

SOLUCIONES SIG

UNIDAD ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL Y BOMBEROS JALISCO

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS Jalisco

Volumen 1

Agradecimientos

Gobernador del Estado de Jalisco
Ing. Enrique Alfaro Ramírez
Secretario General de Gobierno
Mtro. Juan Enrique Ibarra Pedroza

Créditos

Director General en la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos
Cmte. Víctor Hugo Roldán Guerrero
Director de Operaciones
Cmte. Osvaldo Martínez Zavala
Director de Evaluación y Seguimiento
Cmte. Javier Alaín León Cervantes

Responsable del Proyecto

Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco

Seguimiento y Revisión

Cmte. Carlos Alberto Mejía Pacheco
Geóg. Alba Karime Avila Gómez

Lic. Juan Carlos Calva Ríos
Director General

Ing. Leobardo García Méndez
Director de Operaciones

Mtro. Felipe de Jesús López Domínguez
Gerencia de Proyectos

Ing. Mariana Sánchez Velázquez
Coordinación Administrativa

Arq. Jorge Luis Molina Cervantes
Coordinación de Diseño

Ing. Roberto Luigui Gómez Sánchez
Dirección de Sistemas

Mtra. América Román Nieto
Dirección de Desarrollo Urbano

DIRECCIÓN de RIESGOS

Lic. Jazmín Plaza Soriano
Especialista en Cartografía y Peligros Hidrometeorológicos

Ing. Juan Daniel Pérez Bravo
Especialista en Modelamiento Hidráulico

Lic. Brenda Marlene Vargas Vega
Especialista en Peligros Hidrometeorológicos y Químico-Tecnológicos

Ing. Amayrani Martínez Mendoza
Especialista en Peligros Hidrometeorológicos y Geológicos

Ing. David de Jesús Ruiz Moreno
Especialista en Peligros Geológicos

Ing. Paola Margarita López Olvera
Especialista en Peligros Geológicos y Vulnerabilidad Física

Ing. Mario Calva Romero
Especialista en Peligros Químico-Tecnológicos y Socio-Organizativos

Ing. Violeta Jazmín Lobaco Mejía
Especialista en Peligros Geológicos y Sanitario-Ecológicos

Lic. Aydee Joseline Flores Juárez
Especialista en Cartografía y Fenómenos Socio-Organizativos

Ing. Juan Carlos Cárdenas Mendoza
Especialista en Fotogrametría y Peligros Volcánicos

Lic. Jorge Enrique Morales Jiménez
Especialista en Cartografía

1. Índice

1. Índice 3
2. Prólogo 5
3. Marco Teórico 6
3.1. Introducción 6
3.2. Fundamentación Jurídica 7
3.3. Antecedentes 9
3.4. Objetivos 9
3.4.1. General 9
3.4.2. Específicos 9
3.5. Nivel de Análisis 9
4. Medio Físico 12
4.1. Composición del Mapa Base 12
4.2. Modelo Digital de Elevación 14
4.3. Fisiografía 16
4.3.1. Provincias fisiográficas 16
4.3.2. Subprovincias Fisiográficas 18
4.4. Geomorfología 21
4.5. Geología 27
4.6. Edafología 32
4.6.1. Regionalización de Características Geológicas 38
4.7. Hidrología 45
4.7.1. Hidrografía 45
4.8. Clima 81
4.9. Erosión 96
5. Inventario de Vulnerabilidades 113
5.1. Vulnerabilidad Social 113
5.1.1. Vulnerabilidad del sector salud 114
5.1.2. Vulnerabilidad del sector educativo 115
5.1.3. Vulnerabilidad del sector vivienda 116
5.1.4. Vulnerabilidad del sector empleo e ingresos 118
5.1.5. Vulnerabilidad del sector población 119
5.1.6. Percepción del Riesgo 120
5.1.7. Capacidad de Respuesta 121
5.1.7.1. Evaluación de la Vulnerabilidad Social 124
5.1.8. Índice de Marginación 126
5.2. Vulnerabilidad Física 128
5.2.1. Tipología de la vivienda 128
5.2.2. Menaje en vivienda 135
5.2.3. Sector económico 139
5.2.4. Índice de Complejidad Económica 142
5.3. Sistemas expuestos 145
6. Identificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos 149
6.1. Riesgos Hidrometeorológicos 149
6.1.1. Inundaciones costeras por marea de tormenta 150
6.1.1.1. Introducción 150
6.1.1.2. Antecedentes del Fenómeno 151
6.1.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo 152
6.1.1.4. Peligro 154
6.1.1.5. Vulnerabilidad 161
6.1.1.6. Riesgo 162
6.1.1.7. Propuestas de Reducción del Riesgo 170
6.1.2. Inundaciones fluviales 171
6.1.2.1. Introducción 171
6.1.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 171
6.1.2.3. Peligro / Susceptibilidad 174
6.1.2.4. Vulnerabilidad 226
6.1.2.5. Índices de riesgo ante Inundaciones fluviales 226
6.1.2.6. Riesgo 227
6.1.3. Inundaciones pluviales 235
6.1.3.1. Introducción 235
6.1.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 236
6.1.3.3. Peligro 237
6.1.4. Inundaciones lacustres 307
6.1.4.1. Introducción 307
6.1.4.2. Antecedentes del Fenómeno 307
6.1.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo 309
6.1.4.4. Peligro 309
6.1.5. Tormentas de granizo 313
6.1.5.1. Introducción 313
6.1.5.2. Antecedentes del Fenómeno 313
6.1.5.3. Metodología y Memoria de Cálculo 316
6.1.5.4. Peligro / Susceptibilidad 317
6.1.5.5. Vulnerabilidad 320
6.1.6. Tormentas eléctricas 326
6.1.6.1. Introducción 326
6.1.6.2. Antecedentes del Fenómeno 327
6.1.6.3. Metodología y Memoria de Cálculo 327
6.1.6.4. Peligro/Susceptibilidad 329
6.1.6.5. Vulnerabilidad 332

6.1.7. Tormentas de polvo 336
6.1.7.1. Introducción 336
6.1.7.2. Antecedentes del Fenómeno 336
6.1.7.3. Metodología y Memoria de Cálculo 337
6.1.7.4. Fichas de Campo 339
6.1.7.5. Peligro 339
6.1.7.6. Vulnerabilidad 341
6.1.7.7. Riesgo 342
6.1.7.8. Propuestas de Reducción del Riesgo 345
6.1.8. Sequía 351
6.1.8.1. Introducción 351
6.1.8.2. Antecedentes del Fenómeno 352
6.1.8.3. Metodología y Memoria de Cálculo 356
6.1.8.4. Peligro / Susceptibilidad 363
6.1.8.5. Vulnerabilidad 364
6.1.8.6. Riesgo 367
6.1.8.7. Propuestas de Reducción del Riesgo 368
6.1.9. Ondas gélidas 371
6.1.9.1. Introducción 371
6.1.9.2. Antecedentes del Fenómeno 371
6.1.9.3. Metodología y Memoria de Cálculo 374
6.1.9.4. Susceptibilidad 377
6.1.9.5. Vulnerabilidad 379
6.1.10. Heladas 382
6.1.10.1. Introducción 382
6.1.10.2. Antecedentes del Fenómeno 383
6.1.10.3. Metodología y Memoria de Cálculo 385
6.1.10.4. Susceptibilidad 388
6.1.10.5. Vulnerabilidad 391
6.1.10.6. Propuestas de Reducción al Riesgo 403
6.1.11. Ondas cálidas 405
6.1.11.1. Introducción 405
6.1.11.2. Antecedentes del Fenómeno 405
6.1.11.3. Metodología y Memoria de Cálculo 406
6.1.11.4. Peligro / Susceptibilidad 409
6.1.11.5. Vulnerabilidad 412
6.1.12. Vientos fuertes 415
6.1.12.1. Introducción 415
6.1.12.2. Antecedentes del Fenómeno 415
6.1.12.3. Metodología y Memoria de Cálculo 415
6.1.12.4. Peligro 415
6.1.12.5. Vulnerabilidad 422
6.1.12.6. Riesgo 424
7. Bibliografía 427

2. Prólogo

Desde el inicio de la administración 2018-2024 la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos reconoció la imperiosa necesidad de actualizar el Atlas Estatal de Riesgos, instrumento fundamental para la planeación y salvaguarda de la población en Jalisco. Esta actualización no solo era crucial para la gestión adecuada de los riesgos en el Estado, sino que también representaba un compromiso con la seguridad y bienestar de más de 8 millones de ciudadanos jaliscienses.

La actualización integral del Atlas Estatal de Riesgos, la primera desde su creación en 2007, se llevó a cabo con una inversión significativa de 7 millones 395 mil pesos y comenzó el 14 de diciembre de 2022, concluyendo exitosamente el 14 de junio de 2024. Este proyecto ha sido concebido y ejecutado bajo las metodologías del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), garantizando así la validez de los resultados y su futura inclusión en el Atlas Nacional de Riesgos.

El nuevo Atlas presenta un nivel de análisis más profundo que incluye no solo las variables de Susceptibilidad y Peligro presentes en la versión 2007, sino que, en esta ocasión, integra Vulnerabilidad y Nivel de Riesgo, obteniendo con ello la categoría real de Atlas de "Riesgos". Además, exhibe características innovadoras como el apartado sobre Riesgos Químico-Tecnológicos, Cambio Climático, Vulnerabilidades y Bienes Expuestos, ofreciendo una visión holística y detallada de los riesgos en el Estado.

El mayor desafío de esta actualización fue integrar y armonizar una vasta cantidad de datos provenientes de diversas fuentes, garantizando su precisión y relevancia. La recopilación y análisis de datos, así como la incorporación de nuevas variables como Cambio Climático y Riesgos Químico-Tecnológicos, requiriendo un esfuerzo multidisciplinario, así como la colaboración de múltiples actores. Sin embargo, estos esfuerzos han dado como resultado un instrumento robusto y comprensivo, esencial para la toma de decisiones informadas y la preparación ante desastres.

Entre las mejoras destacadas, se encuentran la inclusión de un documento de resultados, mismo que detalla las metodologías utilizadas, los valores de cálculo y las fuentes de información, proporcionando con ello, una transparencia inédita en este tipo de instrumentos. Asimismo, se ha desarrollado una descripción exhaustiva de cada amenaza, acompañada de antecedentes, mapas temáticos, gráficos estadísticos y propuestas de obras y acciones para la prevención y/o mitigación de los peligros.

El apartado de Cambio Climático ofrece una proyección del impacto ambiental, agrícola y social a nivel municipal, así como la capacidad adaptativa de cada municipalidad.

Este proyecto fue concebido en conjunto con el Sistema de Información Estatal para la Gestión de Riesgos de Desastre (SIEGIR), el cual es un visor digital de información geográfica sistematizada, mismo que garantiza la posibilidad de realizar consultas de los datos desde cualquier ordenador con acceso a internet. El diseño del SIEGIR facilita el acceso a la información según el nivel de usuario, desde acceso público hasta consultas específicas de datos, protegiendo así la información personal o de sistemas estratégicos en el Estado. Este sistema informático, es un ejemplo de cómo la tecnología puede ser utilizada para mejorar la gestión de riesgos y la toma de decisiones.

A nivel nacional, Jalisco, con este instrumento se destaca como el único Estado con un Atlas Estatal de Riesgos actualizado por amenaza, integrando características de la población, infraestructura e impacto económico a nivel manzana en zonas rurales y por localidad. Esta actualización posiciona al Atlas como el mejor instrumento de su tipo en el país, fundamental para la generación de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral de Riesgos.

Este prólogo busca no solo presentar el resultado de un esfuerzo significativo, sino también resaltar la importancia de la actualización del Atlas Estatal de Riesgos para la seguridad y bienestar de los ciudadanos de Jalisco. Es un recordatorio del compromiso continuo de la administración con la concepción, protección y preparación ante posibles desastres, buscando coadyuvar en la generación de un futuro más seguro, sostenible y resiliente para todos.

Enrique Alfaro Ramírez
Gobernador Constitucional de Jalisco.

3. Marco Teórico

3.1. Introducción

El Estado de Jalisco está ubicado geográficamente en una región donde se producen diversos fenómenos naturales complejos que modifican constantemente el medio ambiente y producen cambios en el entorno donde vivimos y nos desarrollamos; anualmente los efectos de estos fenómenos se ven reflejados en un gran número de daños a infraestructuras, pérdidas económicas y perdidas de vida humana.

Los fenómenos naturales se pueden clasificar en dos grupos principales: hidrometeorológicos y geológicos. Los fenómenos hidrometeorológicos son los responsables de la regulación del clima y la distribución y saneamiento del agua, mientras que, los fenómenos geológicos promueven la liberación de energía a partir de erupciones volcánicas y actividad sísmica. Los fenómenos naturales son inevitables y necesarios para que se pueda producir la vida, sin embargo, en ocasiones, debido a su ubicación, magnitud o duración, son capaces de afectar enormemente las actividades cotidianas y pueden resultar en graves consecuencias para el desarrollo o mantenimiento de la vida, definiéndose como catástrofes naturales. El grado de afectación que puede producir una catástrofe dependerá de las acciones de mitigación, contención y prevención que los diferentes órganos de dirección de la sociedad (ciudadanía y autoridades gubernamentales municipales, estatales y nacionales) tomen en consideración previo, durante y posterior a la catástrofe. Es en este sentido en el cual se destaca el estudio de riesgo como herramienta de guía para mejorar los acercamientos a estos fenómenos.

El presente Atlas de Riesgos Naturales para el Estado de Jalisco brindará a las autoridades estatales el insumo básico para coadyuvar en la planeación, elaboración e implementación de acciones dirigidas a reducir el riesgo de la población frente a amenazas de diversos orígenes y mejorar la calidad de vida en zonas específicas del territorio estatal, a partir de la Gestión Integral del Riesgo (GIR).

La GIR se define en la Ley General de Protección Civil (artículo 2 sección XVII) como "*el conjunto de acciones encaminadas a la identificación, análisis, evaluación, control y reducción de los riesgos, considerándolos por su origen multifactorial y en un proceso permanente de construcción, que involucra a los tres niveles de gobierno, así como a los sectores de la sociedad, lo que facilita la realización de acciones dirigidas a la creación e implementación de políticas públicas, estrategias y procedimientos integrados al logro de pautas de desarrollo sostenible, que combatan las causas estructurales de los desastres y fortalezcan las capacidades de resiliencia o resistencia de la sociedad. Involucra las etapas de: identificación de los riesgos y/o su proceso de formación, previsión, prevención, mitigación, preparación, auxilio, recuperación y reconstrucción.*" (LGPC, 2014).

Imagen 1. Etapas de la Gestión Integral de Riesgos



Fuente: Elaboración propia a partir de información del SINAPROC.

1. Identificación del riesgo: evaluación estratégica de las zonas de posible impacto a partir del análisis de antecedentes de afectaciones históricas, puntos de recurrencia de algún fenómeno perturbador, estudios específicos sobre la dinámica geofísica, geológica, socioeconómica y de vulnerabilidad presentes en el territorio.
2. Prevención: serie de medidas que se toman antes de que ocurran los fenómenos que podrían suponer un peligro para evitar que la población sea afectada en su integridad física, patrimonial o ambiental.
3. Mitigación: acciones que se realizan para suavizar el impacto de los desastres naturales asumiendo que en algunas ocasiones no será posible evitarlos.
4. Preparación: previsiones tomadas para asegurar la disponibilidad de los recursos y la efectividad de los procedimientos ante una situación de emergencia.
5. Atención de emergencias: medidas que se toman respondiendo a la ocurrencia de adversidades para proteger a la población y su patrimonio y al medio ambiente.
6. Rehabilitación: restablecimiento, con la mayor premura posible, de los servicios básicos e infraestructura en las zonas afectadas por eventos adversos.
7. Recuperación: esfuerzo consciente por restablecer las actividades económicas y la vida social de las comunidades afectadas por algún desastre en condiciones de mayor seguridad y menos vulnerabilidad que antes.

Con este marco de referencia nacional, el Estado de Jalisco publica el presente "Atlas Estatal de Riesgos", elaborado conforme a los más altos estándares metodológicos y científicos indicados por el Sistema Nacional de Protección Civil (SINAPROC), la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED).

3.2. Fundamentación Jurídica

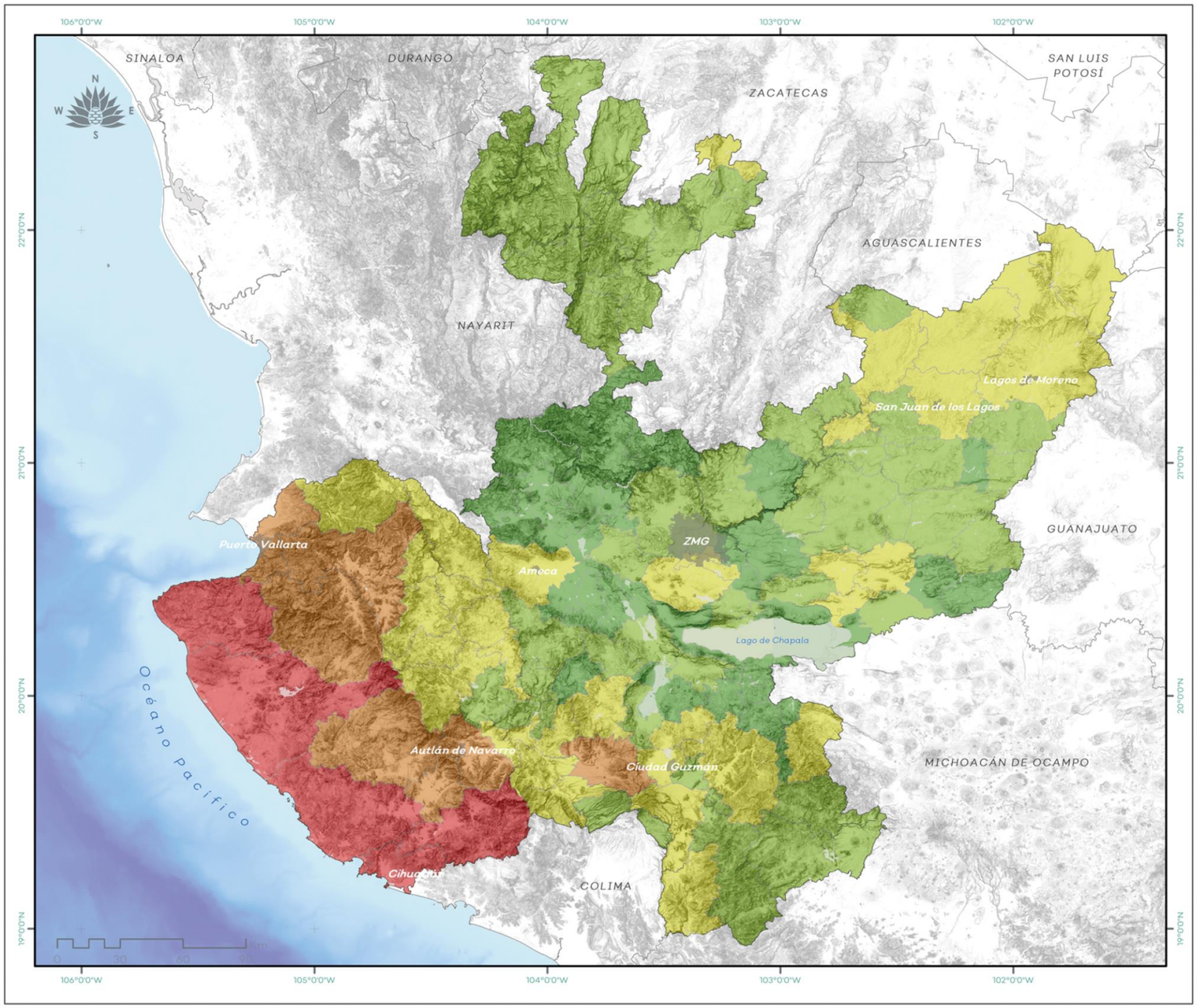
El artículo 19 de la Ley General de Protección Civil (última reforma DOF 20-05-2021) establece que los atlas de riesgo constituyen el marco de referencia para la elaboración de políticas y programas en todas las etapas de la Gestión Integral del Riesgo. De igual forma, la misma ley establece que el Centro Nacional de Prevención de Desastres es la institución técnica-científica de la Coordinación Nacional de Protección Civil que tiene entre sus atribuciones la integración del Atlas Nacional de Riesgos.

Asimismo, el artículo 83 instituye que "El Gobierno Federal, con la participación de las entidades federativas y el Gobierno del Distrito Federal, promoverá la creación de las bases que permitan la identificación y registro en los Atlas Nacional, Estatales y Municipales de Riesgos de las zonas en el país con riesgo para la población, el patrimonio público y privado, que posibilite a las autoridades competentes regular la edificación de asentamientos".

Igualmente, el Reglamento de la Ley General de Protección Civil determina las obligaciones y responsabilidades de los tres órdenes de gobierno en materia de atlas de riesgos, así como los lineamientos y criterios para su elaboración, actualización, homologación y difusión.

Por otra parte, la Ley de Protección Civil del Estado de Jalisco menciona en su artículo 4 fracción XXII que el Atlas de Riesgos es un documento que establece los peligros y estudios de vulnerabilidad de una superficie determinada para después conocer los grados de riesgos existentes con el propósito de planeación urbana, turística, industrial.

De igual forma, el artículo 21 menciona que el Atlas Estatal de Riesgos forma parte de las normas, métodos y procedimientos que regulan la integración y funcionamiento del Sistema Estatal de Protección Civil, el cual se integra y opera con el objetivo básico de proteger a las personas y a la comunidad ante la eventualidad de siniestros o desastres, a través de acciones que reduzcan o eliminen la pérdida de vidas humanas, la destrucción de bienes materiales y el daño a la naturaleza, así como la interrupción de las funciones esenciales de la sociedad.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Declaratorias de Contingencias, Desastres y Emergencias, 2000-2023

Declaratorias por municipios

- 1 - 3
- 4 - 6
- 7 - 11
- 12 - 20
- 21 - 26

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
CENAPRED. Sistema de Consulta de Declaratorias del 2000-2023.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

3.3. Antecedentes

El Estado de Jalisco está asentado sobre una de las regiones de mayor complejidad tectónica en el país que da como resultado la interacción de diferentes fenómenos naturales que modifican y afectan anualmente las diferentes regiones del territorio. De tal forma que CENAPRED ha registrado 785 declaratorias de emergencias, contingencias climatológicas y desastres en el estado para el periodo 2000-2023 siendo 754 de fenómenos hidrometeorológicos y 31 geológicos.

