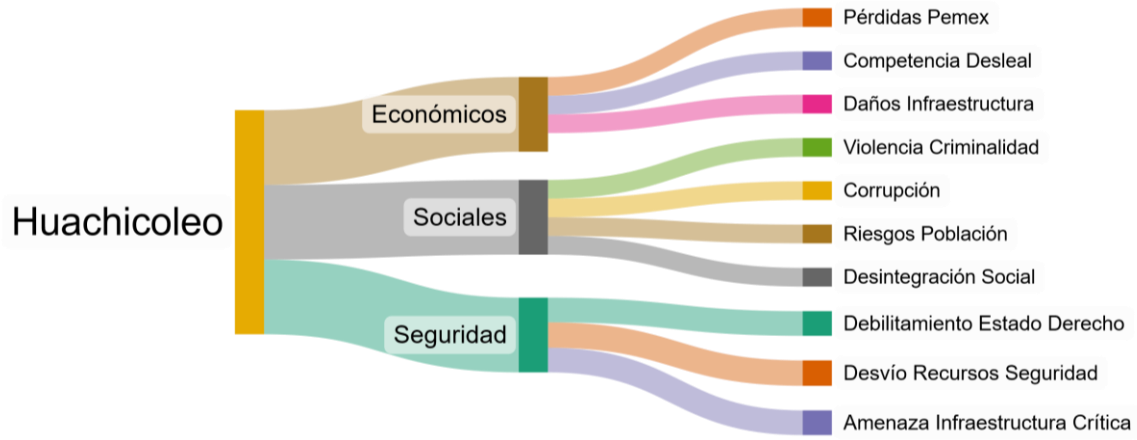


Figura 50. Principales efectos del huachicoleo.

XI.1 Susceptibilidad de irrupción de servicios básicos

La susceptibilidad a interrupción de servicios básicos como resultado de la acción humana, se realizó mediante la identificación de incidencias cuya ocurrencia podría dificultar la prestación de servicios e manera normal. Al respecto de identificaron 273, de los cuales 222 corresponden a acciones de daño a bienes, Manifestaciones y bloqueos con un total de 30 y 10 casos de mítines que se han realizado en diversos puntos de la ciudad.

El listado y calendarización de los eventos se pueden apreciar en la siguiente tabla, que presenta la relación de incidencias que involucran el bloqueo de la vía pública. En este se trató de identificar la motivación de la manifestación, entre las causas destaca las cuestiones sociales, demandas laborales, justicia y derechos humanos.

Tabla 61: Relación de incidencias con potencial de interrumpir la prestación de servicios básicos.

Fecha	Colonia/Zona	Causa	Categoría
22/1/2020	12 Región Zona Militar	Sin causa identificada	
26/6/2020	Tenerías de Irapuato	Sin causa identificada	
30/9/2020	Las Fuentes	Desalojo de habitantes de asentamiento irregular	Cuestiones Sociales
21/10/2020	Piedra Lisa	Abuso policial contra feministas	Justicia y Derechos Humanos
14/11/2020	Viveros Revolución	Sin causa identificada	
15/2/2021	Ciudad Industrial	Sin causa identificada	

Fecha	Colonia/Zona	Causa	Categoría
10/6/2021	La Virgen	Exigencia de mejoras en caminos rurales	Problemas Agrarios
29/6/2021	El Carmen 2 Da Sección	Sin causa identificada	
20/12/2021	Europa	Desalojo (sin detalles específicos de la manifestación)	Cuestiones Sociales
16/5/2022	Hermano Mateo	Abuso policial contra feministas	Justicia y Derechos Humanos
1/7/2022	Europa	Crisis y reclamos feministas (sin mención directa de bloqueo)	Justicia y Derechos Humanos
30/8/2022	Expo Fresas	Exigencia de reposición de puente peatonal	Transporte y Vialidad
31/10/2022	Europa	Conmemoración digital de represión (sin bloqueo directo)	Justicia y Derechos Humanos
18/1/2023	Rafael Galván	Choque de tráiler contra puente peatonal (bloqueo por incidente vial)	Incidente Vial
24/5/2023	Arandas	Sin causa identificada	
6/6/2023	Valle del Sol	Protestas laborales en planta Marbran (sin confirmación de bloqueo)	Demandas Laborales
7/6/2023	Parque Industrial Castro del Rio	Sin causa identificada	
7/7/2023	Santa Julia	Exigencia de cese a violencia contra anexos (sin bloqueo directo)	Cuestiones Sociales
4/10/2023	Guadalupe de Paso Blanco	Sin causa identificada	
16/10/2023	Gámez	Protesta de docentes por descuentos salariales	Demandas Laborales
30/10/2023	Viveros Revolución	Sin causa identificada	
8/11/2023	Tenerías de Irapuato	Sin causa identificada	
8/11/2023	Quinta Real	Sin causa identificada	
12/2/2024	Purísima del Progreso	Sin causa identificada	
29/4/2024	Europa	Sin causa identificada	
30/4/2024	Ciudad Industrial Irapuato	Sin causa identificada	
7/5/2024	Las Eras	Sin causa identificada	
14/5/2024	Las Trojes	Sin causa identificada	
24/5/2024	Lo de Juárez	Sin causa identificada	

Como se puede observar, la visualización de la nube de palabras de las colonias de Irapuato revela un gradiente en la frecuencia de manifestaciones con disturbios y bloqueos, donde las colonias con los nombres de mayor tamaño, destacándose Arandas e Irapuato Centro, señalan las áreas con la mayor concentración de estos eventos, seguidas por colonias de tamaño considerable como Benito Juárez y Las Américas, que

indicarían una afectación moderadamente alta, mientras que otras colonias con nombres más pequeños, como San Miguel o Bellavista, sugerirían una menor recurrencia de este tipo de situaciones en la vía pública, permitiendo así comprender la distribución de la problemática a lo largo de la ciudad (ver siguiente figura).

Figura 46: Nube de palabras por cantidad de incidencias que afectan la vía pública y prestación de servicios básicos.

Fuente: elaboración propia.