Los municipios que tienen una mayor cantidad de declaratorias se ubican en las costas del Pacífico, asociadas en su mayoría a fenómenos hidrometeorológicos, mientras que los municipios que se ubican al centro del estado tienden a tener el menor número de declaratorias, como se puede observar en el Mapa de Declaratorias. Esta información, junto a visitas a campo y recopilación bibliográfica fungen en la determinación de zonas susceptibles a la ocurrencia de fenómenos perturbadores.

Tomando como referencia el Atlas Estatal de Riesgos del Estado de Jalisco realizado en el año 2007 es necesario actualizar la información en la cual se basan las decisiones, debido a que el medio ambiente en el que habitamos es dinámico, así como el crecimiento poblacional y la intensidad, periodicidad y duración de eventos perturbadores difiriendo de los parámetros de hace 16 años en que se basron.

3.4. Objetivos

3.4.1. General

Actualizar el instrumento de planeación territorial es el objetivo general, enfocado a la identificación de zonas de riesgo detractoras del desarrollo socio-territorial del estado y la identificación de prácticas espaciales que alteran el comportamiento físico del territorio aprovechado y que pueden derivar en dinámicas geofísicas peligrosas.

Generar un estudio que evalúa la relación urbana-económica con el ámbito físico-geográfico, que identifica la exposición y vulnerabilidad de las dinámicas humanas, así como la amenaza latente que existe en sus procesos industriales y que establece una relación de causalidad que se interpreta a partir del concepto de riesgo.

Implementar un Sistema de Información Geográfica de amplia difusión que permita no solo a autoridades sino a la población en general, conocer su territorio, su vulnerabilidad y exposición, para que, en conjunto, las autoridades y la sociedad organizada logren a través del consenso una verdadera Gestión Integral de Riesgos que impacta las capacidades institucionales de la autoridad y fomente una cultura de la autoprotección en la ciudadanía.

3.4.2. Específicos

1. Caracterizar el entorno del medio físico del Estado de Jalisco.
2. Analizar las características del peligros y amenazas de fenómenos naturales perturbadores (hidrometeorológicos y geológicos), a partir de metodologías avaladas por CENAPRED que permitan identificar dinámicas potencialmente peligrosas para el territorio, así como la caracterización de la intensidad de fenómenos bajo escenarios de emergencia.
3. Generar índices de vulnerabilidad de los sistemas expuestos.
4. Generar escenarios de riesgo y potencial de afectación que permita tener una óptima respuesta operativa.
5. Realizar un estudio de Cambio Climático para los factores hidrometeorológicos de precipitación y temperatura.
6. Generar planes y protocolos operativos en materia de Protección Civil y Gestión de Emergencias que se integren al Sistema de Información Geográfica Digital del Atlas de Riesgos como mejora en las capacidades tácticas de la estructura administrativa.

3.5. Nivel de Análisis

El estudio que se llevó a cabo se realizó a partir de la metodología del Análisis de Riesgo en la que se determinó la naturaleza y el alcance del riesgo mediante el análisis de peligros potenciales y la evaluación de las condiciones de vulnerabilidad existentes que, en conjunto, podrían dañar potencialmente a las personas expuestas, las propiedades, los servicios, los medios de vida y el medio ambiente del que dependen.

Se definen tres etapas principales del Análisis de Riesgo de acuerdo con Rovins et al., (2015):

- Peligro: Es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, daños a propiedad, pérdida de medios de vida y servicios, perturbaciones sociales y económicas o daños ambientales. De forma general nos enfocaremos en los peligros naturales.
- Vulnerabilidad: Son las características y circunstancias de una comunidad, sistema o bienes que los hacen susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza/peligro.
- Riesgo: Es la combinación de la probabilidad de que un evento ocurra y las consecuencias que pueda tener.

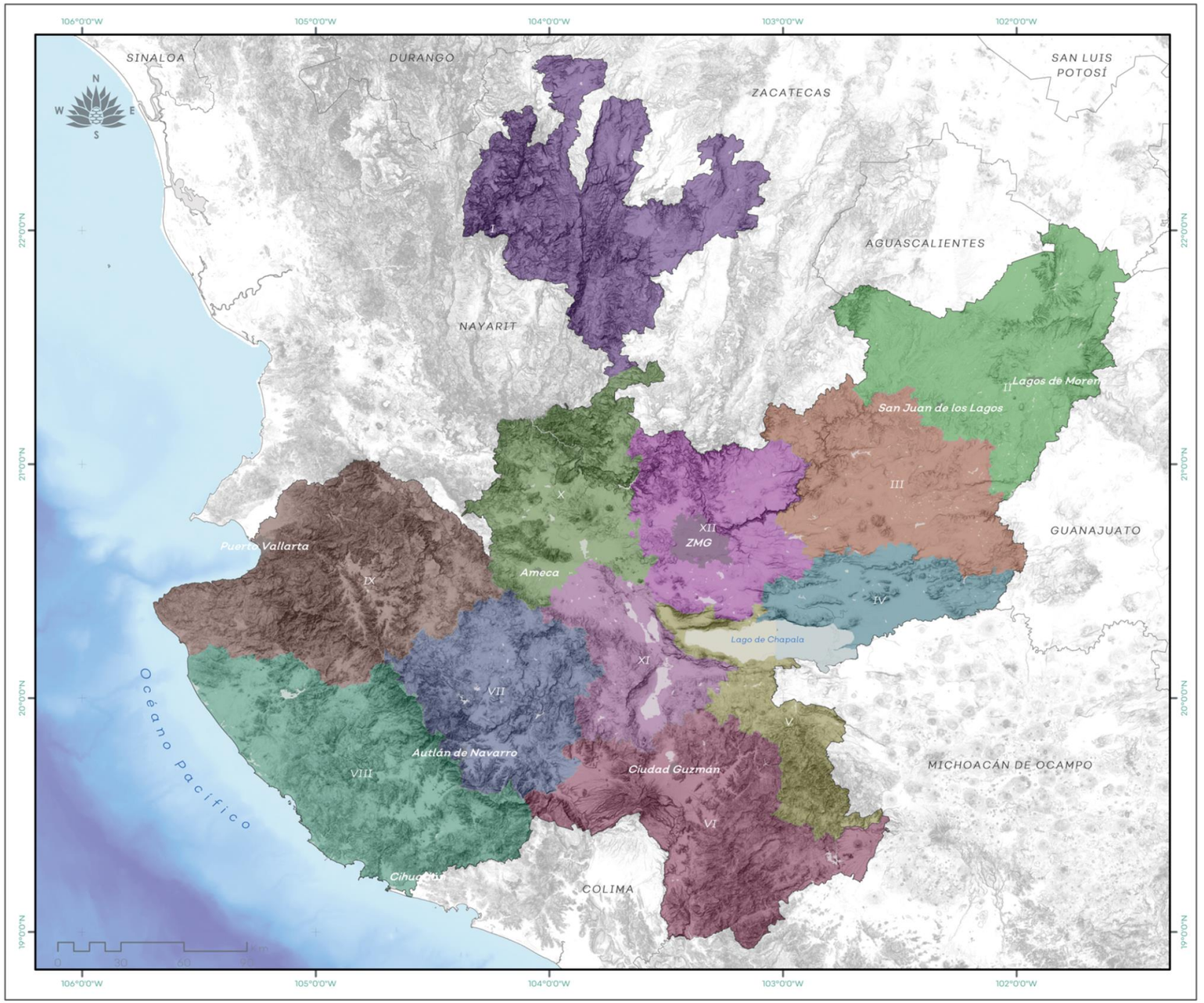
Considerando las fuentes de información disponibles, los métodos existentes para abordar los diversos fenómenos perturbadores y los antecedentes de incidencia de fenómenos en el territorio, se exponen a continuación los niveles de análisis por fenómeno perturbador que van a regir el desarrollo de los apartados subsecuentes del Atlas de Riesgos.

Fenómenos Perturbadores	
Hidrometeorológicos	A. Inundaciones costeras por marea de tormenta
	B. Inundaciones fluviales
	C. Inundaciones pluviales
	D. Inundaciones lacustres
	E. Tormenta de granizo
	F. Tormentas eléctricas

	G. Tormentas de polvo
	H. Sequía
	I. Ondas gélidas
	J. Heladas
	K. Ondas cálidas
	L. Vientos fuertes
Geológicos	A. Sismos
	B. Procesos de remoción de masas
	C. Subsidencia
	D. Maremoto (Tsunamis)
	E. Volcanismo

De igual manera se debe contemplar que la escala del estudio será tanto de forma estatal, así como regional, con base en las 12 regiones administrativas definidas por el Gobierno del Estado de Jalisco. A continuación, se mencionan los municipios que incluye cada una:

1. Región Norte: Bolaños, Chimaltitán, Colotlán, Huejúcar, Huejuquilla el Alto, Mezquitic, San Martín de Bolaños, Santa María de los Ángeles, Totatiche, Villa Guerrero.
2. Región Altos Norte: Encarnación de Díaz, Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, San Diego de Alejandría, San Juan de los Lagos, Teocaltiche, Unión de San Antonio, Villa Hidalgo.
3. Región Altos Sur: Acatic, Arandas, Cañadas de Obregón, Jalostotitlán, Jesús María, Mexticacán, San Ignacio Cerro Gordo, San Julián, San Miguel el Alto, Tepatitlán de Morelos, Valle de Guadalupe, Yahualica de Gonzáles Gallo.
4. Región Ciénega: Atotonilco el Alto, Ayotlán, Degollado, Jamay, La Barca, Ocotlán, Poncitlán, Tototlán, Zapotlán del Rey.
5. Región Sureste: Chapala, Concepción de Buenos Aires, Jocotepec, La Manzanilla de la Paz, Mazamitla, Quitupan, Santa María del Oro, Tizapán el Alto, Tuxcueca, Valle de Juárez.
6. Región Sur: Gómez Farías, Jilotlán de los Dolores, Pihuamo, San Gabriel, Tamazula de Gordiano, Tecalitlán, Tolimán, Tonila, Tuxpan, Zapotiltic, Zapotitlán de Vadillo, Zapotlán el Grande.
7. Región Sierra de Amula: Atengo, Autlán de Navarro, Ayutla, Chiquilistlán, Cuautla, Ejutla, El Grullo, El Limón, Juchitlán, Tecolotlán, Tenamaxtlán, Tonaya, Tuxcacuesco, Unión de Tula.
8. Región Costa Sur: Casimiro Castillo, Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, La Huerta, Tomatlán, Villa Purificación.
9. Región Costa-Sierra Occidental: Atenguillo, Cabo Corrientes, Guachinango, Mascota, Mixtlán, Puerto Vallarta, San Sebastián del Oeste, Talpa de Allende.
10. Región Valles: Ahualulco de Mercado, Amatitán, Ameca, El Arenal, Etzatlán, Hostotipaquillo, Magdalena, San Juan de Escobedo, San Marcos, Tala, Tequila, Teuchitlán.
11. Región Lagunas: Acatlán de Juárez, Amacueca, Atemajac de Brizuela, Atoyac, Cocula, San Martín Hidalgo, Sayula, Tapalpa, Techaluta de Montenegro, Teocuitatlán de Corona, Vila Corona, Zacoalco de Torres.
12. Región Centro: Cuquío, El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán de los Membrillos, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, San Cristóbal de la Barranca, San Pedro Tlaquepaque, Tlajomulco de Zúñiga, Tonalá, Zapopan, Zapotlanejo.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Regiones Administrativas

Región

- I, Norte
- II, Altos Norte
- III, Altos Sur
- IV, Ciénega
- V. Sureste
- VI, Sur
- VII, Sierra de Amula
- VIII, Costa Sur
- IX, Costa Sierra Occidental
- X, Valles
- XI, Lagunas
- XII, Centro

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4. Medio Físico

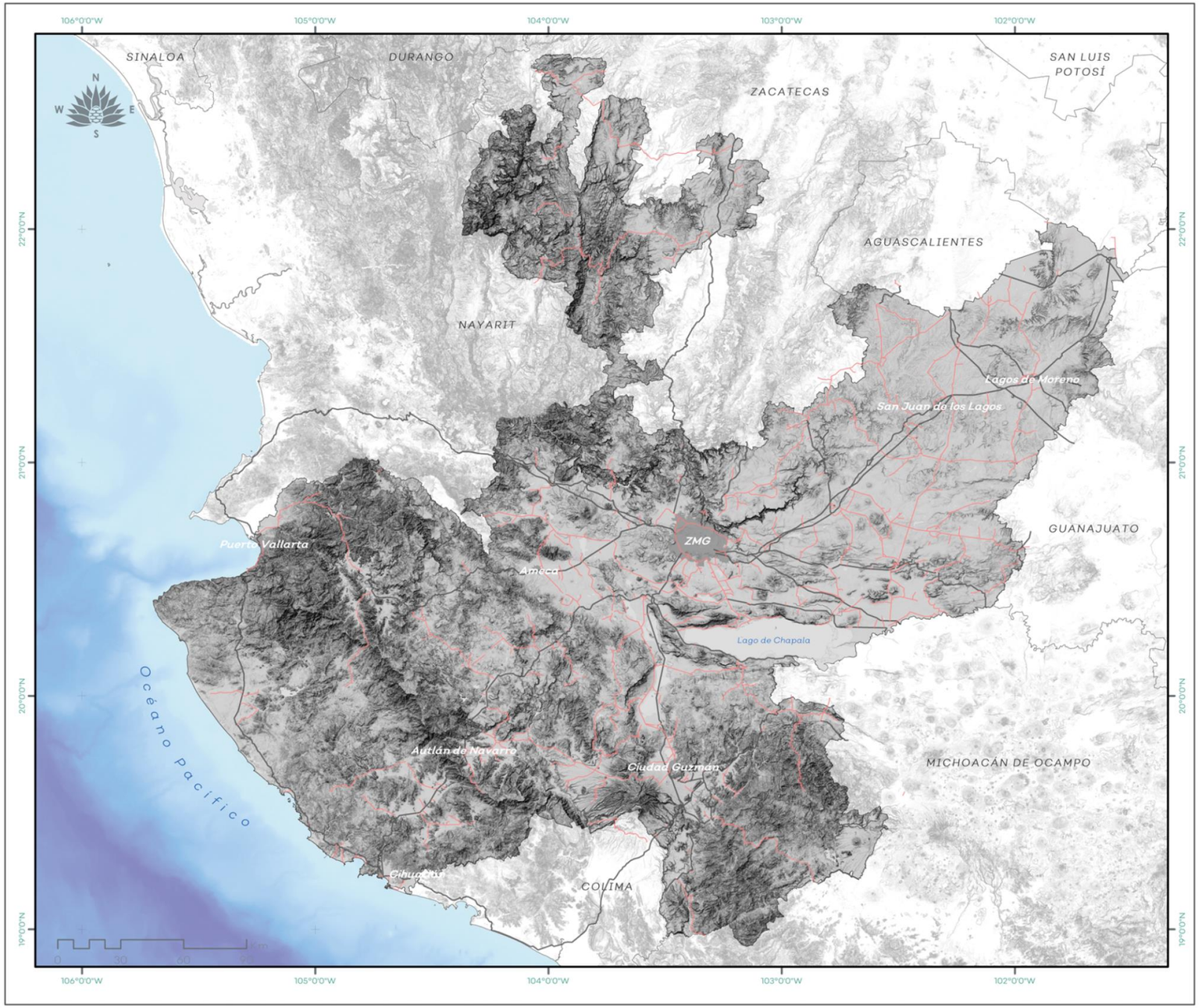
4.1. Composición del Mapa Base

El Estado de Jalisco se encuentra en el occidente de la República Mexicana. Colinda al norte con los estados de Aguascalientes, Nayarit y Zacatecas; al este con Michoacán de Ocampo, Guanajuato y San Luis Potosí; al sur está delimitado por Michoacán, Colima y el Océano Pacífico y al oeste está definido por el Océano Pacífico y Nayarit. Se extiende desde los 18°55' hasta los 22°46' de latitud N y desde los101°35' hasta los 105°51' de longitud W. Tiene una extensión territorial de 78,595.9 km2 lo que representa el 4.0% de la superficie del país (INEGI, 2020).

La población total en Jalisco es de 8,348,151 habitantes ocupando el tercer lugar a nivel nacional por número de habitantes (CENSO, 2020). El estado está conformado por 125 municipios distribuidos en 12 regiones administrativas, cada región tiene un municipio sede designado por la importancia y ubicación estratégica (Mapa Regiones Administrativas).

El mapa base, a partir del cual se elaboraron los mapas de los elementos del medio físico, amenazas de tipo hidrometeorológico y geológico, cambio climático así como propuestas de estudios, obras y acciones fue realizado a partir de la información del Marco Geoestadístico INEGI 2022, Modelo Digital de Elevaciones, obtenido del mismo instituto con una resolución de 15 metros por píxel; División Política Estatal y Municipal escala 1:250,000 recuperado del Geoportal de CONABIO; límite estatal de Jalisco proporcionado por el Gobierno del Estado de Jalisco y el Mapa Batimétrico Oceánico de GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre (Mapa MB-01)

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Mapa Base
MB-01

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.2. Modelo Digital de Elevación

El mapa hipsométrico fue elaborado con base en un Modelo Digital de Elevación con una resolución de 15 metros, el cual fue obtenido del Continuo de Elevaciones Mexicano. El estado presenta elevaciones que van desde el nivel del mar hasta los 4260 m s. n. m. (Mapa MB-02).

De forma general el relieve del estado se define al norte por cañones de 400 m de profundidad s.n.m. y sierras con 2 860 m s.n.m., entre ellos hay valles estrechos.

En la parte nororiental predominan sierras, con una altitud de hasta 2,850 m s. n. m. como son Sierras Alta y lomeríos de origen volcánico, separadas por llanuras.

La región centro tiene alturas promedio de 1,500 a 1,600 m s. n. m. donde se ubica la mayor zona urbana del estado. Al sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara se encuentra el Lago de Chapala a una altura promedio de 1,357 m s. n. m.

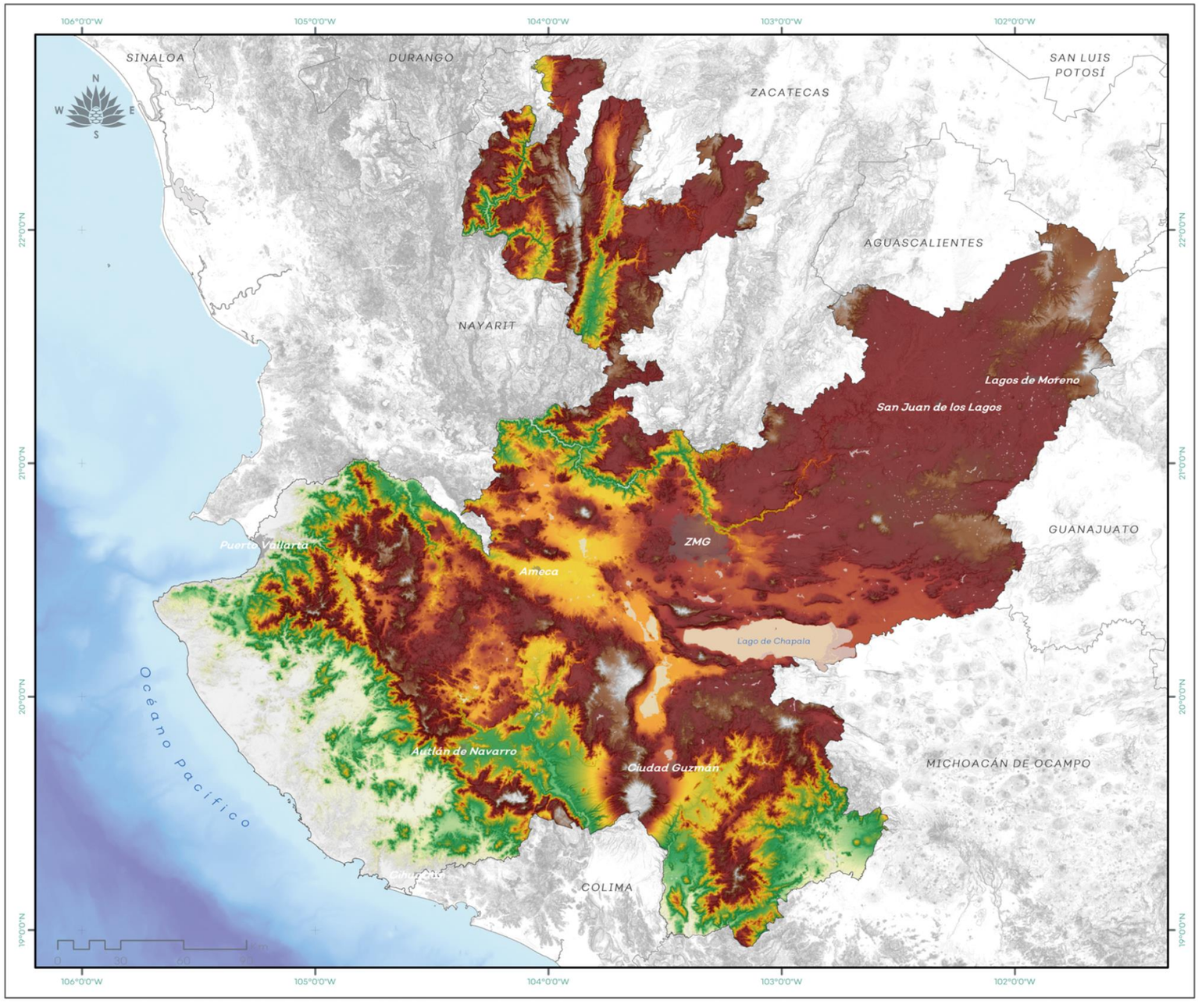
En el occidente y suroccidente, predominan las sierras de origen ígneo extrusivo o volcánico. La parte occidental del estado también la forman, en su mayoría, sierras de rocas ígneas intrusivas que llegan hasta la orilla del mar; de la erosión de estas elevaciones se han desarrollado diferentes llanuras asociadas a la desembocadura de los principales ríos que llegan al mar.