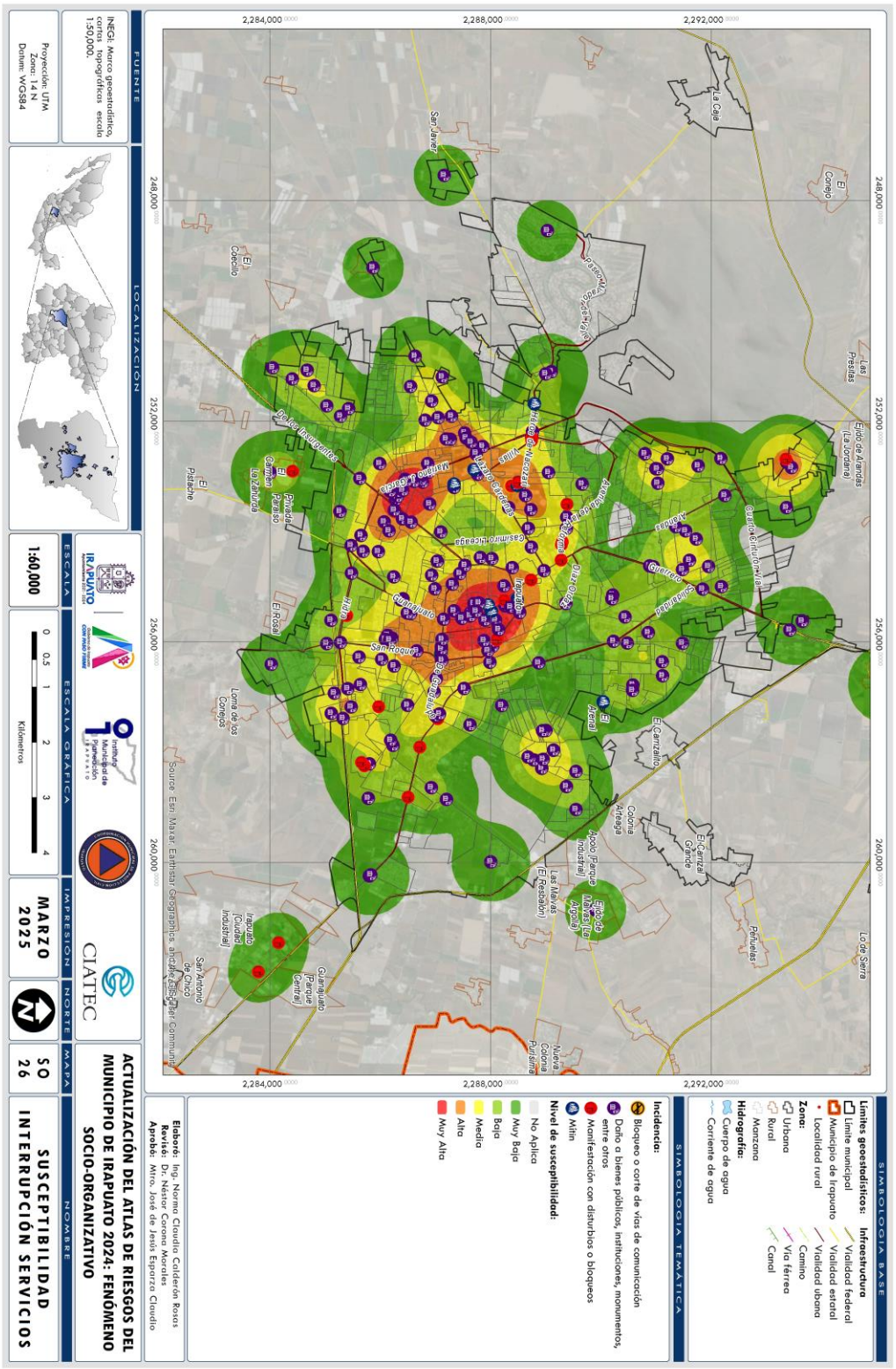
El mapa de susceptibilidad a la interrupción de servicios básicos en Irapuato revela una clara concentración de alto riesgo en la zona central y algunas áreas del centro-oeste, contrastando con una menor vulnerabilidad en la periferia; esta distribución espacial sugiere que factores inherentes a la densidad urbana, la antigüedad de la infraestructura o la confluencia de actividades podrían influir en la fragilidad de los servicios esenciales. Los marcadores de incidentes superpuestos en el mapa, que señalan desde fallas en las comunicaciones hasta manifestaciones y colapsos estructurales, parecen correlacionarse con las zonas de mayor susceptibilidad, insinuando que eventos tanto técnicos como sociales contribuyen a la inestabilidad de los servicios básicos en estas áreas específicas del municipio.

La nube de palabras de las colonias más afectadas complementa esta visión espacial al destacar "Irapuato-Centro" como el núcleo de la problemática, reforzando la idea de que el centro de la ciudad enfrenta desafíos significativos en la continuidad de sus servicios; junto a este, la prominencia de colonias como "Arandas", "De-la-Calzada-de-Guadalupe" y "San-Miguel", que también se ubican dentro o cerca de las zonas de alta susceptibilidad

en el mapa, valida la identificación de estas áreas como puntos críticos donde las interrupciones son más frecuentes o impactantes para la población residente. Esta convergencia de información visual y textual subraya la necesidad de enfocar la atención y los recursos en estas colonias prioritarias para mejorar la resiliencia de los servicios básicos.

La superposición de los incidentes reportados con las zonas de alta susceptibilidad sugiere una interacción compleja entre las fallas intrínsecas de la infraestructura y los eventos externos que actúan como detonantes o agravantes de las interrupciones; por ejemplo, la presencia de marcadores de "Manifestación con disturbios o bloqueos" en áreas centrales podría indicar que la actividad social, aunque legítima en su origen, tiene un impacto directo en la operatividad de los servicios; de igual manera, la acumulación de incidentes relacionados con infraestructura, como líneas de comunicación caídas o estructuras colapsadas, en estas mismas zonas podría ser un síntoma de una infraestructura más antigua y propensa a fallos.

Si bien el análisis de ambos recursos visuales proporciona una comprensión general de las áreas más vulnerables y algunos posibles factores contribuyentes, es crucial reconocer las limitaciones de esta información; el mapa de susceptibilidad ofrece una visión agregada del riesgo, pero no detalla los tipos específicos de servicios afectados ni la frecuencia o duración de las interrupciones; de manera similar, la nube de palabras identifica las colonias más mencionadas, pero no profundiza en las causas subyacentes de los problemas en cada una de ellas; por lo tanto, se requiere una investigación más detallada a nivel de colonia y tipo de servicio para comprender completamente la naturaleza y el impacto de estas interrupciones.

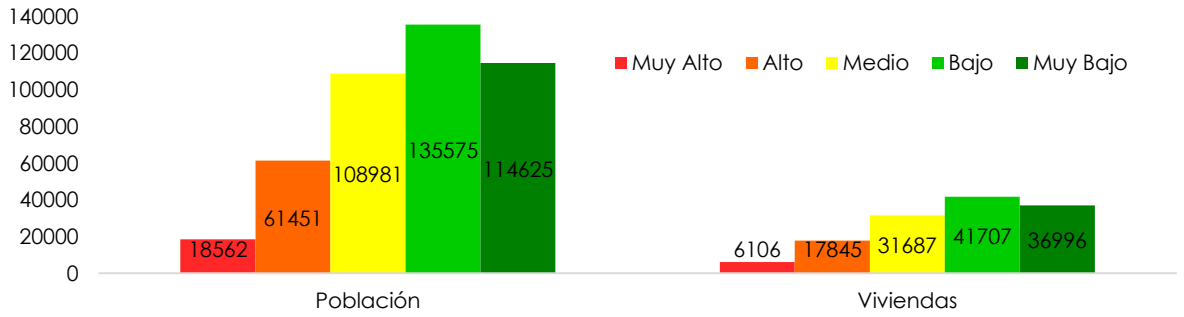


Mapa 28: Susceptibilidad a interrupción de servicios básicos por FSO.

XI.2 Vulnerabilidad de irrupción de servicios básicos

Para esta variable solo se tomó en cuenta el componente de exposición, debido a la naturaleza multidimensional, de asume de manera genérica que todos los habitantes de cada zona tienen la misma condición de indefensión frente a l corte de suministro de servicios básicos.

Si bien el análisis de ambos recursos visuales proporciona una comprensión general de las áreas más vulnerables y algunos posibles factores contribuyentes, es crucial reconocer las limitaciones de esta información; el mapa de susceptibilidad ofrece una visión agregada del riesgo, pero no detalla los tipos específicos de servicios afectados ni la frecuencia o duración de las interrupciones; de manera similar, la nube de palabras identifica las colonias más mencionadas, pero no profundiza en las causas subyacentes de los problemas en cada una de ellas; por lo tanto, se requiere una investigación más detallada a nivel de colonia y tipo de servicio para comprender completamente la naturaleza y el impacto de estas interrupciones.