En estas regiones se tiene cambios de elevación que van desde los 0 m s. n. m. en las costas, hasta los 2,500 m s. n. m. en las partes altas de la Sierra Madre del Sur.

Al sur, en los límites con el Estado de Colima, se encuentra la elevación más alta asociada al Nevado de Colima con 4,260 m s.n.m.

Otras elevaciones principales incluyen al Volcán de Colima (3820 m s.n.m.), Sierra de Tapalpa (2900 m s.n.m.), Volcán de Tequila (2940 m s.n.m.) y Cerro Viejo (2880 m s.n.m.; INEGI,).

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hipsometría
MB-02

Región

4260
2505
2090
1664
1249
822
407
0

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.3. Fisiografía

Las Provincias Fisiográficas son grandes conjuntos estructurales que forman unidades morfológicas superficiales distintivas, con origen y morfología propios; deben tener una extensión y variación morfológica suficiente para ser divisibles en subprovincias (Quiñones, 1987).

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) considera 4 provincias fisiográficas en el estado: al norte se ubica la Sierra Madre Occidental, al oeste y sur la Sierra Madre del Sur; el Eje Neovolcánico comprende la parte central y este, mientras que, al noreste se ubica una fracción de la Mesa del Centro. A su vez estas provincias están subdivididas en 17 subprovincias debido a la gran variedad de aspectos litológicos, geológicos y morfológicos presentes.

4.3.1. Provincias fisiográficas

Eje Neovolcánico

Está distribuido en la parte central del estado, tiene un área de 36,216.84 km2 ocupando el 46.45% del territorio estatal. Forma parte del sector occidental del Eje Neovolcánico el cual difiere de las demás partes del eje por sus rasgos volcánicos y tectónicos debido a la subducción de la Placa de Rivera. Se define como una franja volcánica constituida por coladas de lava, conos cineríticos, domos de lava, mares, volcanes en escudo, estratovolcanes compuestos y calderas de edad plio-cuaternaria (Demant, 1978) formada en un ambiente tectónico de arco continental (Ortega-Gutiérrez et al., 1992). Está caracterizado por una secuencia de rocas volcánicas de composición andesítica y basáltica. Tiene una orientación este-oeste atravesando la porción central de la República Mexicana. Resalta la presencia de fallas tectónicas como lo son las de Tepic-Chapala, orientada NW-SE, y la de Colima, orientada N-S, las cuales se unen en la región ubicada al sur de la ciudad de Guadalajara, donde una sucesión de lagunas constituye el testigo de esta tectónica distensiva (Demant, 1979). Debido al gran tamaño de esta provincia se encuentra presente en 10 de las 12 regiones administrativas.

Sierra Madre del Sur

Ubicada al suroeste y sureste del estado tiene un área de 25,558.25 km2 ocupando así el 32.78% del territorio estatal. Está presente en 5 regiones administrativas: en su totalidad abarca la región Costa Sur, así como, parcialmente, las regiones Sureste, Sur, Sierra de Amula y Costa Sierra Occidental. De acuerdo con Álvarez, (1961) la Sierra Madre del Sur se encuentra entre los 1500 m s.n.m. y el nivel del mar, caracterizada por una planicie costera estrecha. Su composición geológica está dada por la presencia de esquistos paleozoicos, intrusiones graníticas y sedimentos calcáreos mesozoicos muy erosionados; en el extremo noreste está cubierta por lavas riolíticas. Está conformada principalmente por sierras, valles y llanuras lacustres.

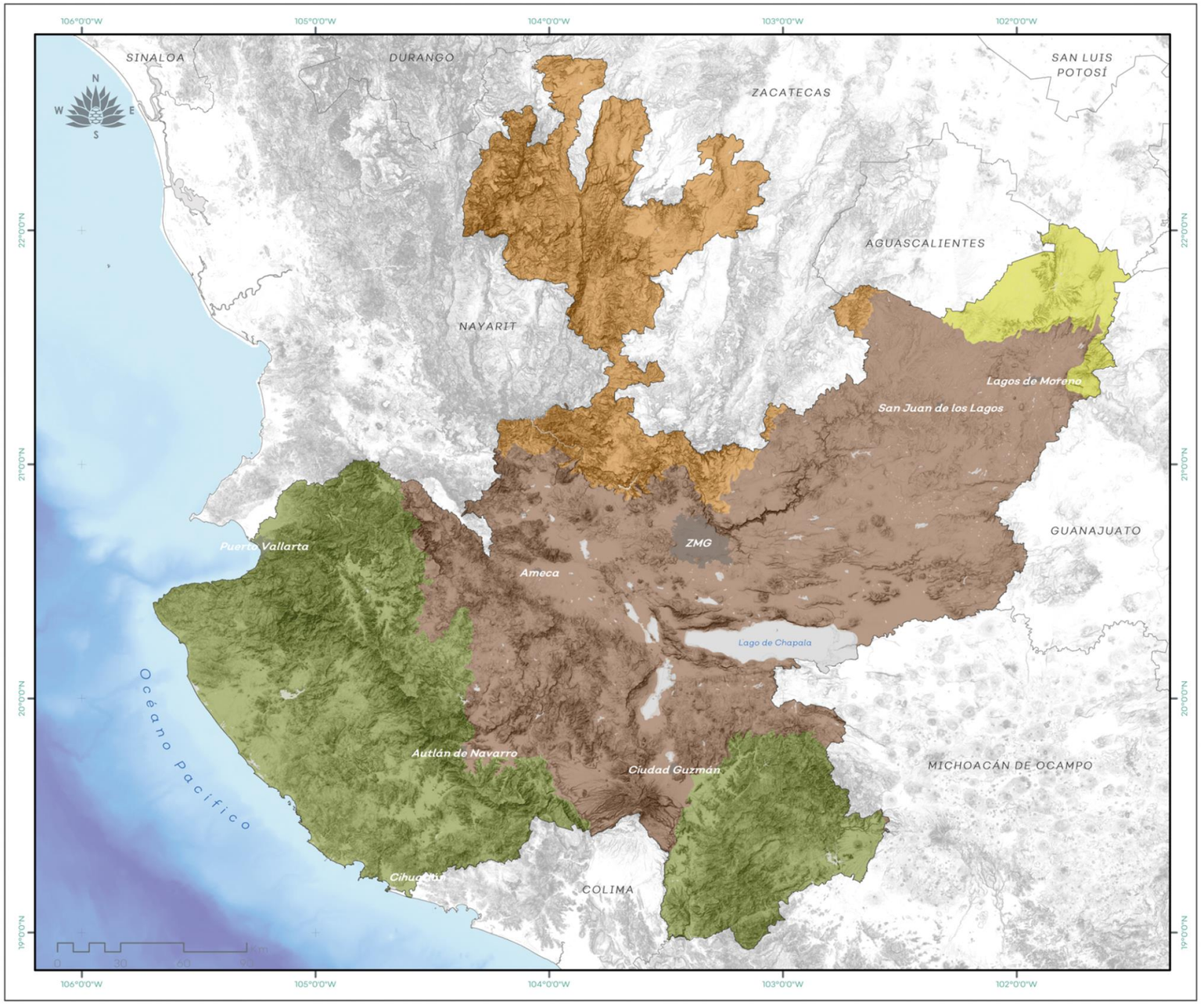
Sierra Madre Occidental

Emplazada en la región norte del estado, abarca 12,064.66 km2 ocupando así el 15.47% del territorio estatal. Las regiones administrativas asociadas a esta provincia son: Norte en su totalidad, así como la parte superior de las regiones Altos Norte, Altos Sur, Valles y Centro. Este sistema montañoso tiene una anchura media de 250 km2 y una orientación NNW–SSE. Su composición geológica está dada por rocas eruptivas, principalmente del Mioceno, que cubren y sepultan rocas intrusivas del Eoceno y que contiene gran riqueza mineral en forma de vetas fisurales, vetas tectónicas y cuerpos de contacto (Alvarez, 1961). Está conformada principalmente por grandes mesetas, cañones y sierras, con valles estrechos, entre ellos.

Mesa del Centro

Ubicada al noreste del estado, tiene una distribución espacial de 2,754.84 km2 teniendo así un 3.53% de la cobertura estatal. Está situada en su totalidad dentro de la región administrativa de Altos Norte. Se ubica a unos 2000 m s.n.m. En su parte norte está constituida por sierras de calizas del Mesozoico que se elevan en los extensos valles aluviales, mientras que, la parte sur es moderadamente montañosa y predominan en ella las riolitas que cubren andesitas y otras rocas ígneas (Alvarez, 1961).

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Fisiografía
MF-01

Provincias fisiográficas

- Eje Neovolcánico
- Mesa del Centro
- Sierra Madre del Sur
- Sierra Madre Occidental

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos del Continuo Nacional serie I, Provincias Fisiográficas. Escala 1:1,000,000, 2001.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.3.2. Subprovincias Fisiográficas

INEGI propone subregiones dentro de las provincias fisiográficas, cada una definida por sus características distintivas y denominada como subprovincia o discontinuidad fisiográfica. En total se localizan 17 subprovincias fisiográficas en todo el estado, de las cuales 9 son parte del Eje Neovolcánico, 3 pertenecen a la Sierra Madre del Sur, 2 a la Sierra Madre Occidental y por último 3 a la Provincia Mesa del Centro. La gráfica muestra la regionalización de las subprovincias, así como el área como el área superficial que abarca cada una.

La Provincia Eje Neovolcánico se subdivide en nueve subprovincias, descritas a continuación:

Altos de Jalisco: Forman un conjunto de tierras altas, una gran meseta que se eleva hasta 2000 m s.n.m. aproximadamente. El paisaje es monótono: lomeríos, sinuosidades y vegetación chaparra. Los cerros, mesetas, lomeríos y cuellos del volcán y otras formas tan características del paisaje alteño, corresponden a los resultados de los peculiares procesos erosivos (Pérez Ortiz & López Cortés, 2008). Las topoformas distintivas son: Escudo-Volcanes Aislados o en Conjunto; Pequeña Meseta asociada con lomeríos; Gran Meseta con Cañadas; Meseta Lávica; Meseta Lávica asociada con lomeríos; Meseta Escalonada; Lomerío de Colinas Redondeadas; Lomeríos Suave en Arenisca Conglomerado; Valle de Laderas Redondeadas; Lomeríos Suave en Arenisca Conglomerado, Valle de Laderas Escarpadas asociadas a Lomeríos; Valle con Terrazas; Cañón y Depresión. Tiene un área de 13,564.18 km2 lo que corresponde a un 17.40% del territorio estatal.

Está constituida en su mayoría por rocas de tipo volcánicas y sedimentarias (al noreste) en su totalidad, mientras que en los valles se depositan aluviones.

La región administrativa Altos Sur está cubierta casi en su totalidad por esta subprovincia, de igual manera se encuentra presente en las regiones de Altos Norte, Ciénega y Centro.

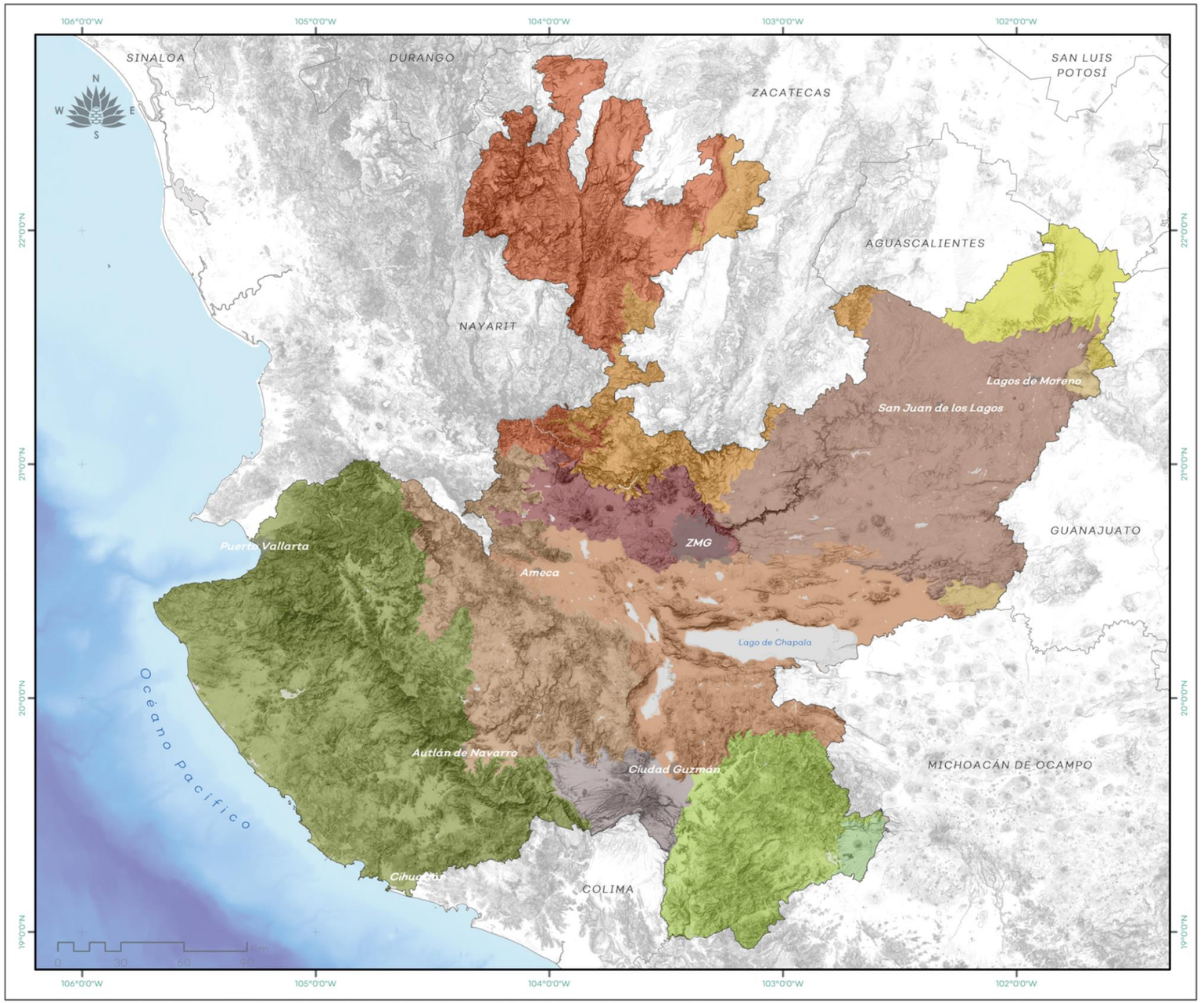
Chapala: La subprovincia alcanza una magnitud significativa en fallamiento asociado a actividad volcánica y tectónica en especial grabens. El mayor lago del país, Lago de Chapala, está ubicado dentro de la subprovincia en un enorme graben con un sistema de grandes fallas W-E. Dentro del estado la Subprovincia presenta las siguientes topoformas: Sierras de Laderas Abruptas con cañadas; Sierra de Laderas Tendidas; Sierra con Laderas de Escarpa de Falla; Sierra con Ladera de Escarpa y Mesetas; Escudo-Volcanes Aislados o en Conjuntos; Sierra Volcánica con Mesetas; Lomeríos Asociados con llanos; Lomeríos Suave (tobas); Lomeríos Suaves (conglomerados y areniscas); Valle de Laderas Tendidas; Valle de Laderas Tendidas con Terrenos Ondulados; Depresión; Gran Llano; Pequeño Llano Aislado y Llano Salino (SEMARNAT, 2016). La litología general es de tipo ígneo extrusivo con pequeños afloramientos de rocas sedimentarias e ígneas intrusivas; así como depósitos de aluvión en los valles. Tiene un área de 9,546.61 km2 equivalente al 12.24% del territorio estatal. Se ubica dentro de las regiones administrativas: Ciénega, Sureste, Sur, Valles, Lagunas y Centro.

Sierra de Jalisco: Está subprovincia tiene un área de 8,064.25 km2, insertada en su totalidad dentro del estado, abarcando así el 10.34% del territorio estatal. Se distribuye a lo largo de las siguientes regiones administrativas: Sur, Sierra de Amula, Costa Sierra Occidental, Valles y Lagunas. Presenta los siguientes sistemas de topoformas: Gran Sierra Volcánica Compleja o Grandes Estrato-Volcanes, Sierra de Laderas Abruptas, Sierra de Laderas Tendidas, Sierra de Laderas Tendidas con Llanos, Sierra Compleja, Escudo-Volcán Aislado, Meseta Lávica, Mesetas Lávicas asociadas con cañadas, Mesetas Escalonadas asociadas con lomeríos, Mesetas Pequeñas con lomeríos, Lomerío Suave asociado con cañadas, Valle de Laderas Escarpadas, Valle de Laderas Tendidas, Valle de Laderas Tendidas asociado con lomeríos, Cañón y Pequeño Llano Aislado. De forma general la litología está dada por rocas ígneas extrusivas en su mayoría, pequeñas zonas de afloramientos de rocas ígneas intrusivas; así como rocas sedimentarias y aluvión.

Guadalajara: La subprovincia tiene un área de 2,877.69 km2 ocupando así el 3.70% de la superficie estatal. Su distribución geográfica forma parte de las regiones administrativas de Valles y Centro. A pesar de su pequeño tamaño, comprende íntegramente los municipios de Antonio Escobedo, El Arenal, Guadalajara, Zapopan, entre otros. Las topoformas presentes incluyen sierras, mesetas, lomeríos y llanos. Su litología está compuesta por rocas ígneas extrusivas, así como aluvión.

Volcanes de Colima: La subprovincia abarca 2.38% del territorio estatal con un área de 1,857.39 km2. Se ubica dentro de las regiones administrativas del Sur y Sierra de Amula. La subprovincia está integrada por siete sistemas de topoformas: Gran Sierra Compleja o Grandes Estrato-Volcanes Aislados, representados por los volcanes de Colima, uno apagado y otro activo, conocidos como Nevado de Colima y Volcán de Fuego o de Colima respectivamente. Se consideran estratovolcanes constituidos de andesitas con altitudes de 4,240 y 4,220 msnm respectivamente; Sierras de Laderas Abruptas; Lomeríos Suaves ubicados en las faldas en torno a los volcanes; Valle de Laderas Escarpadas; el Pequeño Llano Aislado y el Piso de Valle (INEGI, 1981).

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Fisiografía
MF-01a

Subprovincias fisiográficas

- Altos de Jalisco
- Chapala
- Escarpa Limitrofe del Sur
- Guadalajara
- Neovolcánica Tarasca
- Sierras y Bajios Michoacanos
- Sierras de Jalisco
- Sierras Neovolcánicas Nayarita
- Volcanes de Colima
- Sierra de la Costa de Jal. y Col.
- Cordillera Costera del Sur
- Depresión de Tepalcatepec
- Mesetas y Cañadas del Sur
- Sierras y Valles Zacatecanos
- Llanuras de Ojuelos-Ags.
- Sierra de Guanajuato
- Sierra Cuatralba

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos del Continuo Nacional serie I, Subprovincias Fisiográficas. Escala 1:1,000,000, 2001.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Sierras y Bajíos Michoacanos: Ubicada dentro de la región administrativa de Ciénega, tiene un área de 290.79 km2 y abarcando sólo el 0.37% del territorio estatal. Comprende parte de los municipios de Ayotlán y de Degollado. Presenta tres sistemas de topoformas: las Mesetas Lávicas, los Lomeríos de Colinas Redondeadas con Terrenos Ondulados y los Valles de Laderas Tendidas. La litología de la zona de forma general es de tipo ígneo extrusivo con depósitos aluviales en los valles.

Escarpa Limítrofe del Sur: Ubicada dentro de la región administrativa Sur en el municipio de Jilotlán de los Dolores, tiene un área de 8.90 km2 y abarca solo el 0.11% del territorio estatal. Tiene un solo sistema de topoformas, la Meseta Lávica asociada con Sierras que es un conjunto de mesetas basálticas escalonadas y que descienden hacia el sur, a altitudes de 1000 a 1500 m s.n.m. interrumpidas por Escudo-Volcanes también basálticos (INEGI, 2010).

Sierras Neovolcánicas Nayaritas: Ubicada dentro de la región administrativa Valles en el municipio de Hostotipaquillo en el extremo norte del estado, tiene un área de 5.02 km2 y abarca solo el 0.006% del territorio. Está distribuido en tres sistemas de topoformas que son: una Sierra de Laderas Tendidas, una Meseta Lávica con Cañadas y un Valle Tendido con Terrenos Ondulados; constituida por rocas ígneas extrusivas en su totalidad.

Neovolcánica Tarasca: Ubicada dentro del municipio de Santa María del Oro en la región administrativa Sureste, tiene un área de 2.03 km2 y abarca solo el 0.002% del territorio estatal, es la subprovincia más pequeña del estado. El sistema de topoformas está compuesto por una Llanura aluvial con cañadas compuesto por rocas ígneas extrusivas (INEGI, 2010).