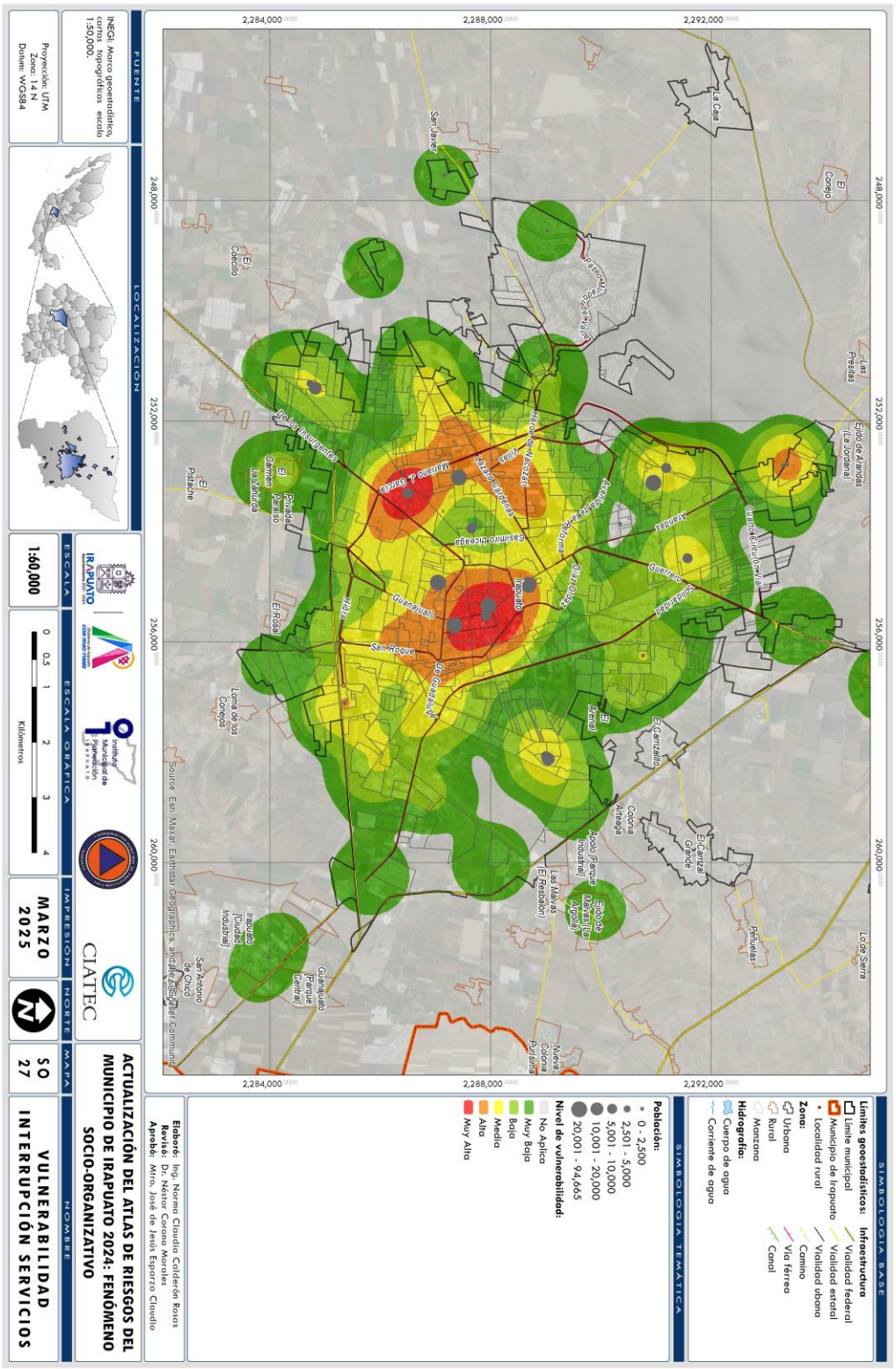


Gráfica 13: Relación de población y viviendas vulnerables a la interrupción de servicios básicos por FSO.
Fuente: elaboración propia.

En el mapa de vulnerabilidad, se puede observar que colonias como Rancho Grande, Morelos y la zona centro (donde se superponen varios círculos grandes) albergan una mayor proporción de la población total afectada en la ciudad. Estas áreas, además, se encuentran en zonas clasificadas con niveles de vulnerabilidad que varían entre Medio, Alto y Muy Alto según el color de fondo del mapa. Si consideramos que un mayor volumen de población generalmente se correlaciona con un mayor número de viviendas, podemos inferir que estas colonias también concentran una parte importante del parque habitacional de Irapuato.

Al contrastar esto con el gráfico de barras, que indica que las categorías de vulnerabilidad Bajo (con aproximadamente 135,575 personas) y Medio (con alrededor de 108,981 personas) son las más numerosas en términos de población total, podemos suponer que colonias con alta concentración poblacional como las mencionadas contribuyen sustancialmente a estas cifras.

Por otro lado, las colonias con círculos de población más pequeños, como Villas de Irapuato, Las Liebres o las colonias ubicadas en la periferia como El Copalillo, representan áreas con menor concentración poblacional y, presumiblemente, un menor número de viviendas. Estas colonias se distribuyen a lo largo de los diferentes niveles de vulnerabilidad indicados en el mapa, incluyendo zonas de Muy Bajo y Bajo riesgo. Por ejemplo, El Copalillo, a pesar de tener un círculo de población relativamente pequeño, se encuentra en una zona clasificada con vulnerabilidad Muy Baja.



Mapa 29: Vulnerabilidad de interrupción de servicios básicos

XI.3 Riesgo de irrupción de servicios básicos

El nivel de riesgo fue determinado considerando la cantidad de población expuesta entorno las incidencias registradas en cada zona, para así determinar, el riesgo de que se presenten concentraciones masivas en vía pública por cada 1,000 habitantes (este fenómeno fue tazado en base 1,000 debido a la poca cantidad de eventos respecto a la total poblacional en cada zona). El riesgo alto fue determinado si existe la posibilidad de que se registren más de 2 incidentes por anuales por cada 1,000 habitantes.

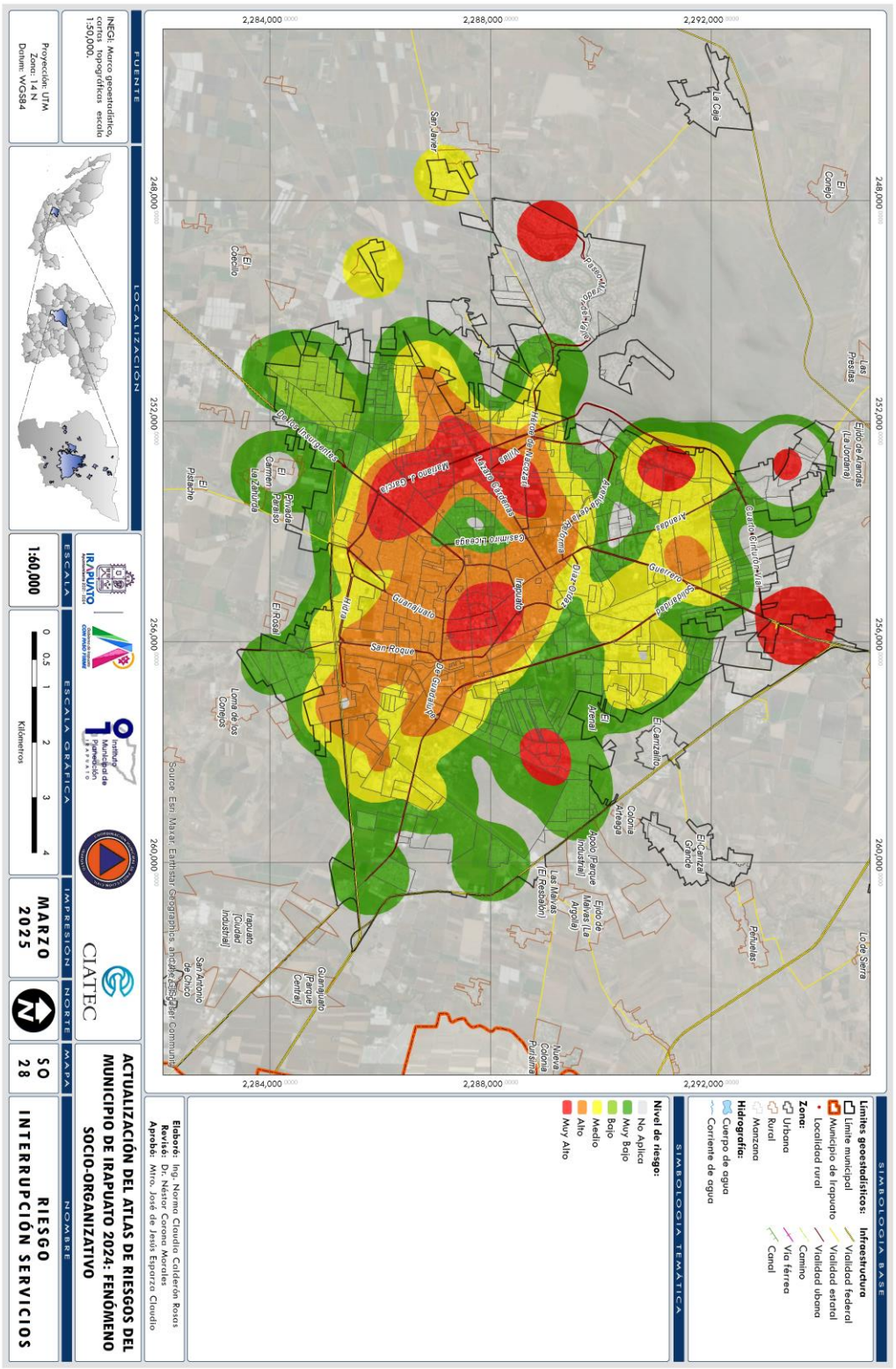
El patrón espacial del riesgo de que se presenten concentraciones masivas que interrumpan la prestación de servicios básicos en Irapuato muestra una distribución no uniforme con focos de riesgo significativamente más elevados en ciertas áreas de la ciudad. En el centro de Irapuato, se observa una zona de riesgo muy alto (color rojo oscuro), que abarca una extensión considerable. Esto sugiere que la probabilidad de concentraciones masivas capaces de interrumpir servicios básicos es máxima en esta área. Dada la naturaleza central de esta zona, con alta densidad de población, actividad comercial y nodos de transporte, es plausible que cualquier concentración significativa tenga un impacto considerable en la prestación de servicios.