La provincia Sierra Madre del Sur está subdividida en tres subprovincias descritas a continuación:

Sierras de la Costa de Jalisco y Colima: Está subprovincia se ubica en las regiones administrativas del Sur, Sierra de Amula, Costa Sur y Costa Sierra Occidental, dentro de los municipios de Cabo Corrientes, Casimiro Castillo, Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, Cuautla, La Huerta, Mascota, Puerto Vallarta, San Sebastián del Oeste, Talpa de Allende, Tomatlán, Villa Purificación y parte de los municipios de Atenguillo, Atengo, Autlán de Navarro, Ayutla, El Grullo, Mixtlán, Tolimán, Tuxcacuesco. Abarca un área de 19,087.85 km2 equivalente al 24.48% del territorio estatal. Se caracteriza por una litología ígnea intrusiva en su mayoría la cual forma un enorme cuerpo granítico llamado batolito. En la zona costera se caracteriza por material sedimentario. El sistema de topoformas está compuesto por Gran Sierra Compleja; Sierra de Cumbres Tendidas; Meseta Lávica; Meseta Lávica con Cañadas; Lomerío; Lomerío con Llanos Aislados; Valle Intermontano; Valle Intermontano con Lomeríos; Valle Intermontano con Terreno Ondulado; Valle Ramificado con Lomeríos; Cañón; Llanura Costera con Delta; Llanura Costera con Laguna Costera; Laguna Costera; Pequeña Llanura con Lomeríos. La complejidad fisiográfica de la subprovincia determina el desarrollo de un complicado y diverso mosaico edáfico (Secretaría de Economía, 2019).

Cordillera Costera del Sur: Forma parte de las regiones administrativas del Sureste y Sur en los municipios de Jilotlán de los Dolores, Santa María del Oro, Tecalitlán Pihuamo y en parte de los municipios de Mazamitla, Quitupan, Tamazula de Gordiano, Tuxpan, Valle de Juárez y Zapotiltic; tiene un área de 6,041.61 km2 ocupando así el 7.75% del territorio estatal. Consiste de rocas intrusivas cristalinas, principalmente granitos y rocas metamórficas; y está caracterizada por una morfología de abruptas sierras, con elevaciones de más de 3,000 m s.n.m., barrancas profundas y valles intermontanos que definen pendientes moderadas. Los afloramientos calcáreos alcanzan altitudes de unos 2,500 m s.n.m. y se orientan sensiblemente de sur a norte; el drenaje de tipo radial divergente y dendrítico en estas rocas es condicionado por los sistemas de fracturas y fallas que las afectan (SEMARNAT, 2014).

Depresión del Tepalcatepec: Ubicada dentro de las regiones administrativas del Sur y Sureste en los municipios de Jilotlán de los Dolores y en Santa María del Oro; abarca tan solo el 0.55% del territorio estatal con un área de 428.45 km2. La topoforma presente es una llanura con cañadas de piso rocoso o cementado compuesto por rocas ígneas intrusivas y rocas sedimentarias (INEGI, 2010).

La provincia Sierra Madre Occidental está subdivida en dos subprovincias:

Mesetas y Cañadas del Sur: Se encuentra en el extremo norte de estado en las regiones administrativas Norte y Valles, dentro de los municipios de Bolaños, Huejuquilla el Alto, Mezquitic, Villa Guerrero y en parte de los municipios de Chimaltitlá, Colotlán, Hostotipaquillo, Huejúcar, San Martín de Bolaños, Santa María de los Ángeles, Tequila y Totatiche. Abarca un área de 8,331.99 km2 equivalente al 10.69% del territorio estatal. El paisaje de esta subprovincia forma parte de la espina dorsal de la Sierra Madre Occidental y está constituido por altas mesetas alargadas con dirección norte-sur, sin ramificaciones y que son más altas a las del resto de la provincia; las cuales son interrumpidas abruptamente por profundos cañones paralelos y alternos a las superficies de las mesetas que, a su vez, son el resultado de la erosión fluvial sobre los diversos tipos de roca volcánica ácida que constituyen la sierra. Sus corrientes fluviales corren en el mismo sentido, hacia el sur, donde son asimiladas por el Río Santiago (INEGI, 1981; SEMARNAT, 2016).

Sierras y valles Zacatecanos: Ubicada en las regiones administrativas del Norte, Altos Norte, Altos Sur, Valles y Centro en los municipios de Amatitlán, Chimaltitlán, Colotlán, Cuquío, Huejúcar, Ixtlahuacán del Río, San Cristóbal de la Barranca, San Martín de Bolaños, Santa María de los Ángeles, Tequila, Teocaltiche, Totatiche, Villa Hidalgo, Yahualica de González Gallo y Zapopan. La subprovincia tiene un área de 3,732.67 km2 ocupando así el 4.79% del territorio.

Se caracteriza por sus sierras altas, alargadas en sentido norte-sur, frecuentemente rematadas por mesetas que alternan con valles, también alargadas en esa misma dirección. Los pisos de los valles son a veces de pendientes suaves, pero con mayor frecuencia presentan terrazas y lomeríos, que probablemente son producto de la erosión de antiguos pisos de valles más altos. El drenaje se dirige a través de los valles hacia el noreste y sólo en su porción austral se encuentran algunas corrientes que desembocan hacia el sur, en los ríos Verde y Grande de Santiago.

Las geoformas que comprende son las sierras altas con mesetas, que se elevan de los 2,300 a 2,850m s.n.m; sus laderas son abruptas cortadas por abundantes cañadas, su transición a los valles amplios es también abrupta y las crestas de las sierras, en ocasiones, están rematadas por pisos de mesetas, alargadas perpendicularmente al eje de la sierra y paralelas a las cañadas que bajan de ella.

Las partes bajas del valle comprenden materiales aluviales finos, mientras que los lomeríos suaves, son producto de la erosión de antiguas bajadas de las sierras de conglomerados de las rocas preexistentes (SEMARNAT, 2016).

La provincia Mesa del Centro se subdivide en las subprovincias:

Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes: Esta subprovincia ocupa el noreste del estado perteneciente a la región administrativa Altos Norte en los municipios de Encarnación de Díaz, lagos de Moreno y Ojuelos de Jalisco. Abarca un área de 2,427.91 km2 asimilando así el 3.11% del territorio estatal. Tiene un sistema de topoformas constituido por Meseta típica, Llanura desértica de piso rocoso cementado, Lomerío de monte y Llanura desértica. La litología está constituida de forma general por rocas volcánicas ricas en sílice.

Sierra de Guanajuato: Ubicada en la región Altos Norte en el municipio de Lagos de Moreno tiene un área de 188.88 km2 equivaliendo así al 0.24% del territorio estatal. La subprovincia está constituida por el sistema de topoformas de Lomerío de aluvión antiguo y Sierra alta con mesetas (INEGI, 2010). De forma general la zona está constituida por una litología variada; en su mayoría son rocas ígneas intrusivas y rocas metamórficas; al este está constituida por una franja de rocas ígneas extrusivas; mientras que las rocas sedimentarias se ubican al norte en una pequeña sección.

Sierra Cuatralba: Ubicada en la región Altos Norte en los municipios de Lagos de Moreno y Ojuelos de Jalisco tiene un área de 138.05 km2 semejado así el 0.18% del territorio estatal. Debido a que solo se encuentra una pequeña fracción de la subprovincia se tiene un sistema de topoforma constituido por Sierra alta escarpada con mesetas constituida por rocas ígneas extrusivas en su totalidad. (INEGI, 2010).

Tabla MF-01. Porcentaje territorial de las Subprovincias Fisiográficas.

Provincia	Subprovincia	Área (km²)	%	Región
Eje Neovolcánico	Altos de Jalisco	13,564.18	17.40	II, III, IV, XII
	Chapala	9,546.61	12.24	IV-VI, X-XII
	Sierra de Jalisco	8,064.25	10.34	VI, VII, IX, X, XI
	Guadalajara	2,877.69	3.69	X, XII
	Volcanes de Colima	1,857.39	2.38	VI, VII
	Sierras y Bajíos Michoacanos	290.79	0.37	IV
	Escarpa Limítrofe del Sur	8.90	0.01	VI
	Sierras Neovolcánicas Nayaritas	5.02	0.006	X
	Neovolcánica Tarasca	2.03	0.002	V
Sierra Madre del Sur	Sierras de la Costa de Jalisco y Colima	19,087.85	24.48	VI-IX
	Cordillera Costera del Sur	6,041.94	7.75	V, VI
	Depresión del Tepalcatepec	428.45	0.55	V, VI
Sierra Madre Occidental	Mesetas y Cañadas del Sur	8,331.99	10.69	I, X
	Sierras y Valles Zacatecanos	3,732.67	4.79	I, II, III, X, XII
Mesa del Centro	Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes	2,427.91	3.11	II
	Sierra de Guanajuato	188.88	0.24	II
	Sierra Cuatralba	138.05	0.18	II

Fuente: INEGI.

4.4. Geomorfología

De acuerdo con Hubp, 2011 la geomorfología corresponde al estudio del relieve de la Tierra. Se considera una disciplina geológica-geográfica, integrándose términos geológicos relacionados con la constitución litológica, estructura, evolución en el tiempo, entre otros. También tiene relación con los elementos físico-geográficos, como es el suelo y el clima. La combinación de estos elementos conlleva a la formulación de morfologías distintas que describen unidades representativas del relieve.

El Estado de Jalisco se encuentra en medio de grandes Provincias Fisiográficas con fuertes contrastes topográficos producto de un ambiente tectónico complejo; el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) describe 7 sistemas de topoformas principales en el estado: cañones, depresiones, llanuras, lomeríos, mesetas, sierras y valles; que a su vez cada sistema de topoformas se subdivide en varios tipos de morfologías. Las definiciones de cada sistema de topoforma fueron emanadas de Lugo-Hubp (2011).

Tabla MF-02. Representatividad de las topoformas presentes en el estado.

Topoforma	Área (km²)	%	Región
Cañón	4,774.93	6.12	I, III, IX, X, XII
Depresión	61.94	0.08	III, IV, XII
Llanura	8,485.21	10.88	I-XII
Lomerío	10,205.25	13.09	I-XII
Meseta	11,661.31	14.96	I-IV, VI-XII
Sierra	34,338.08	44.04	I-XII
Valle	7,067.20	9.06	I-IV, VI-XII

Fuente: INEGI.

Los cañones se definen como un valle profundo y estrecho con laderas abruptas, verticales, con frecuencia escalonadas; son característicos de mesetas de rocas volcánicas. El estado presenta una serie de cañones típicos en la porción norte del estado en lo que corresponde a la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental, también se presentan en menor cantidad cañones en las provincias de la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. Abarca un área de 4,774.93 km2 correspondiente al 6.12% del territorio estatal. Se ubica dentro de las regiones administrativas Norte, Altos Sur, Costa Sierra Occidental, Valles y Centro.

Las depresiones se definen como regiones de hundimiento de la corteza con relleno parcial de sedimentos. En el estado se ubican tres pequeñas depresiones en la Provincia del Eje Neovolcánico en los municipios de Acatic, Ayotlán y Zapotlanejo dentro de las regiones de los Altos Sur, Ciénega y Centro. En conjunto abarcan un área de 61.94 km2 correspondiente al 0.08% del territorio estatal.

Las llanuras también denominadas planicies se definen como cualquier porción de la superficie terrestre de cualquier dimensión, equivalente a un plano horizontal o de poca inclinación. Dentro del territorio abarcan un área de 8,485.21 km2 equivaliendo al 10.88% del territorio estatal. Su ubicación está distribuida a lo largo de todas las regiones administrativas del estado, sin embargo, la mayor concentración se ubica dentro de la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico en el sector centro y

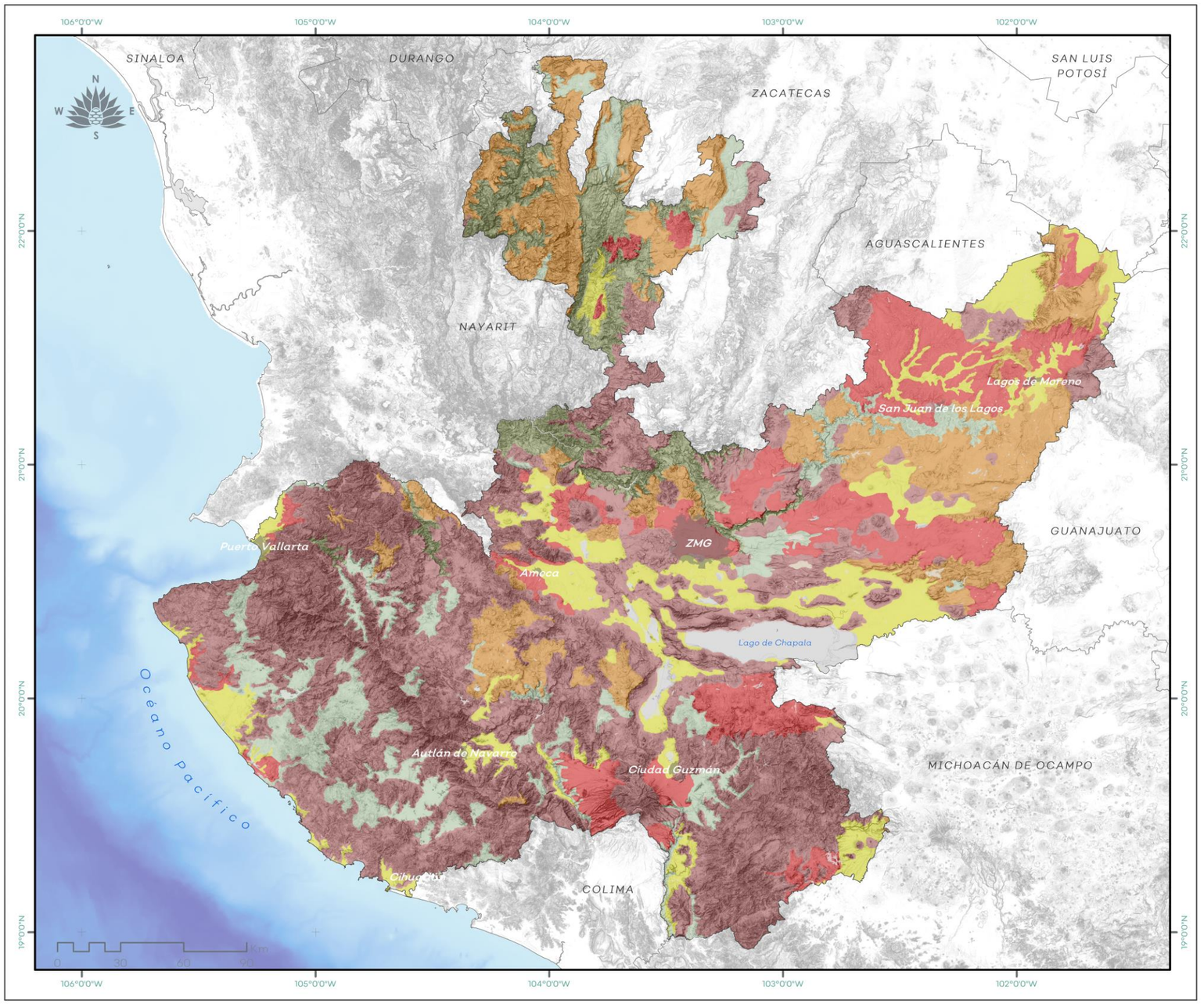
este del estado. Se diferencian 14 tipos de llanuras en todo el estado, de las cuales las llanuras aluviales son las que más predominan con un 5.62% del territorio.

Los lomeríos hacen referencia al relieve que se origina por la disección de una planicie inclinada (de piedemonte) o por la nivelación de montañas. De esta manera, pueden ser resultado de procesos endógenos que condicionan una acción erosiva. Todas las regiones administrativas tienen un sistema de topoformas compuestas por lomeríos, sin embargo, las regiones del centro y noreste correspondientes a la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico es donde mayormente se ubican. Abarcan un área de 10,205.25 km2 equivalente al 13.09% del territorio estatal. Se presentan 10 tipos de lomeríos en todo el estado, los principales tipos son lomerío de aluvión antiguo (4.78%) y lomerío de basalto (2.53%) los cuales abarcan más de la mitad de todos los lomeríos estatales.

Las mesetas son formas del relieve de segundo y tercer orden consistentes en una planicie con elevación por encima de los 1,000 m s.n.m. Pueden apreciarse en todas las regiones del estado a excepción de la región Sureste, sin embargo, la mayoría se encuentran en las Provincias Fisiográficas del Eje Neovolcánico, Sierra Madre Occidental y la Mesa del Centro. Abarcan un área de 11,661.31 km2 equivalente al 14.96% del territorio estatal. Se diferencian 10 tipos de mesetas en todo el estado, siendo las de tipo basálticas con lomeríos (5.67%) las principales.

El término sierra se aplica a una montaña alargada, generalmente de más de 5 km de longitud, o a un conjunto de montañas con una divisoria de aguas principal que delimita dos vertientes opuestas. A los grandes conjuntos montañosos se les conoce como cadena montañosa. La distribución geográfica de las sierras es homogénea ya que se ubica en todas las regiones del estado y casi ocupa la mitad del territorio. Abarca un área de 34,338.08 km2 cubriendo así el 44.04% del territorio estatal. Pueden apreciarse 21 tipos de sierras en todo el estado, de las cuales las Sierras altas complejas abarcan el 23.94% del territorio.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Geomorfología 1:250,000
MF-02

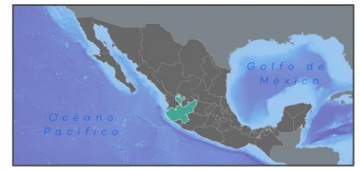
Topoformas

- Cañón
- Depresión
- Llanura
- Lomerío
- Meseta
- Sierra
- Valle

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos del Continuo Nacional serie I, Sistema de topoformas. Escala 1:1,000,000, 2001. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Los valles se definen como formas negativas del relieve, equivalente a una depresión estrecha y alargada, formada por procesos erosivos. En el perfil transversal de un valle generalmente se reconoce un fondo, dentro del cual se localiza el cauce o lecho y la llanura de inundación, además de otras características que los conforman. Su distribución geográfica las posiciona dentro de tres Provincias Fisiográficas, en su mayoría en la Sierra Madre del Sur; así como dentro de la Sierra Madre Occidental y el Eje Neovolcánico. La única región administrativa donde no se presentan es la del Sureste. Abarcan un área de 7,062.20 km2 cubriendo así el 9.06% del territorio. Se diferencian 10 tipos de valles en todo el estado; siendo los de tipo intermontano con lomerío los más abundantes (2.36%).

Los sistemas de topoformas presentes en el estado están subdivididos en una serie de morfologías típicas, las cuales se presentan a continuación en el mapa geomorfológico escala 1:50,000 y en la tabla, donde podemos observar la distribución geográfica de cada tipo de morfología.

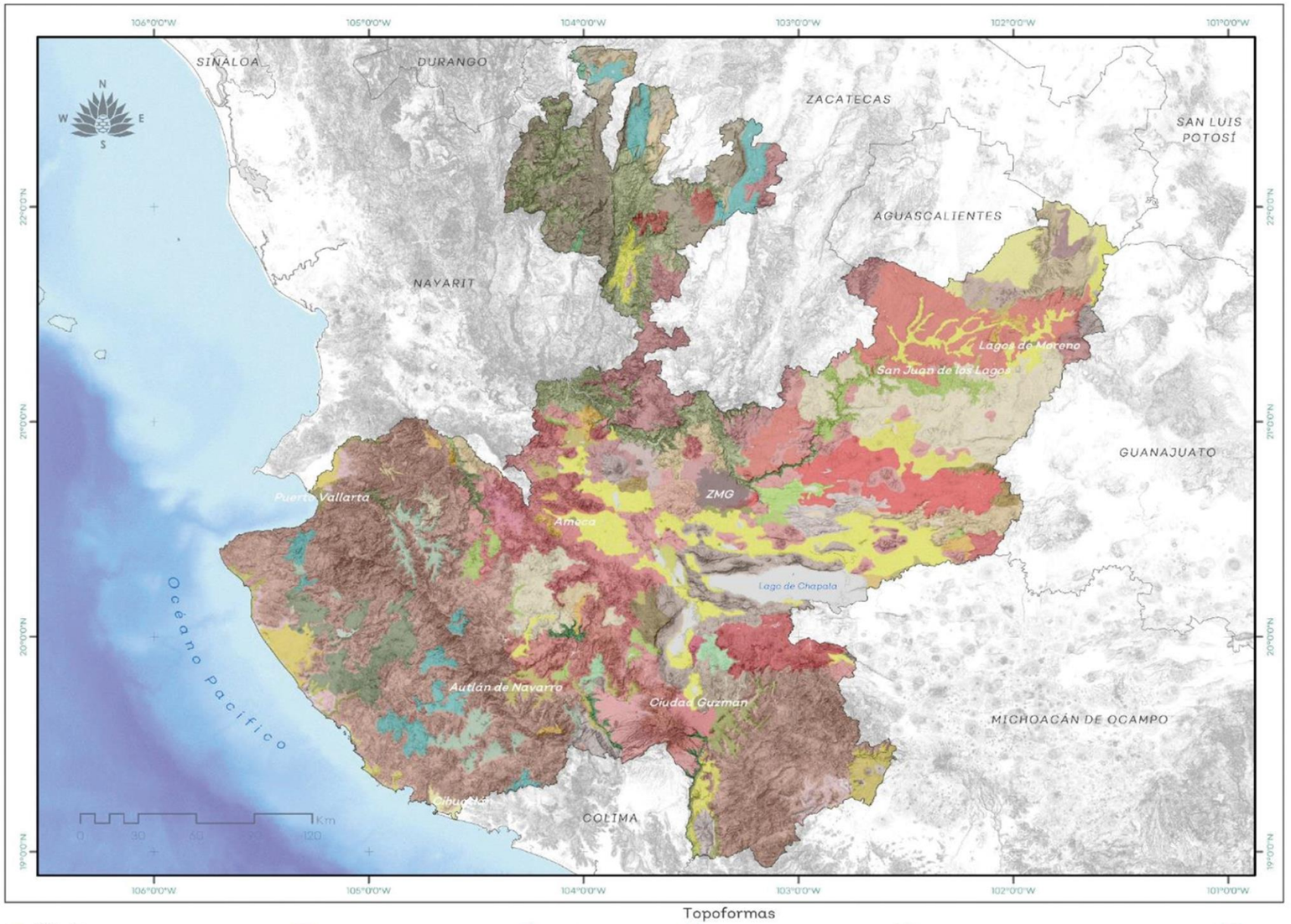
Tabla MF-03. Clasificación de topoformas presentes en el estado.

Topoforma	Morfología	Área (km²)	%	Región
Cañón	Cañón típico	4,774.91	6.12	I, III, IX, X, XII
Depresión	Depresión	61.94	0.08	III, IV, XII
Llanura	Llanura aluvial	4,379.56	5.62	I, II, III, IV, V, VI, VII, X, XI, XII
	Llanura aluvial con cañadas	2.03	0.002	V
	Llanura aluvial de piso rocoso o cementado	724.13	0.93	II, IV, VI, VII, X, XI
	Llanura con cañadas de piso rocoso o cementado	386.55	0.50	V, VI
	Llanura costera con deltas	583.91	0.75	VIII, IX
	Llanura costera con deltas de piso rocoso o cementado	21.92	0.03	VIII
	Llanura costera con deltas inundable y salina	90.76	0.12	VIII
	Llanura costera con lagunas de piso rocoso/cementado	100.53	0.14	VIII, IX
	Llanura costera con lagunas costeras salina	59.88	0.08	VIII
	Llanura de piso rocoso o cementado	842.77	1.08	III, VI, X
	Llanura desértica	163.08	0.21	II
	Llanura desértica de piso rocoso o cementado	840.57	1.08	II
	Vaso lacustre inundable y salino	59.58	0.08	IV
	Vaso lacustre salino	219.96	0.28	XI
Lomerío	Lomerío con valles	294.49	0.38	I
	Lomerío de aluvión antiguo	3,730.36	4.78	II, III, X, XII
	Lomerío de aluvión antiguo con cañadas	5.41	0.01	IX, X
	Lomerío de basalto	1,971.27	2.53	III, IV, XII
	Lomerío de basalto con cañadas	780.97	1.00	X, XII
	Lomerío de basalto con llanuras	1,326.02	1.70	IV, V, VI, XI
	Lomerío de pie de monte	187.12	0.24	II
	Lomerío de tobas	456.14	0.59	VI, IX, X, XI
	Lomerío de tobas con cañadas	788.94	1.01	VI, VII, X, XII
	Lomerío típico	664.56	0.85	I, VI, VIII, IX, XII
Meseta	Meseta basáltica	598.04	0.77	II, IV, VI, VII, VIII, IX, X
	Meseta basáltica con cañadas	1,498.44	1.92	III, IV, VII, IX, X, XII
	Meseta basáltica con lomerío	4423	5.67	II, III, VII, IX, X, XI, XII
	Meseta basáltica con sierras	8.9	0.01	VI
	Meseta basáltica escalonada	283	0.36	III, X
	Meseta basáltica escalonada con lomerío	288.49	0.37	VII, XI
	Meseta con valles	410.86	0.53	I
	Meseta escalonada	223.74	0.29	I
	Meseta típica	1,087.44	1.39	I, II
	Superficie de gran meseta con valles	2,839.41	3.64	I
Sierra	Domo volcánico	370.87	0.48	X, XII
	Escudo volcanes	1,754.68	2.25	II, III, IV, IX, XII
	Sierra alta compleja	18,664.62	23.94	V, VI, VII, VIII, IX
	Sierra alta con cañadas	4.56	0.01	I
	Sierra alta con mesetas	2,652.38	3.40	I, II, III, X, XII
	Sierra alta escarpada con mesetas	138.05	0.18	II
	Sierra baja	360.58	0.46	I, II
	Sierra con laderas de escarpa de falla	2,077.06	2.66	IV, V, VI, VII, XI, XII
	Sierra con laderas de escarpa de falla con mesetas	536.95	0.69	III, IV, XII
	Sierra de cumbres tendidas	490.84	0.63	VI, VII
	Sierra de laderas tendidas	20.13	0.03	VI
	Sierra volcánica con estrato volcanes	390.16	0.50	X
	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados	2,041.50	2.61	VI, VII, XI
	Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con mesetas	41.85	0.05	III
	Sierra volcánica de laderas escarpadas	2,640.43	3.39	VII, IX, X, XI, XII
	Sierra volcánica de laderas escarpadas con cañadas	428.06	0.55	VI
	Sierra volcánica de laderas tendidas	1,269.68	1.63	V, VI, IX, X, XI, XII
	Sierra volcánica de laderas tendidas con cañadas	61.54	0.08	VI, XI

	Sierra volcánica de laderas tendidas con llanuras	235.28	0.30	IX
	Sierra volcánica de laderas tendidas con lomerío	0.73	0.0009	IV
	Sierra volcánica de laderas tendidas con mesetas	158.11	0.20	IV
Valle	Valle abierto de montaña con lomerío	39.92	0.05	I
	Valle de laderas escarpadas	221.7	0.28	VI, VII
	Valle de laderas escarpadas con lomerío	272.28	0.35	III, XII
	Valle de laderas tendidas	1,396.08	1.79	II, III, IV, VI, VII, IX, X, XI, XII
	Valle de laderas tendidas con lomerío	281.94	0.36	VI, VII, XI
	Valle intermontano	939.58	1.21	I, VI, VII, VIII, IX
	Valle intermontano con cañadas	43.69	0.06	I
	Valle intermontano con lomerío	1,841.49	2.36	I, VII, VIII, IX
	Valle ramificado	569.33	0.73	VI, VIII, IX
	Valle ramificado con lomerío	1,461.19	1.87	VIII, IX

Fuente: INEGI.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Geomorfología 1:50,000
MF-02a

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:2,100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Conjunto de datos vectoriales fisiográficos. Continuo Nacional serie I. Sistema de topoformas. Escala 1:1,000,000.00. 2001.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Topoformas

- Cañón típico
- Depresión
- Llanura aluvial
- LL aluvial con cañadas
- LL aluvial de piso rocoso o cementado
- LL con cañadas de piso rocoso o cementado
- LL costera con deltas
- LL costera con deltas de piso rocoso o cementado
- LL costera con deltas inundable y salina
- LL costera con lg. costeras de piso rocoso o cementado
- LL costera con lagunas costeras salinas
- LL de piso rocoso o cementado
- LL desértica
- LL desértica de piso rocoso o cementado
- Vaso lacustre inundable y salino
- Vaso lacustre salino
- Lomerío con valle
- Lo. de aluvión antiguo
- Lo. de aluvión antiguo con cañadas
- Lo. de basalto
- Lo. de basalto con cañadas
- Lo. de basalto con llanuras
- Lo. de pie de monte
- Lo. de tobas
- Lo. de tobas con cañadas
- Lo. típico
- Meseta basáltica
- Mta. basáltica con cañadas
- Mta. basáltica con lomerío
- Mta. basáltica con sierras
- Mta. basáltica escalonada
- Mta. basáltica escalonada con lomerío
- Mta. con valles
- Mta. escalonada
- Mta. típica
- Sup. de gran Mta. con valles
- Domo volcánico
- Escudo volcanes
- Sierra alta compleja
- Sa. alta con cañadas
- Sa. alta con mesetas
- Sa. alta escarpada con mesetas
- Sa. baja
- Sa. con laderas de escarpa de falla
- Sa. con laderas de escarpa de falla con mesetas
- Sa. de cumbres tendidas
- Sa. de laderas tendidas
- Sa. volcánica con estrato volcanes
- Sa. volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados
- Sa. volcánica con estrato volcanes con mesetas
- Sa. volcánica de laderas escarpadas
- Sa. volcánica de laderas escarpadas con cañadas
- Sa. volcánica de laderas tendidas
- Sa. volcánica de laderas tendidas con cañadas
- Sa. volcánica de laderas tendidas con llanuras
- Sa. volcánica de laderas tendidas con lomerío
- Sa. volcánica de laderas tendidas con mesetas
- Valle abierto de montaña con lomerío
- Valle de laderas escarpadas
- Valle de laderas escarpadas con lomerío
- Valle de laderas tendidas
- Valle de laderas tendidas con lomerío
- Valle intermontano
- Valle intermontano con cañadas
- Valle intermontano con lomerío
- Valle ramificado
- Valle ramificado con lomerío

4.5. Geología

La geología se define como una ciencia que investiga la comprensión del planeta Tierra. Se divide tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología física estudia los materiales que componen la tierra y busca entender los diferentes procesos que actúan en la superficie o debajo de la misma. La geología histórica comprende el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo. Procura ordenar cronológicamente los múltiples cambios físicos y biológicos que han ocurrido en el pasado geológico. Sin embargo, para entender qué ha ocurrido a lo largo de la historia, es necesario saber cómo funciona la Tierra (Tarbuck & Lutgens, 2005).

Para poder definir la litología que aflora en el estado, es necesario entender el contexto tectónico-geológico que ha ocurrido y que dio lugar a las diferentes formaciones geológicas. El estado de Jalisco está ubicado en una de las zonas con mayor actividad tectónica del país caracterizada por la subducción de la placa oceánica Rivera debajo de la placa continental norteamericana a lo largo de la Trinchera Mesoamericana, por tal motivo, la evolución geológica presente es compleja y diversa.

El Bloque de Jalisco (BJ) es la estructura característica del estado de Jalisco ya que se considera una microplaca que se mueve independiente de las placas vecinas de Rivera y Norte Americana, separada por los rifts de Tepic-Zacoalco y Colima en la parte continental en una unión triple continental, y por la Trinchera Mesoamericana al occidente (Stock, 1993). Abarca las regiones administrativas Sierra de Amula, Costa Sur y Costa Sierra Occidental, así como una porción de las regiones Lagunas, Sureste, Sur y Valles.

Al occidente está delimitado por el rift de Tepic–Zacoalco con una longitud de 250 km, una serie de grabens con un grosor entre 45 y 65 km2 y relieve de hasta 1000 m s.n.m. que contiene depósitos aluviales, lagos someros, rocas volcánicas del Plioceno-Recientes y grandes bloques fallados del basamento (Allan, 1986; Ferrari et al., 1994; Rosas-Elguera et al., 1997; Ferrari y Rosas-Elguera, 2000).

Al oriente está delimitado por el rift de Colima, tiene una longitud de entre 50 y 65 km, extensión lateral de 1.5 y 3.3 km2 y con escarpes de hasta 1500 m s.n.m. (Allan, 1986; Allan et al., 1991; Bandy et al., 1995); en sus márgenes el graben contiene rocas volcánicas lamprófidicas con edades entre 3.9 y 4.6 Ma y en la base afloran flujos mucho más jóvenes (Allan y Carmichael, 1984). La actividad extensional en la parte más al norte del graben comenzó ~4.6 Ma, mientras que el fallamiento normal continuó hasta el Pleistoceno (Allan, 1986). Los volcanes más activos históricamente de México, como el volcán extinto Nevado de Colima y Volcán de Colima están ubicados en la parte sur (~450 km2) del graben (Luhr y Carmichael, 1980).

De acuerdo con la columna estratigráfica para el BJ propuesto por la Carta Geológico-Minera Puerto Vallarta F13-11 Jalisco y Nayarit del Servicio Geológico Mexicano 1999 en su base se muestra el basamento llamado Batolito Puerto Vallarta constituido por tobas de flujo de ceniza del Cretácico, sedimentos metamorfizados, y un plutón granitoide (Wallace y Carmichael, 1989; Lange y Carmichael, 1991; Righter et al., 1995) con una edad entre los 45 y 108 Ma (Gastil et al., 1978; Allan, 1986; Köhler et al., 1988; Zimmermann et al., 1988). Aflora en la parte occidental del BJ en forma de complejos ígneos, troncos, apófisis y diques; en el centro aflora con una composición granito a granodiorita, mientras que en la región Puerto Vallarta-Cabo Corrientes aflora con una composición de diorita a tonalita (Gastil et al., 1978).

El Batolito Puerto Vallarta intrusiona a depósitos volcánicos y volcanoclásticos, así como, secuencias sedimentarias marinas de edad Cretácico tardío a Terciario temprano. Estas rocas generalmente presentan un metamorfismo de bajo a medio grado (el grado de metamorfismo se incrementa del sureste hacia el noreste) y son afectadas por un plegamiento y fallamiento post-Cretácico relacionado a la Orogenia Laramide (Ferrari et al., 1999b). Los depósitos volcano-sedimentarios incluyen toba riolítica de flujo de ceniza y andesitas subordinadas, interestratificadas con calizas arcillosas, arenisca, lutitas negras y limolitas (Ferrari et al., 1997). Ferrari et al., (2003) describe una distribución de las rocas volcánicas expuestas en la parte central del BJ, mientras que, las calizas y areniscas están confinadas a la parte noreste y oriente del BJ (rift Colima y región Tapalpa).

De edad Terciaria tardía se tienen basaltos del Mioceno tardío emplazados a lo largo de la costa norte en Punta Mita (Gastil et al., 1979 a y b). Riolítas, tobas riolíticas e ignimbritas con intercalaciones de andesitas basálticas se encuentran al noreste con edades que varían del Mioceno Superior al Plioceno Inferior (11Ma-8Ma) (Gastil op.Cit., Ferrari et al., 1996). Este evento puede correlacionarse al primer episodio volcánico del Cinturón Volcánico Mexicano. Lavas basálticas y lamprofíricas de edad Plio-Cuaternario cubren discordantemente el basamento del BJ en el área de San Sebastián y Mascota, y a lo largo del Valle del río Atenguillo (Wallace et al., 1989; Lange et al., 1990; Righter et al., 1992a). A lo largo del sistema de fallamiento transtensivo, afloran estratovolcanes de composición basáltica, cuya edad varía del Mioceno al Pleistoceno, relacionado al Cinturón Volcánico Mexicano.

Dentro de las depresiones tectónicas se presentan depósitos de tipo lacustre, conglomerados polimícticos, brechas derivadas de rocas volcánicas plutónicas y lutitas; en algunas zonas se encuentran interestratificados con calizas lacustre.

La geología estructural del BJ está representado por un sistema de fallamiento transtensivo sinestral de dirección NW70-80SW y por un fracturamiento secundario casi norte-sur. De acuerdo con Luhr et al., (1985) las estructuras habrían sido originadas por un movimiento predominantemente extensivo, produciendo la separación del BJ del resto del territorio mexicano actual, desde el Plioceno temprano, con reactivaciones periódicas (Rosas-Elguera et al., 1996). La distensión dio origen a las depresiones localizadas dentro del bloque, como son: Ameca, Amatlán de Cañas y Puerto Vallarta-Mascota, Atenguillo. Lange et al., (1990) mencionan que estas depresiones controlan el emplazamiento de centros volcánicos, los cuales se manifiestan como una serie de conos cineríticos y de coladas basálticas de composición calcoalcalina, con un rango de edad de 5 a 3.6 millones de años.

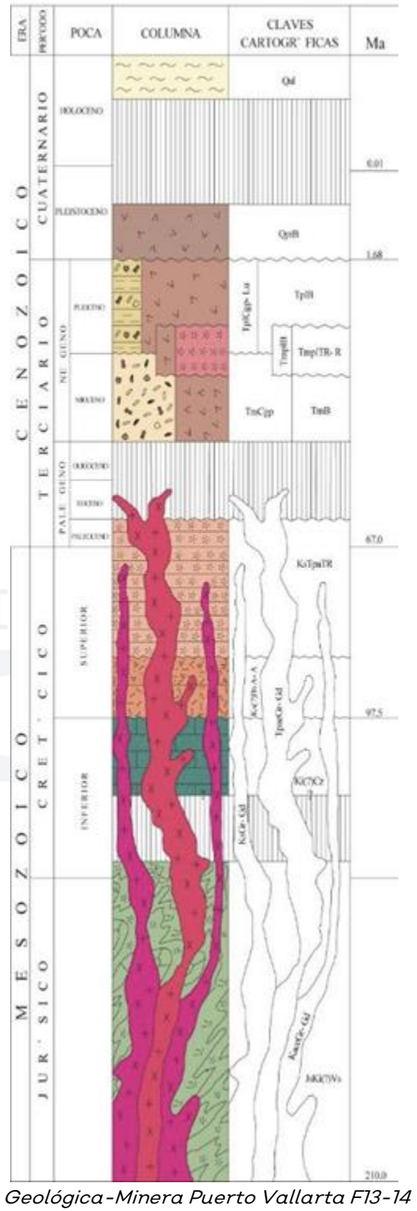
De acuerdo con González Partida y V. Torres (1988) y descrito por Valdivia-Ornelas & Castillo-Aja (2001) la evolución geológica del estado de forma general puede definirse en la parte occidental por las formaciones litológicas más antiguas, de edad Triásico superior y caracterizadas por una trasgresión marina. Durante el Jurásico y Cretácico, la subducción de la placa Pacífico sobre la costa mexicana produjo una intensa deformación acompañada por metamorfismo con facies de esquistos verdes. Durante el Terciario, la subducción del área se tradujo en el desarrollo de una

fuerte actividad volcánica, primero andesítica, en el Oligoceno, y posteriormente ignimbrítica en el Mioceno. Las potentes capas volcánicas ácidas ocultaron un antiguo arco volcano-plutónico Mesozoico débilmente plegado en el Mioceno y afectado por la tectónica de fractura Plio-Cuaternaria.

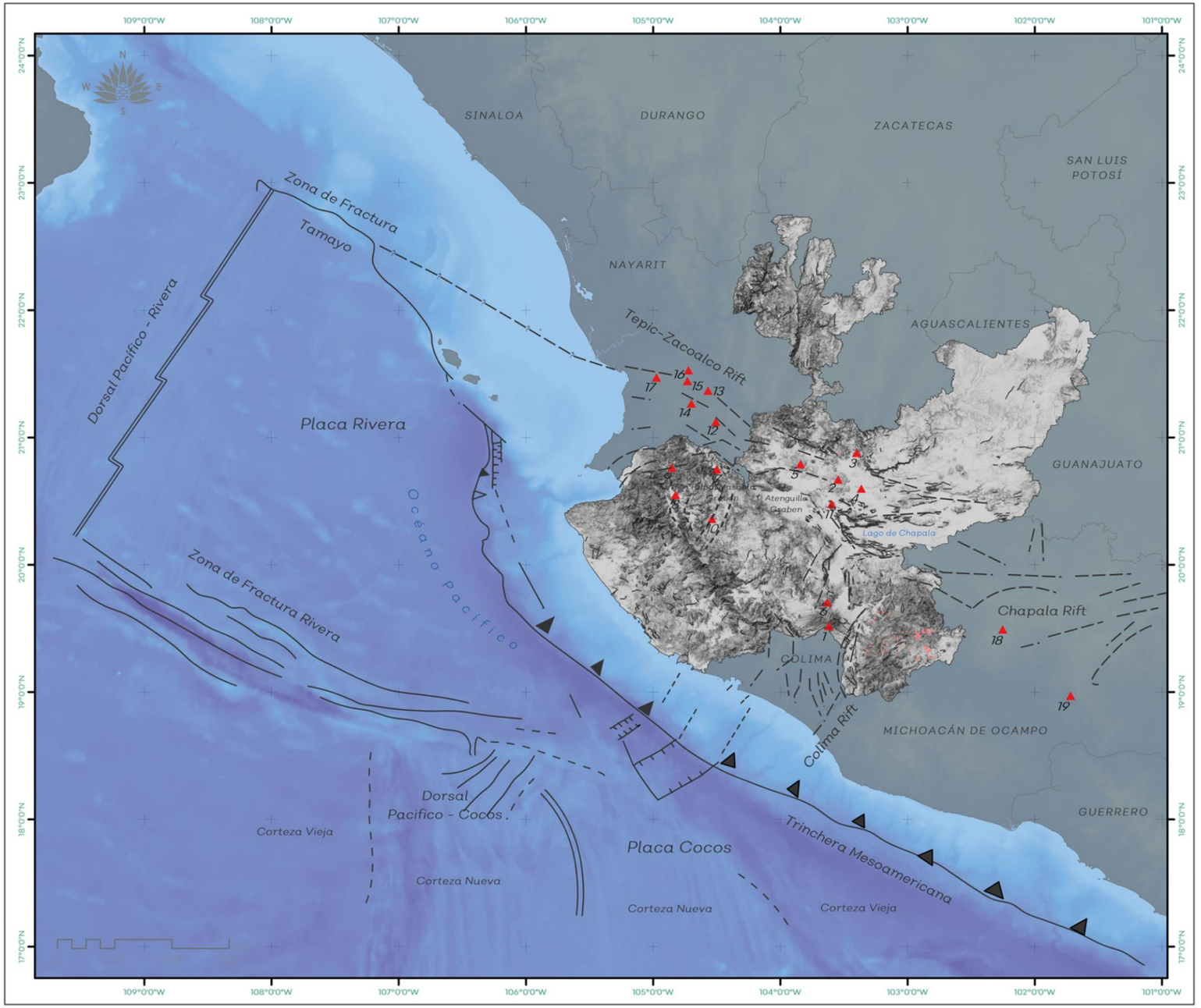
En la parte central y sur del Estado, por donde cruza El eje Neovolcánico se levantan una serie de estratovolcanes, como el complejo volcánico Colima además de varias calderas, algunas de ellas jóvenes. También tenemos el vulcanismo de tipo monogenético abundante que se considera del Plio-Cuaternario como son los campos volcánicos de Mascota, Tapalpa, Ayutla, Los Volcanes. Derrames y materiales piroclásticos de composición andesítica, aunque existen numerosas unidades dacíticas y aun riodacíticas, además de manifestaciones aisladas de vulcanismo riolítico reciente, como las localizadas en la sierra de La Primavera.

La porción oeste, en su parte meridional, pertenece al sistema orogénico cordillerano, compuesto por rocas precámbricas, paleozóicas y arcos volcánicos-sedimentarios, por lo que constituye una región de alta complejidad estructural.

Figura MF-01. Columna geológica del Bloque de Jalisco.



Fuente: Obtenidos de la carta Geológica-Minera Puerto Vallarta F13-14 del SGM (1999) e INEGI (2017).