Alrededor del núcleo de riesgo muy alto en el centro, se identifica una zona de riesgo alto (color naranja/rojo claro) que rodea parcialmente al centro y se extiende hacia algunas colonias adyacentes. Esto indica una probabilidad también elevada de interrupciones, aunque ligeramente menor que en el centro mismo. Estas áreas podrían actuar como zonas de tránsito o ser puntos de encuentro para manifestaciones que eventualmente afecten el centro.

Hacia la periferia del área mapeada, el riesgo disminuye gradualmente, pasando por zonas de riesgo medio (color amarillo), riesgo bajo (verde claro) y finalmente riesgo muy bajo (verde oscuro). Esto sugiere que las concentraciones masivas con capacidad de interrumpir servicios son menos probables en estas áreas más residenciales o menos centrales. Sin embargo, la presencia de algunas pequeñas zonas aisladas de riesgo medio o incluso alto en la periferia podría indicar puntos específicos de posible concentración, quizás relacionados con mercados locales, centros comunitarios o vialidades importantes.

Considerando el periodo mencionado en las bases de datos anteriores, donde se identificaron eventos como bloqueos por demandas sociales, laborales y problemas de infraestructura, este patrón espacial parece coherente. El centro de la ciudad, como

punto neurálgico de actividad y posible foco de demandas, naturalmente presenta el mayor riesgo de concentraciones que afecten los servicios. Las zonas aledañas de alto riesgo podrían ser tanto áreas donde se originan las protestas como rutas de tránsito hacia el centro. La menor probabilidad en la periferia refleja quizás una menor densidad de eventos disruptivos capaces de generar interrupciones a gran escala.



Mapa 30: Riesgo de interrupción de servicios básicos

XII. BIBLIOGRAFÍA

Alexander, E. R. (1993). Density measures: A review and analysis. Journal of architectural and planning research, 181-202.

Leong, K., & Sung, A. (2015). A review of spatio-temporal pattern analysis approaches on crime analysis. International E-Journal of Criminal Sciences, (9).

Grubesic, T. H., & Mack, E. A. (2008). Spatio-temporal interaction of urban crime. Journal of Quantitative Criminology, 24, 285-306.

Ohyama, T., Hanyu, K., Tani, M., & Nakae, M. (2022). Investigating crime harm index in the low and downward crime contexts: a spatio-temporal analysis of the Japanese Crime Harm Index. Cities, 130, 103922.

Ley general de protección civil (2023). Última reforma publicada DOF 21-12-2023.

INEGI (2020). "Sistema para la Consulta de Información Censal 2020 (SCINCE 2020)". Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México.

INEGI (2024). "Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE)". Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), México.

Spaulding, J. S. (2020). Spatio-Temporal Analysis of Crime Incidents for Forensic Investigation. West Virginia University.

Lisowska-Kierepka, A. (2022). How to analyse spatial distribution of crime? Crime risk indicator in an attempt to design an original method of spatial crime analysis. Cities, 120, 103403.

1 al 3: 11 Congreso de Pediatría (Congresos y convenciones)

5 al 9: Expo Asociación Nacional de Organismos Operadores de Agua (Congresos y convenciones)

16 y 17: Kfest (Gastronómico)

1 de diciembre al 6 de enero: Villa Navideña (Cultural)