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ambiente vulcano-tectónico
MF-03

Estructuras

Tectónica
- Dique
- Falla

Volcanes activos
- 1, Vn. de Colima
- 2, Caldera La Primavera
- 3, Vn. Mesa Guadalajara Norte
- 4, Vn. Sur de Guadalajara
- 5, Vn. Tequila
- 6, Vn. El Cantaro
- 7, Vn. Atenguillo Norte
- 8, Campo Volcánico Mascota
- 9, Campo Volcánico San Sebastian
- 10, Campo Volcánico Los Volcanes
- 11, Campo Volcánico Acatlán
- 12, Vn. Ceboruco
- 13, Lago Cráter de Santa María del Oro
- 14, Vn. Tepetiltic
- 15, Vn. Sangangüey
- 16, Vn. Las Navajas
- 17, Vn. San Juan
- 18, Vn. Paricutín
- 19, Vn. El Jorullo

Simbología
- Cuerpo de agua
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



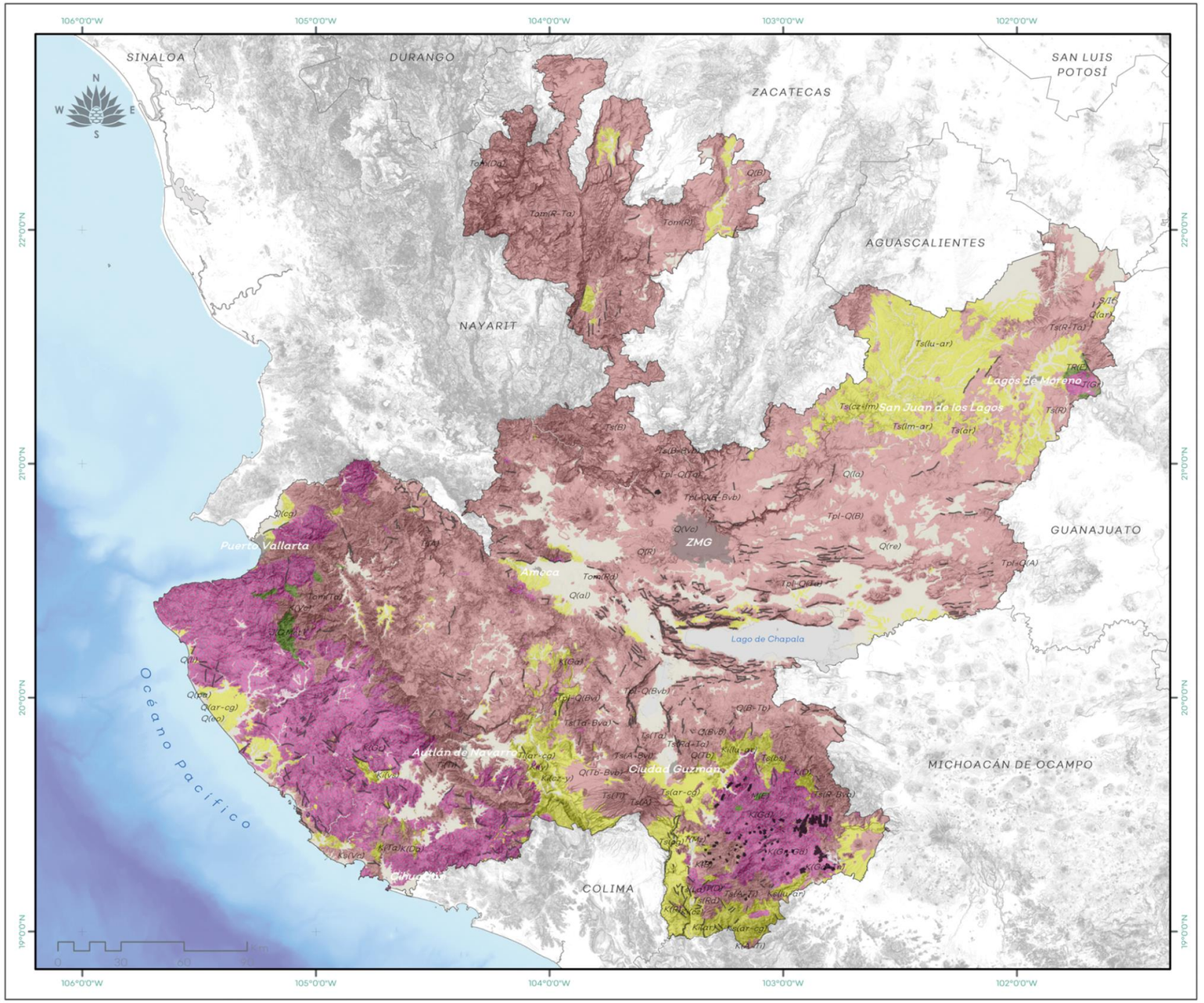
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:3,300,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Modificado de Delgado-Granados (1993) y Carmichael et al., (1996).
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio de 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Geología
MF-03a

Estructura
- Dique
- Falla

Tipo de roca
- Ígnea extrusiva
- Ígnea intrusiva
- Metamórfica
- Aluvión
- Sedimentaria

Simbología
- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



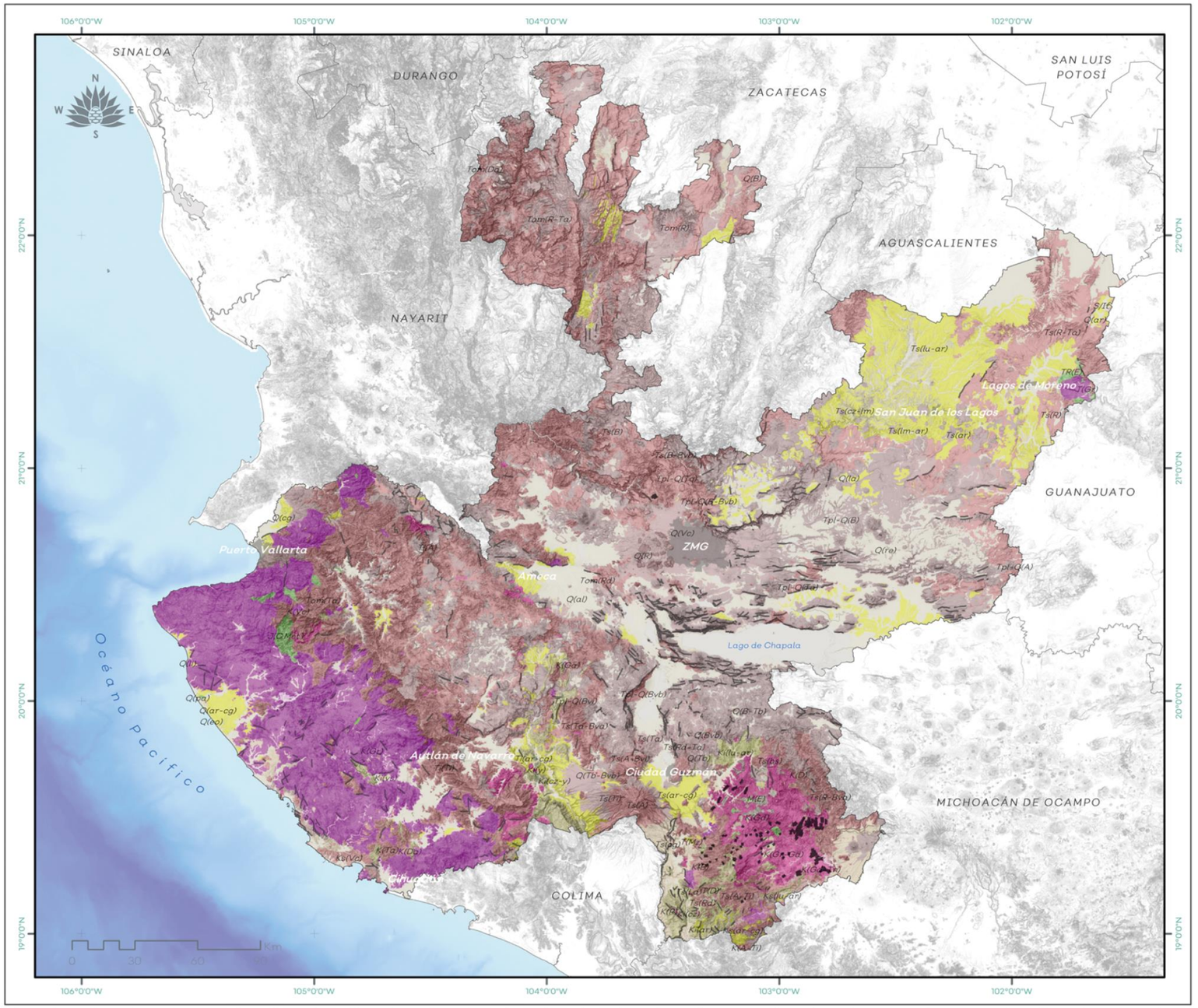
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:250,000.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Geología 1:50,000
MF-03b

Estructura
- Dique
- Falla

Litología
- Suelo
- Gneis
- Esquisto
- Cuarcita
- Yeso
- Arenisca
- Caliza
- Conglomerado
- Limolita
- Lutita
- Travertino
- Toba
- Brecha
- Brecha volcánica
- Ígnea extrusiva
- Andesita
- Basalto
- Riolita
- Vítrea
- Ígnea intrusiva
- Gabro
- Granito
- Diorita

Simbología
- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco. Litología. Escala 150,000. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.6. Edafología

De acuerdo con Hubp, 2011 la edafología es una disciplina que estudia los suelos en relación con la biota y la utilidad de éstos para aprovechamiento. Incluye la génesis, clasificación y cartografía de suelos en relación con las formas del relieve. Para poder identificar zonas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos y estructurales es necesario tener una caracterización del sustrato edáfico del territorio estatal.

Los suelos encontrados en el Estado de Jalisco están afectados por diferentes características geográficas como son geológicas, hidrológicas, geomorfológicas, etc.; así como a los procesos de meteorización y erosión. La cartografía edáfica descrita por de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Escala 1:250 000 y el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco (IIEG) Escala 1:50 000 para el estado de Jalisco determina la presencia de 16 grupos de suelos dentro del territorio. Las principales características de estos suelos se describen conforme la Base de referencia mundial para los recursos del suelo dictado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (ISSS) y el Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos (ISRIC).

Tabla MF-04. Representatividad de grupos principales de suelos presentes.

Grupo	Área (km²)	%	Región
Acrisol	539.41	0.69	I, V, VI, VII, VIII, IX, X
Andosol	1,045.39	1.33	IV-XI
Cambisol	5,509.73	7.01	I-XII
Kastañozem	301.98	0.38	I, II, VI, VII
Chermozem	92.88	0.19	VI, VII
Feozem	16,283.91	20.72	I-XII
Fluvisol	939.44	1.20	I-XII
Gleysol	76.60	0.1	V-VIII, XI-XII
Leptosol	9,713.49	12.36	I-XII
Luvisol	7,691.87	9.79	I-XII
Planosol	5,060.01	6.44	I-IV, VII-XII
Ranker	26.43	0.03	VI
Regosol	21,834.64	27.78	I-III, V-XII
Rendzina	498.01	0.63	II, III, VI-VIII
Solonchak	425.51	0.54	VIII, IX, XI
Vertisol	7,283.03	9.27	I-XII
Xerosol	1,264.25	1.61	I-III

Fuente: INIFAP y IIEG.

La descripción edafológica se realizó a partir de la carta 1:50,000 del IIEG, ya que se presenta a mayor detalle la ubicación geográfica de los diferentes tipos de suelos.

Acrisol (AC): Son suelos condicionados por un clima tropical húmedo. Presenta las siguientes características:

- acumulación de arcilla en el subsuelo denominada horizonte árgico (horizonte subsuperficial con un contenido de arcilla más alto que el horizonte suprayacente).
- capacidad de intercambio catiónico ≥24 cmolc kg-1 en arcilla, comenzando desde los 100 cm de profundidad o dentro de los 200 cm de la superficie si el horizonte árgico está sobrepuesto por arenas arcillosas o texturas cuarzosas.
- base de saturación (cantidad total de Ca, Mg, K y Na con respecto a la capacidad de intercambio catiónico) de menos del 50% en la mayoría de las partes desde 25-100 cm de profundidad.

Dentro del estado cubren un área de 539.41 km2 igualando al 0.69% del territorio, mayormente en el occidente del estado, especialmente en la región Costa Sierra Occidental, de igual manera unas pequeñas porciones distribuidas en las regiones Costa Sur, Sierra de Amula, Sur, Sureste, Lagunas, Valles y en la región norte.

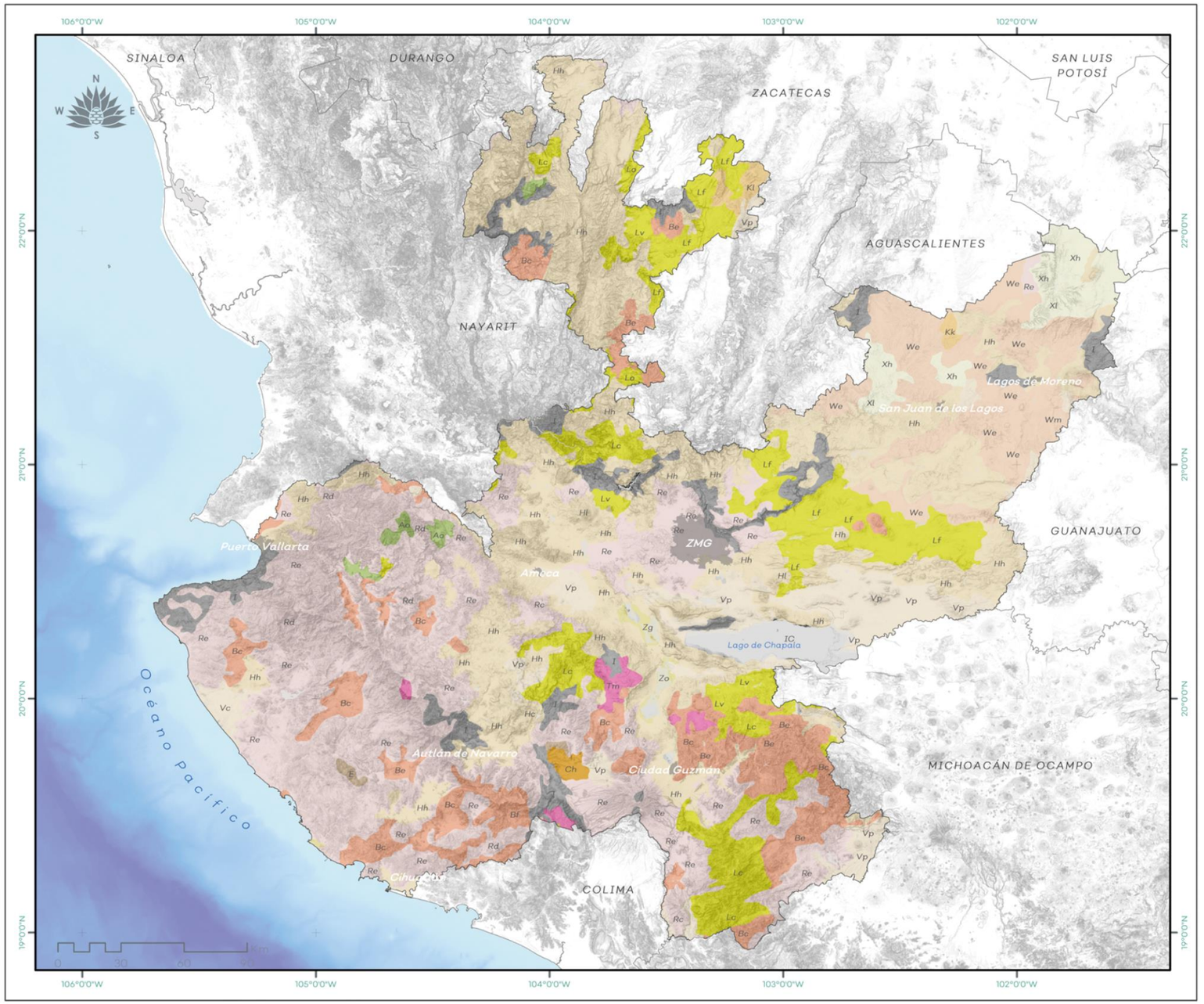
La subclasificación está compuesta por Acrisoles de tipo: férrico, húmico y órtico.

Andosol (AN): Son suelos condicionados por el material de origen. De color negro, debido a la composición mineralógica de origen volcánico. Generalmente se ubican en relieves montañosos y de lomeríos, bajo una amplia variedad de condiciones de vegetación y clima. Las características principales son:

- horizonte vítrico o ándico (horizontes ligeramente a moderadamente erosionados en depósitos piroclásticos dominados por minerales de rango corto, especialmente alófano, imogolita y ferrihidrita) a partir de los 25 cm de la superficie del suelo. Además, pueden tener un horizonte hístico, fúlvico, úmbrico o cámbico.

Dentro del estado abarcan un área de 1,045.39 km2 equivaliendo al 1.33% del territorio, distribuidos en la parte S-SW del estado correspondiente a las provincias fisiográficas Eje Neovolcánico y Sierra Madre del Sur. Resaltan dos zonas edáficas en las regiones de Lagunas, Sureste y Sur.

La subclasificación está constituida por Andosoles de tipo: húmico, mólico, ócrico, órtico y vítrico.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Edafología 1:250,000
MF-04

Clasificación de suelos

- Acrisol
- Andosol
- Cambisol
- Kastañozem
- Chermozem
- Feozem
- Fluvisol
- Gleysol
- Leptosol
- Luvisol
- Planosol
- Regosol
- Rendzina
- Solonchak
- Vertisol
- Xerosol

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Edafología. Escala 1:250,000.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Cambisol (CM): Suelo característico de regiones templadas y boreales, donde el material parental del suelo aún es joven o donde las bajas temperaturas ralentizan los procesos de formación del suelo. Son suelos que presentan las siguientes características:

- textura franco-arenosa o cuarzosa hasta una profundidad de 100 cm, o bien un horizonte plíntico, petroplíntico o sálico entre los 50 y 100 cm desde la superficie,
- porcentaje (por volumen) de fragmentos de roca u otros fragmentos gruesos menor al 35% dentro de los primeros 100 cm,
- son horizontes diagnósticos distintos a los siguientes tipos: oquírico, yérmico o álbico, o un horizonte plíntico petroplíntico o sálico debajo de los 50 cm de profundidad, o un horizonte árgico o espódico por debajo de los 200 cm de profundidad.

Se presenta en todas las regiones administrativas del estado, sin embargo, tiene mayor presencia en el occidente y sur del estado donde su distribución es más homogénea y densa especialmente en las regiones Sur, Sierra de Amula, Costa Sur y Costa Sierra Occidental. Abarcan un área de 5,509.73 km2 que equivalen al 7.01% del territorio.

La subclasificación está constituida por Cambisoles de tipo: crómico, dístrico, éutrico, ferrálico, gléyico, húmico, cálcico y vértico.

Kastañozem (KS): Suelos condicionados por clima estepario, de color café-castaño en superficie. Generalmente se desarrolla sobre amplia variedad de materiales sin consolidación (a menudo sobre loess), en regiones secas con inviernos fríos y veranos cálidos, y sobre relieves planos a ondulados con praderas de pasto bajo y efímero. Presenta las siguientes características:

- horizonte mólico (horizonte superficial profundo, de color oscuro con acumulación significativa de materia orgánica y alta saturación de bases)
- base de saturación del 50% o más y acumulación de carbonato cálcico secundario a menos de 100 cm de la superficie del suelo
- no tienen horizontes diagnósticos que no sean un horizonte albico, árgico, cámbico o vértico, o petrocálcico en el sustrato

Su distribución espacial dentro del estado está dada por tres pequeñas regiones: al Norte, Altos Norte y Sur, cubren un área de 301.98km2 semejando el 0.38% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Kastañozems de tipo: háplico, cálcico y lúvico.

Chernozem (CH): Generalmente se encuentran en regiones escarpadas de pasto largo condicionados por un clima estepario, horizonte superficial negro y grueso, rico en materia orgánica. De forma general tienen las siguientes características:

- horizonte molíco muy oscuro
- concentración de carbonatos secundarios dentro de los primeros 100 cm de profundidad
- no presenta otro tipo de horizonte diagnóstico que no sea árgico, cámbico, yeso o vértico.

Dentro del estado se ubica una pequeña región situada entre las regiones del Sur y Sierra de Amula con un área de 92.88km2 asimilando el 0.19% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Chernozems de tipo: háplico en su mayoría y lúvico.

Feozem (PH): Generalmente ocurren en la parte más húmedas de las regiones escarpadas. Suelos ricos en materia orgánica, parecido al chernozem y al kastañozem, pero más lixiviado y menos ricos en bases. Las características principales son:

- un horizonte mólico
- saturación de la base del 50% o más entre los 25 y 100 cm de profundidad.
- una matriz de suelo libre de carbonato cálcico al menos a una profundidad de 100 cm de la superficie del suelo, o a una capa contrastante entre 25 y 100 cm
- no hay horizontes diagnósticos que no sean un horizonte álbico, árgico, cámbico o vértico, o un horizonte petrocálcico en el sustrato.

Es el segundo suelo más abundante y homogéneo en todo el estado, ya que se ubica en todas las regiones administrativas; abarca un área de 16,283.91 km2 igualando así el 20.72% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Feozems de tipo: calcárico, gléyico, háplico y lúvico.

Fluvisol (FL): Por lo general se definen como suelos jóvenes en ambiente aluvial, lacustre, o depósitos marinos. Las características principales son:

- tiene horizonte sálico dentro de los primeros 50 cm de profundidad
- tienen material de suelo flúvico a partir de los 25 cm de profundidad y continúan hasta por los menos los 50 cm.
- no tienen horizontes diagnósticos que no sean un horizonte hístico, molílico, ocútrico, takírico, cálcico, cámbico, yeso, yérmico, sálico o sulfúrico.

Se presentan en todas las regiones administrativas, sin embargo, la mayor aglomeración es en las regiones del occidente en la Costa Sierra Occidental, Costa Sur, Sierra de Amula perteneciente a la provincia fisiográfica Sierra Madre del Sur, así como otra sección en la zona de los Altos Norte asociado a la actividad hídrica de la Cuenca Río Verde Grande. En conjunto abarcan un área de 939.44 km2 correspondiente al 1.2% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Fluvisoles de tipo: calcárico, dístrico, éutrico y gléyico.

Gleysol (GL): Es un suelo que se produce debido al contacto de agua subterránea con la superficie, causando que el suelo se moje por tiempos prolongados. Muestras procesos de reducción y de segregación del hierro. Generalmente asociados a depósitos fluviales, marinos y lacustres, de terrenos bajos y depresiones, a una profundidad de 50 cm. Las características principales son:

- tienen un horizonte vítrico o ándico que comienza a 25 cm de profundidad.

- No tienen horizontes diagnósticos que no sean un horizonte antraquíco, hístico, molílico, ocúrico, takírico o úmbrico en la superficie, o un horizonte ándico, cálcico, cámbico, gitsídico, plíntico, sálico, sulfúrico o vítrico a menos de 100 cm de la superficie del suelo.

En el estado se presenta en varias pequeñas porciones distribuidas en las regiones administrativas del Sureste, Sur, Sierra de Amula y Costa Sur; así como en las regiones del Centro y Lagunas. Abarcan un área de 76.60 km2 igualando el 0.1% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Gleysoles de tipo: dístrico, éutrico, húmico, mólico y vértico.

Leptosol (LP): Suelo condicionado por la topografía, muy delgado, limitado en profundidad por la roca subyacente o material calcáreo. Se desarrolla sobre relieves montañosos fuertemente disecados y sobre laderas erosionadas, en todo tipo de condiciones climáticas. Las características principales son:

- horizonte vértico dentro de los primeros 100 cm
- Presentan 30% o más en contenido de arcillas en todos los horizontes hasta los 100 cm de profundidad, una vez que se mezclan los primeros 20 cm del suelo.
- suelo de grietas periódicas.
- no tienen horizontes diagnósticos que no sean un horizonte mólico, ocúrico, umbro, vértico o ermémico.

En el estado tiene una distribución en todas las regiones administrativas, sin embargo, la mayor afluencia ocurre en las regiones del Norte, Altos Norte y Sierra de Amula al suroeste. Cubren un área de 9,713.49 km2 equivalente al 12.36% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Leptosoles de tipo: éutrico y órtico.

Luvisol (LV): Suelos presentes generalmente en regiones templadas, desarrollado sobre diversos materiales (depósitos eólicos, aluviales y coluviales), en terrenos planos o suavemente ondulados de formación reciente. Las principales características son:

- presencia de un horizonte árgico
- capacidad de intercambio catiónico ≥24 cmolc por kg de arcilla en todo el conjunto.

El LV en el estado abarcan un área de 7,691.87 km2 equivalente al 9.79% del territorio estatal, distribuido a lo largo de todo el estado, sin embargo, la mayor concentración se ubica en las regiones del Norte, Altos Sur, Valles y Centro.

La subclasificación está constituida por Luvisoles de tipo: crómico, férrico, cálcico, háplico, órtico y vértico.

Planosol (PL): Son suelos que ocurren en paisajes llanos; condicionados por clima templado subhúmedo. Presentan un horizonte superfial de color claro y textura gruesa, que yace de manera brusca sobre otro de textura fina denso y poco permeable. Se desarrolla en depósitos aluviales y coluviales arcillosos. Las características principales son:

- presencia de horizonte molíco
- concentración de carbonatos secundarios comenzando en los límites del horizonte Ah (dentro del rango de los 50-200 cm)
- no hay horizonte petrocálcico entre los 25 y 100 cm de profundidad
- no hay presencia de yeso secundario
- Sin granos de limo y arena sin recubrimiento en superficies estructurales

Su distribución geográfica está densamente concentrada en la región noreste del país dentro de la provincia del Eje Neovolcánico y Mesa del Centro, así como, pequeñas regiones en la parte occidental. Abarcan un área de 5,060.01 km2 equivaliendo al 6.44% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Planosoles de tipo: éutrico, húmico, mólico, háplico.

Ranker: Son suelos poco profundos, se desarrollan en rocas ácidas, y son caracterizados por un horizonte úmbrico (Nachtergaele, 2005).

Su distribución geográfica está asociada a dos pequeñas zonas ubicadas las regiones Lagunas y Sur respectivamente. Abarca un área de 26.43 km2, equivaliendo el 0.03% del territorio.

Regosol (RG): Son suelos jóvenes, poco profundos y con pobre contenido de materia orgánica. Son muy comunes en regiones montañosas como es el caso del estado de Jalisco. Las características principales son:

- baja capacidad de retención de humedad, por lo que requieren de riego frecuentes para lograr la producción agrícola.
- no existe horizonte de diagnóstico alguno excepto un ócrico superficial.
- La evolución del perfil es mínima como consecuencia de su juventud, o de un lento proceso de formación por una prolongada sequedad.

La ubicación geográfica de estos suelos está situada en las regiones montañosas del estado, en su mayoría asociados a la Sierra Madre del Sur y parte del Eje Neovolcánico, abarcan un área de 21,834.64 km2 siendo así el grupo de suelos más abundante con un 27.78% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Regosoles de tipo: calcárico, dístrico y éutrico.

Rendzina: Son suelos poco profundos de color oscuro desarrollados en rocas calcáreas consolidadas. Las características principales son:

- presencia de horizonte molíco superpuesto por roca calcárea;
- suelo mineral bien drenado que se desarrolla en muchos entornos.

Estos suelos muestran evidencia de acumulaciones regulares de sustancias orgánicas en el fondo limitado por el lecho rocoso calcáreo (Shishkov & Kolev, 2014).

Su distribución geográfica posiciona 4 pequeñas zonas, de las cuales tres están ubicadas en la región sur-suroccidente en las regiones Costa Sur, Sierra de Amula y Sur respectivamente, y una

pequeña porción al noreste en la región de los Altos. Abarcan un área de 498.01 km2 igualando así el 0.63% del territorio estatal.

Solonchak (SC): Son suelos que ocurren cuando el agua salina subterránea se acerca a la superficie, o donde a través de la evapotranspiración de sales del agua se acumula en los suelos. Se desarrollan en áreas bajas, en materiales sin consolidar y en zonas costeras. La característica principal es:

- presencia de un horizonte sálico (horizonte con acumulación de sales más solubles que el yeso) dentro de los 50 cm de la superficie del suelo.
- no tienen horizontes diagnósticos más que un horizonte hístico, molíco, ocútrico, takírico, yérmico, cálcico, cámbico, dúrico, gípdico o vértico.

En el estado estos suelos se ubican en la región administrativa Lagunas debido a la presencia de saleras, así como en la costa del estado en las regiones Costa Sur y Costa Sierra Occidental. Abarcan un área de 425.51 km2 equivaliendo al 0.54% del territorio estatal.

La subclasificación está constituida por Solonchaks de tipo: gléyico, mólico, y órtico.

Vertisol (VR): Ocurren predominantemente en paisajes de llanos bajo climas con una estación seca pronunciada, así como regiones tropicales, subtropicales, semiáridas a subhúmedas, y climas húmedos con alternancia de estaciones secas y húmedas. La característica principal es:

- material fluvial que va desde los 25 a 50 cm de profundidad.
- presencia de un horizonte vértico (un horizonte subsuperficial arcilloso con superficies pulidas y ranuradas ("slickensides") o agregados estructurales en forma de cuña o paralelepípedos) a menos de 100 cm de la superficie del suelo.
- tienen un 30 por ciento o más de arcilla en todos los horizontes hasta una profundidad de 100 cm o más, o a una capa contrastante (contacto lítico o paralítico, horizontes petro cálcicos, petrodrúricos o petrogitanos, discontinuidad sedimentaria, etc.) entre 50 y 100 cm, después de que se hayan mezclado los 20 cm superiores.
- presentan un amplio fracturamiento el cual se abre y se cierra periódicamente.
- Horizontes diagnósticos presentes son: hístico, molíco, úmbrico, yeso, sálico, y súlfico.

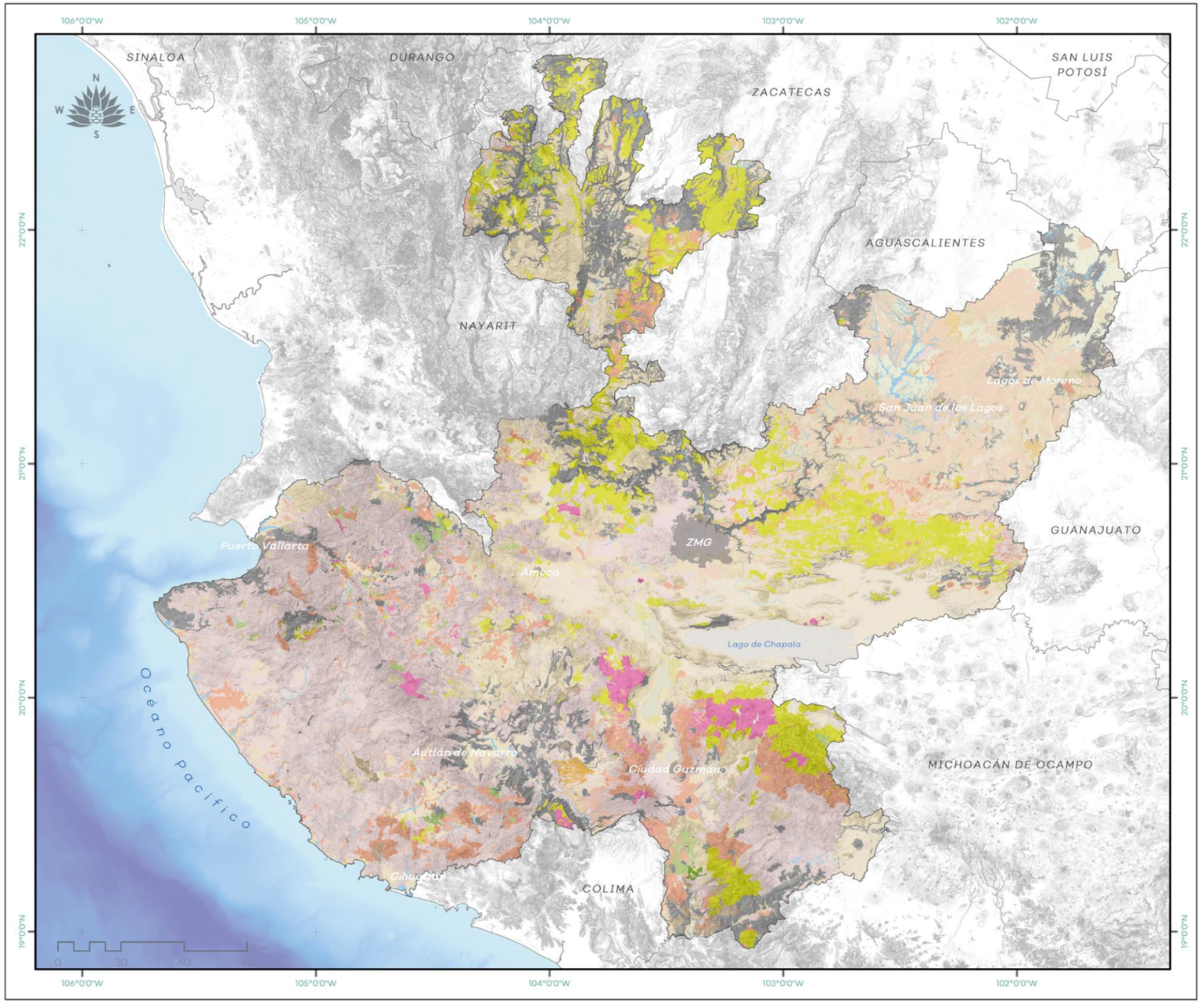
En el estado se ubican en todas las regiones administrativas, sin embargo, la mayor parte están concentrados en las regiones Lagunas, Centro y Ciénega pertenecientes al Eje Neovolcánico. Abarcan un área de 7,283.03 km2 (9.27% del territorio estatal).

La subclasificación está constituida por Vertisoles de tipo: crómico, pélico y éutríco.

Xerosol: Son suelos que tiene un horizonte A ócrico débil y un régimen de humedad árdico; falta de permafrost a menos de 200 cm de la superficie (FAO, 2023).
En el estado se ubican dentro de la Provincia Fisiográfica de Mesa del Centro en su mayoría, así como en la parte noreste del Eje Neovolcánico en las regiones administrativas de los Altos. Abarcan un área de 1,264.25 km2 (21.61% del territorio estatal).

La subclasificación está constituida por Xerosoles de tipo: háplico, cálcico y lúvico.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Edafología 1:50,000
MF-04a

Clasificación de suelos

- Acrisol
- Andosol
- Cambisol
- Castañozem
- Chernozem
- Feozem
- Fluvisol
- Gleysol
- Leptosol
- Luvisol
- Planosol
- Ranker
- Regosol
- Rendzina
- Solonchak
- Vertisol
- Xerosol

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Edafología. Escala 1:50,000. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.6.1. Regionalización de Características Geológicas

De acuerdo con las necesidades del estudio y el extenso territorio estatal es necesario realizar el análisis geológico de forma regional ya que cada región tiene singularidades geológicas que las hace diferentes entre sí. A continuación, se describen de forma individual.

I. Norte

La región norte ubicada en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental tiene un área de 8,819.86 km2; seccionada en las subprovincias: Meseta y Cañadas del Sur (7,704.25 km2) abarcando casi toda la región y la de Sierras y Valles Zacatecanos (1,115.61 km2) al este.

Debido a los procesos geotécnicos que ha sufrido la zona, el relieve geomorfológico está compuesto por cañones (2,856. 64 km2), llanuras aluviales (260.66 km2), dos tipos de lomeríos (331.1 km2), cuatro tipos de mesetas (3,744.8 km2), tres tipos de sierras (645.32 km2) y cuatro tipos de valles (941.03 km2) con los siguientes subgrupos de topoformas:

- Lomerío típico (33.68 km2)
- Lomerío con valles (297.42 km2)
- Meseta típica (236.19 km2)
- Meseta con valles (415.08 km2)
- Meseta escalonada (226.03 km2)
- Superficie de gran meseta con valles (2,867.5 km2)
- Sierra alta con cañadas (4.6 km2)
- Sierra alta con mesetas (633.38 km2)
- Sierra baja (7.34 km2)
- Valle abierto de montaña con lomerío (40.3 km2)
- Valle intermontano (0.28 km2)
- Valle intermontano con cañadas (44.13 km2)
- Valle intermontano con lomerío (896.62 km2)

El relieve más abundante en la región son dos cañones con una orientación N-S paralelos entre sí, causados por la erosión de los sistemas montañoso-antiguos originados durante la Orogenia Laramide. El primero se ubica al occidente de la región, mientras que, el más grande se ubica en la parte central, dentro de este se ubica la llanura aluvial y los lomeríos. Rodeando los cañones se encuentran los diferentes tipos de mesetas y valles. La pequeña fracción de las sierras altas con cañadas se ubican en el límite occidental con el estado de Nayarit, mientras que, del lado oeste se ubican los otros dos tipos de sierras en el límite con el estado de Zacatecas.

La geología de la región está dada por rocas sedimentarias (386.93 km2), ígneas (8,122.57 km2) en su mayoría y material suelto de tipo aluvial y residual (330.36 km2).

Las rocas sedimentarias son de tres tipos: areniscas (249.48 km2), conglomerados (107.82 km2) y lutita-arenisca (29.63 km2). Las areniscas afloran en tres partes de la región principalmente en las inmediaciones del cañón central. Por su parte los conglomerados afloran en la parte de los valles al norte de la región, al igual que el afloramiento de lutita-arenisca.

Las rocas ígneas son de tipo extrusivas donde se tienen basaltos (74.81 km2), brechas volcánicas (15.75 km2), extrusivas ácidas (4,788.1 km2), riolitas (105.13 km2) y tobas (3,118.71 km2).

La distribución de la litología está dada por basaltos distribuidos en pequeños afloramientos en toda la región; brechas volcánicas aflorando en el valle donde se ubican las localidades de Mezquitic y Nostic. Por su parte las mesetas y cañones están constituidos litológicamente por tobas, riolitas y rocas extrusivas ácidas.

La tectónica de la región está dada por fracturas distribuidas en toda la región y un sistema de fallas normales descrito por INEGI que forma parte del cañón central, con una dirección preferente N-S.

Desde un punto de vista edafológico la región cuenta con 12 grupos principales de suelos. Los suelos acrisol son de tipo férrico y cubren un área de 104.5 km2 ubicados en el cañón de occidente. Los cambisoles (505.06 km2) son de tipo éutrico, ferrálico y húmicos ubicados heterogéneamente en todo el estado, sin embargo, existe una mayor concentración en la parte sur en lo que corresponde a los lomeríos. Los Castañozem por su parte son de tipo cálcico ubicado al noreste de la región en una zona de lomerío con valles, háplico ubicados en uno de los meandros del río bolaños en las inmediaciones de la localidad de San Lorenzo de Atzqueltán y los más abundantes son de tipo lúvico ubicados al noreste de la región.

II. Altos Norte

La región Altos Norte abarca un área de 8,250 km2 aproximadamente al extremo noreste del estado; colinda con la región de Altos Sur y con los estados vecinos de Aguascalientes, Zacatecas y Guanajuato. Cubre parte de tres provincias fisiográficas, que, a su vez, se subdividen en tres subprovincias y dos discontinuidades fisiográficas.

El Eje Neovolcánico y su subprovincia Altos de Jalisco es la más grande, abarcando un área de 5,171.5 km2. Su geomorfología está compuesta por llanuras (707.17 km2), lomeríos (2,237.27 km2), mesetas (1,398.5 km2), sierras (249.03 km2) y valles (227.9 km2). Las llanuras están clasificadas en dos tipos: aluviales siendo estás las más abundantes y aluvial de piso rocoso o cementado, rodeándolas por lomeríos de aluvión antiguo, mesetas basálticas y mesetas basálticas con lomerío. En la región se ubican tres volcanes escudo, así como, una sierra alta con mesetas. En su límite inferior se ubica un valle de laderas tendidas. Estas geoformas están constituidas por rocas sedimentarias mayormente: areniscas, arenisca-conglomerado, conglomerados, caliza, caliza-lutita, lutita-arenisca y travertino. Por su parte, las rocas volcánicas que presenta la provincia fisiográfica son basaltos, tobas ubicadas en el extremo sur, riolitas siendo estás las rocas volcánicas más abundantes, extrusivas ácidas y brecha volcánica. La tectónica está compuesta por fracturas distribuidas en toda la región y cuatro fallas normales; en la parte central fallas tienen una tendencia NE-SW y son el límite entre rocas volcánicas riolíticas y sedimentarias; en el extremo sur se presenta una falla con dirección E-W que actúa como discontinuidad entre roca volcánica tobácea e ígnea extrusiva ácida. Los suelos presentes en esta área son: Cambisoles de tipo éutrico y crómico ubicados en las llanuras aluviales; Castañozem cálcico distribuidos en tres áreas diferentes (meseta basáltica con lomerío, lomerío de aluvión antiguo y valle de laderas tendidas);

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Castañozem háplico y lúvico; Feozem háplico y lúvico distribuidos por toda la región; Fluvisol éutrico asociados a la zona de llanuras aluviales y lomeríos al noreste de la región; Leptosoles; Planosoles éutricos siendo estos los más abundantes en la provincia; Planosol mólico; Regosol calcárico y éutrico; Rendzina; Vertisol pélico ubicados en la parte sur de la provincia; Xerosoles cálcico, háplico y lúvico.

Al noreste de la región se ubica la Provincia Fisiográfica Mesa del Centro abarcando un área de 2,787.34 km2; se encuentra subdivida en una subprovincia llamada Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes siendo la más grande y dos discontinuidades; Sierra Cuatralba y Sierra de Guanajuato. Geomorfológicamente está constituida por tres tipos de llanuras (llanura desértica, llanura desértica de piso rocoso o cementado, llanura aluvial de piso rocoso o cementado), lomeríos de piedemonte, una meseta típica y tres tipos de sierras (sierra baja, sierra alta escarpada con mesetas y sierra alta con mesetas). El ambiente geológico-tectónico de la Subprovincia Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes está dada por un fracturamiento y fallamiento con tendencia NE-SW en la parte central sobre rocas volcánicas de tipo riolíticas e ígneas extrusivas ácidas en su mayoría, así como, tobas y basaltos en menor proporción. Por su parte las rocas sedimentarias están emplazadas en la parte superior de la subprovincia; constituidas por areniscas, conglomerados y lutita-areniscas. La edafología de la subprovincia está compuesta por Casañozem cálcico, Feozem háplico lúvico, Fluvisol éutrico, Leptosol éutrico, Planosol éutrico, háplico, húmico y mólico, y Xerosoles háplico y lúvicos. La Discontinuidad Sierra Cuatralba está conformada por una Sierra Alta Escarpada con Mesetas con rocas extrusivas ácidas y riolíticas, presenta un fracturamiento predominante y una falla de 2.6 km de largo con dirección NE-SW. Los suelos que cubren estás rocas son de tipo Feozem háplico y lúvico; Leptosol éutrico y Planosol mólico. Finalmente, la Discontinuidad Sierra de Guanajuato está situada sobre una Sierra con Mesetas compuesta por rocas ígneas intrusivas de tipo graníticas y rocas metamórficas (esquistos) mayormente, las cuales presentan un fracturamiento, así como, pequeños afloramientos de conglomerados, brechas y rocas riolíticas. Los suelos que cubren estas rocas son de tipo Feozem hálico mayormente, así como, lúvico en la parte superior de la discontinuidad; Leptosol éutrico; Cambisol éutrico y Planosol mólico.

El fragmento de la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Occidental que cubre parte de la región está constituido por la Subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos la cual geomorfológicamente consiste en una Sierra alta con mesetas donde afloran rocas ígneas extrusivas ácidas altamente fracturadas mayormente, así como, riolitas y basaltos. Los suelos que cubren está región son de tipo Cambisol éutrico, Feozem háplico y lúvico, Fluvisol éutrico, Leptosoles mayoritariamente, Luvisoles crómicos y férricos, Planosoles éutrico y mólico y por último Xerosol háplico.

III. Altos Sur

La Región Altos Sur abarca un área aproximada de 6,632 km2. Colinda al norte con la Región Altos Norte al norte con el Estado de Zacatecas y al sureste con el Estado de Guanajuato, mientras que al sur y suroeste con las Regiones de Ciénega y Centro respectivamente.

Fisiográficamente está divido en las Provincias del Eje Neovolcánico (6,531.34 km2) siendo la más grande y Sierra Madre Occidental (82.52 km2). El Eje Neovolcánico a su vez está subdividido en dos Subprovincias: Chapa (106.87 km2.) y Altos de Jalisco (6,424.47 km2). Por su parte la Subprovincia de Sierras y Valles Zacatecanos abarca el área de la Provincia de la Sierra Madre Occidental.

Chapa se considera una depresión morfológica compuesta por rocas ígneas basálticas y brechas volcánicas por las cuales cruza un sistema de fallas inversas con orientación E-W. Los suelos de esta zona son de tipo Feozem háplico y lúvico; Leptosol; Luvisol férrico; Planosol mólico y Vertisol crómico.

Los Altos de Jalisco están conformados por una morfología de cañón típico, dos tipos de llanuras (una pequeña llanura aluvial al norte y una llanura de piso rocoso o cementado al centro), lomeríos de aluvión antiguo y lomeríos de basaltos, sierra con laderas de escarpa de falla con mesetas en el límite sur y 11 volcanes escudos, además de un valle de laderas escarpadas con lomeríos y un sistema de valles de laderas tendidas. El ambiente tectónico está dado por cuatro sistemas de fallas normales y fracturas distribuidos en la parte central y al sur de la subprovincia, todos con dirección predominante E-W; dando lugar a una distribución de rocas sedimentarias en la parte superior y rocas ígneas al centro y sur de la región. Las rocas sedimentarias son: areniscas, areniscas-conglomerados y calizas-lutitas. Las rocas ígneas son: basaltos, brechas volcánicas, tobas y rocas ígneas extrusivas ácidas. Los suelos presentes en esta zona son de tipo Cambisol crómico, éutrico y ferrálico, Feozem háplico y lúvico, Fluvisol éutrico, Leptosol, Luvisol crómico y férrico, Planosol éutrico y mólico, Vertisol crómico y pélico, Cambisol éutrico y ferrálico, Regosol calcárico y éutrico, Rendzina y Xerosol háplico y lúvico.

Por su parte la Subprovincia de Sierras y Valles Zacatecanos tiene una geomorfología compuesta por un sistema de Sierra Alta con Mesetas en la que afloran rocas ígneas extrusivas ácidas y basaltos fracturados; se aprecia una falla normal que cruza de N-S la subprovincia. Edafológicamente está cubierta por suelos de tipo: Feozem háplico y lúvico, Leptosol, Luvisol férrico, Planosol éutrico y mólico y Cambisol éutrico.

IV. Ciénega

Está región abarca un área de 3,766.29 km2. Colinda al norte con la Región Altos Sur, al oeste con la región Centro y al sur con la región Sureste y el estado de Michoacán de Ocampo. Forma parte de la Provincia Eje Neovolcánico y las Subprovincias de Altos de Jalisco, Sierras y Bajíos Michoacanos y la más grande Chapala.

La Subprovincia de los Altos de Jalisco está constituida por una depresión en rocas ígneas (extrusivas ácidas y basalto) y suelo aluvial; lomerío de basalto cubierto por suelo residual; meseta con cañadas constituida por rocas basálticas en su mayoría y rocas ígneas extrusivas ácidas, además de material de aluvial y un volcán escudo de roca basáltica. Se observan dos sistemas de fallas uno normal y otro inverso.

La Subprovincia de Sierras y Bajíos Michoacanos está compuesta por un sistema de Valles de laderas tendidas, una meseta basáltica y un lomerío de basaltos con llanuras; en donde afloran rocas ígneas como son basálticas, tobas, brechas volcánicas y rocas extrusivas ácidas; además de un tipo de rocas sedimentarias (areniscas) y suelos residuales y aluviales. Estructuralmente el límite inferior es causado por un límite estructural de fallas normales con dirección E-W.

La Subprovincia de Chapala está constituida por una geomorfología de sierras y llanuras en la que destacan llanuras aluviales, aluvial de piso rocoso o cementado, vaso lacustre inundable y salino, sierra con laderas de escarpa de falla con mesetas, sierra con laderas de escarpe de falla, tres volcanes en escudo, sierra volcánica de laderas tendidas con mesetas y sierra con laderas de escarpa de falla. Sobre estas topoformas, afloran rocas ígneas y sedimentarias, al igual que material de aluvial en su mayoría. La litología está dada por rocas basálticas, andesitas, areniscas, arenisca-conglomerado, brechas volcánicas, extrusivas ácidas, extrusivas básicas y suelos de tipo aluvial y residual. El sistema de fallas estructurales cruza toda la subprovincia con una dirección E-W paralelo al lago de Chapala.

Desde el punto de vista edafológico la Región está constituida en un 67% por Vertisoles crómico y pélico; de los cuales la mayoría es de tipo pélico en toda el área de la laguna y la parte central de la región. La parte norte de la región es donde se distribuyen los 8 grupos de suelos: Andosol mólico, Cambisol ferrálico, Feozem háplico y lúvico, Fluvisol calcáreo y éutrico, Leptosol, Luvisol crómico, férrico, vértico y órtico, y Planosol mólico y éutrico.

V. Sureste

Está región abarca un área de 3,616 km2 dividida en dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico con un área de 1821.6 km2 al norte y la Sierra Madre del Sur (1,293.98 km2) al sur. Colinda al norte con las regiones Centro y Ciénega, al oeste con Lagunas y Sur y al este con el estado de Michoacán de Ocampo.

La porción de la Provincia Eje Neovolcánico que cubre la región está subdivida en tres subprovincias denominadas Chapala (1,819.56 km2) y dos pequeñas fracciones de menos de 3 km2 en ambos casos de las subprovincias Neovolcánica Tarasca y Escarpa Limítrofe del Sur. La Subprovincia Chapala está caracterizada por un relieve plano de llanuras aluviales en las proximidades a las lagunas y entre un relieve de Sierra con laderas de escarpa de falla causado por la actividad tectónica de la región. Al sur de estás sierras se ubica un lomerío de basalto con llanuras el cual colinda con las sierras altas complejas de la Sierra Madre del Sur. En el extremo sureste en el límite con el estado de Michoacán de Ocampo existe una intercalación de relieves altos como son sierras con laderas de escarpa de falla y sierra volcánica de laderas tendidas y un medio una llanura aluvial. Por su parte la subprovincia Neovolcánica Tarasca está constituida por un relieve de llanura aluvial con cañadas; mientras que, la subprovincia Escarpa Limítrofe del Sur cuenta con un relieve de mesetas basálticas con sierras.

Por su parte la Provincia de la Sierra Madre del Sur está fraccionada en una discontinuidad llamada Depresión de Tepalcatepec (46.38 km2) la cual tiene un relieve de llanura con cañadas de piso rocoso y la Subprovincia Cordillera Costera del Sur (1,247.6 km2) donde la geomorfología está constituida por una sierra alta compleja en su totalidad.

El ambiente geotectónico que ha sufrido la región está dado por la unión denominada punto triple, ya que en la zona convergen tres grandes riffs: el de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala; originando una intensa actividad tectónica y volcánica. Reflejo de esto es una alta cantidad de lineamientos estructurales con tendencia E-W al norte de la región en las inmediaciones de la Laguna de Chapala. A diferencia del fracturamiento que se tiene al sur en la Provincia Sierra Madre del Sur se tiene una tendencia N-S; donde igual se describen una serie de diques con la misma tendencia de las fracturas a unos 10 km al sur de Santa María del Oro. La geología que existe es predominante de tipo ígneo volcánico. La Provincia del Eje Neovolcánico está constituida por basaltos mayormente, tanto en las sierras como en los lomeríos. También hay pequeños afloramientos al norte de la Laguna de Chapala de tobas y andesitas. Los pequeños afloramientos de rocas sedimentarias son de tipo limolita-arenisca y conglomerados. Por su parte la subprovincia de la Cordillera Costera del Sur está constituida por tobas riolíticas y andesíticas, así como, rocas riolíticas e intrusivas ácidas. Las pocas rocas sedimentarias que existen en la zona son lutitas y limolitas. Al sur de la región, en la discontinuidad y en las pequeñas áreas de las subprovincias de Neovolcánico Tarasca y Escarpa Limítrofe del Sur la geología está dada por rocas compuestas de riolita-brechas volcánica riolítica, toba andesítica-brecha volcánica y conglomerados.

La región cuenta con la presencia de 10 grupos: Acrisol (húmico); Andosol (húmico, mólico, ócrico, órtico); Cambisol (crómico, vértico, éutrico); Feozem (calcárico y háplico); Fluvisol (calcárico y éutrico); Gleysol (vérticoo); Leptosol; Luvisol (crómico, férrico, vértico, órtico); Regosol (éutrico); Vertisol (crómico y pélico).

Al norte en la zona de la Laguna de Chapala predominan los Vertisoles pélicos, mientras que, en las sierras próximas a la misma, se presentan Feozem háplico, Vertisol crómico, Luvisol crómico, Leptosol y Regosol éutrico. Al centro de la región se presentan Acrisol (húmico), Andosoles (húmico, mólico, ócrico, órtico), Feozem (háplico), Gleysol (vértico), Luvisol (crómico, férrico, órtico, vértico) y Vertisoles (crómico y pélico). Al sur de la región los suelos predominantes son Cambisoles (crómicos y éutrico) y Regosoles (éutrico).

VI. Sur

La Región Sur tiene un área de 8,330 km2 la cual colinda al norte con las Regiones Sureste, Lagunas y Sierra de Amula, al oeste con la Región Costa Sur y el estado de Colima, y al sur con el estado de Michoacán de Ocampo.

Fisiográficamente se encuentra emplazada dentro de las Provincias Fisiográficas del Eje Neovolcánico (2,798.32 km2) y la Sierra Madre del Sur (5,527.68 km2). El Eje Neovolcánico está subdividido en 4 subprovincias: Chapala (876.21 km2), Escarpa Limítrofe del Sur (8.96 km2), Sierras de Jalisco (207 km2) y Volcanes de Colima (1,706.15 km2) siendo está la de mayor área. Por su parte la Sierra Madre del Sur está subdivida en dos subprovincias y una discontinuidad: Cordillera Costera del Sur (4,830.35 km2), Depresión del Tepalcatepec (384.8 km2) y Sierra de la Costa de Jalisco y Colima (312.52 km2).

El relieve de la región en sus partes bajas está constituido por llanuras y valles; asociados principalmente a los ríos que cruzan la región con una tendencia N-S. Las lagunas existentes son de tipo aluvial, aluvial de piso rocoso o cementado, con cañadas de piso rocoso o cementado y de piso rocoso o cementado. Mientras que los valles se pueden clasificar en cinco tipos: de laderas escarpadas, de laderas tendidas, de laderas tendidas con lomeríos, intermontano y ramificado (siendo el más abundante). Por su parte, el relieve de montaña está dado por cuatro tipos de lomeríos (típico, de basalto con llanuras, de tobas y de tobas con cañadas) y ocho tipos de sierras (alta compleja (es la más abundante), con laderas de escarpa de falla, de cumbres tendidas, de

laderas tendidas, volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, volcánica de laderas escarpadas con cañadas, volcánicas de laderas tendidas y volcánica de laderas tendidas con cañadas).

La geología que se emplaza en la región es originada por los diferentes procesos vulcano-tectónicos, dando lugar a una extensa cantidad de rocas ígneas extrusivas causadas por las diferentes erupciones que se han originado en los volcanes de la región y aledaños, así como, rocas ígneas intrusivas. Las rocas ígneas extrusivas andesíticas están distribuidas en toda la parte central de la región, mientras que, el subgrupo de Andesitas-Toba andesítica está asociado a la parte sur en los límites con Michoacán de Ocampo. Los basaltos por su parte mayormente se ubican en la parte norte en las sierras y lomeríos de la Subprovincia de Chapala y al este en Depresión del Tepalcatepec. Los diferentes tipos de brechas volcánicas (andesítica, basáltica, riolítica) afloran principalmente en la subprovincia de Volcanes de Colima. Las rocas extrusivas ácidas afloran por toda la región y las diferentes subprovincias; donde se pueden subclasificar como extrusivas ácidas-brecha volcánica riolítica y extrusivas ácidas-toba riolítica. Las rocas extrusivas básicas están ubicadas en las inmediaciones del Volcán de Colima, especialmente en las inmediaciones del Río Pihuamo, mientras que, las extrusivas intermedias afloran en las zonas aledañas a los volcanes. En la región también afloran rocas riolíticas, así como, riolita-brecha volcánica riolítica y riolita-toba riolítica. Las tobas al igual que la mayoría de las rocas extrusivas se ubican al norte de la región principalmente; incluye tobas riolíticas, andesíticas y basálticas.

Las rocas ígneas intrusivas como son las dioritas y granitos asociados a la Subprovincia Cordillera Costera del Sur afloran en las zonas aledañas a los ríos principales de Ahujullo y Barreras-Pihuamo en las proximidades de las localidades de Tecalitlán y Pihuamo. Las rocas ígneas intrusivas ácidas por su parte cubren gran parte del este de la región en lo que corresponde a la Cordillera Costera del Sur. También existen pequeños afloramientos de rocas intrusivas básicas e intermedia en las inmediaciones del Río Barreras-Pihuamo.

Al centro de la región afloran esquistos, rocas metamórficas, causado por los diferentes procesos orogénicos.

Por su parte las rocas sedimentarias que se pueden encontrar en la región principalmente están ubicadas en las faldas de los volcanes y al sur entre los principales y son: areniscas especialmente arenisca-conglomerados localizadas en las faldas del Volcán de Colima; conglomerados especialmente afloran en los cauces del Río Coahuyama y Río Grande; calizas; limolitas-areniscas asociadas a la parte norte y limolitas al sur; lutitas-areniscas y yesos.

Las estructuras tectónicas principales son fracturas, fallas normales y diques con una tendencia predominante N-S muchas de las cuales forman los principales cauces de la región.

Edafológicamente la región está constituida por 15 grupos principales de suelos. Los suelos Acrisol húmico están distribuidos en un área extensa de aproximadamente 200 km2 al sureste del Volcán de Colima entre los ríos de Coahuayana y Pihuamo. Los Andosoles están distribuidos en varias zonas al norte de la región, incluye los tipos húmico, ócrico, órtico y vítrico. Los Cambisoles se pueden clasificar como cálcicos, crómicos, dístrico, éutrico, ferrálico, húmico y vértico donde su distribución principal es en las faldas del Volcán de Colima y en las llanuras del río Coahuayana. Los suelos Castañozem son de tipo háplico y tienen una distribución en dos pequeñas regiones una al sur en el límite con el estado de Michoacán y la más grande en las llanuras del cauce del río Armería al noroeste de la región. El suelo Chernozem es de tipo háplico y se localiza en la red hídrica del Volcán de Colima de lado NW entre los ríos Jiquilpan y Armería. El grupo de suelos Feozem está distribuido a lo largo de toda la región, sin embargo, la mayor abundancia corta la región por la mitad de N-S; los subtipos son: lúvico, háplico y calcárico. Los Fluvisoles están ubicados en las inmediaciones de los ríos, especialmente los más grandes que cruzan en la región; los de tipo calcárico están ubicados al sur de la región en el límite con el estado de Michoacán de Ocampo, mientras que los éutrico son los más abundantes. Los Gleysoles mólicos se ubican en dos regiones principales la más grande ubicada al norte de Ciudad Guzmán cubren un área aproximada de 15 km2, mientras que la más pequeña se ubica en las proximidades de la comunidad de La Estrella cerca de Pihuamo. Los leptosoles están distribuidos en toda la región sin embargo son más abundantes en las proximidades de los Rios Armería, Barrera y Ahujullo. Los Luvisoles son de tipo vértico, férrico y crómico, siendo el último el más abundante; están distribuidos en dos grandes grupos, el primero al norte en los límites con la Región Sureste y el más grande al sur entre los ríos Barreras-Pihuamo y Ahujullo. Los suelos Ranker por su parte están ubicados en las inmediaciones de la localidad de Pihuamo en un área de aproximadamente 34 km2. Los Regosoles son uno de los suelos más abundantes en toda la región, son de tipo calcárico ubicados en el flanco derecho del Volcán de Colima, dístrico en la sierra alta compleja y éutrico siendo el más abundante. Los suelos de tipo Rendzina están ubicados al sur de la región en el límite con el estado de Michoacán entre los ríos Barrera y Ahujullo. Los Vertisoles al igual que los Fluvisoles se ubican en las proximidades a los ríos principales de Coahuyana y Barreras-Pihuamo y son de tipo crómico y pélico. El suelo menos abundante es de tipo Xerosol háplico ubicado solamente en un meandro del Río Armería.

VII. Sierra de Amula

La Región Sierra de Amula tiene un área de 5,788 km2. Colinda con las Regiones Valles, Costa Sierra Occidental al norte; Costa Sur al occidente-sur y Lagunas-Sur al este-sur. Forma parte de las Provincias Fisiográficas de Eje Neovolcánico (3,782 km2) y Sierra Madre del Sur (2,000 km2). La Provincia del Eje Neovolcánico está subdivida en Sierras de Jalisco (3,622 km2) y Volcanes de Colima (160.71 km2). Por su parte la Subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco y Colima abarca toda el área de la Provincia Sierra Madre del Sur.

Desde el punto de vista geomorfológico la región tiene un relieve compuesto por Sierras y Mesetas principalmente, así como llanuras en las zonas aledañas a los ríos, valles y lomeríos. La Subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco y Colima está formada por una Sierra alta compleja principalmente, sierra de cumbres tendida y valles intermontano e intermontano con lomerío. La Sierra de Jalisco está conformada por una Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados y una meseta basáltica con lomerío principalmente, sin embargo, también presenta mesetas basálticas con cañadas, escalonadas con lomerío; sierra volcánica de laderas escarpadas al norte y al sur una sierra con laderas de escarpa de falla. Los valles presentes son de laderas tendidas, laderas escarpadas y tendidas con lomerío. Por su parte la subprovincia de Volcanes de Colima tiene un relieve de lomerío de tobas con cañadas que forma parte del flanco derecho del volcán, un valle de laderas escarpadas y una llanura de piso rocoso o cementado que forma parte del Río Tuxcacuesco.

La geología de la región está dada por rocas ígneas distribuidas en toda la región, sin embargo, al este-sureste se encuentra una región donde predominan rocas sedimentarias ubicadas principalmente en las proximidades de los ríos Tuxcacuesco, Jiquilpan, Armería y Ayutla-Ayuquila. Las rocas sedimentarias son: calizas y areniscas principalmente, pero también se aprecian conglomerados, lutitas y yesos. Las rocas ígneas extrusivas son: Andesitas ubicadas al norte-noroeste; basaltos, rocas extrusivas ácidas e intermedias principalmente; brechas volcánicas; un pequeño afloramiento de riolita, y tobas. Las rocas ígneas intrusivas son en menor cantidad: intrusivas ácidas e intermedia, diorita, gabro y granitos. La tectónica permite la presencia de varias fallas normales con diferentes orientaciones, así como, una gran cantidad de fracturas.

Las diferencias litológicas presentes, dan una clasificación de suelos compuesta por 14 grupos edáficos; donde los más abundantes son los Regosoles, Leptosoles y Feozem. De tal forma que, se presentan Acrisoles órtico de textura media mayormente en dos pequeñas zonas; Andosoles con textura media generalmente distribuidos de la siguiente forma: de tipo húmico en el extremo oeste, ócrico al noroeste, y mólico/húmico al este. Los Cambisol están distribuidos principalmente al norte, sin embargo, también se encuentran presentes en las inmediaciones del Río Tuxcacuesco donde son de tipo cálcico; otros tipos de subclasificaciones son crómico, dístrico, éutrico, ferrálico de textura media ubicados en el límite sur de la región, húmicos de textura fina ubicados en la meseta basáltica con lomerío del norte, y los más abundantes son de tipo vértico de textura fina. Los suelos Castañozem se ubican en los márgenes del río Ayuquila en el límite inferior de la región, son de tipo háplico y una textura fina-media. Los suelos Chernozem están ubicados entre los causes de los Ríos Jiquilpa y Tuxcacuesco; son de tipo háplico y una textura fina. Los Feozem se clasifican en calcárico de textura fina-media ubicados al sur en las zonas de inundación de los principales ríos; gléyco ubicados cerca del Río Ayutla con una textura fina; háplico siendo los más abundantes de y distribuidos en toda la región; y lúvicos de textura fina-media. Los Fluvisoles están ubicados en los causes de los ríos, especialmente los principales son de tipo éutrico de textura media-gruesa. Los Gleysoles son de tipo vértico de textura fina y solo se ubican en una pequeña zona de aproximadamente 6 km2 en las proximidades a la localidad de El Grullo. Los Leptosoles son de textura media a gruesa y son muy abundantes en toda la región. Los Luvisoles se ubican en la porción norte de la región con una textura de fina a gruesa; se subclasifican como crómicos, órticos y vérticos. Los Planosoles están pequeña solamente en dos pequeñas zonas; son de tipo éutrico de textura fina a media. Los Regosoles están distribuidos en toda la región, siendo estos los más abundantes; son de tipo calcárico y éutrico con una textura media generalmente. Los suelos del grupo Rendzina están ubicados al este, tienen texturas finas a media. Los Vertisoles están ubicados al noreste entre las localidads de Tecolotlán, Juchitlan y CHiquilistlán principalmente; son de tipo crómico y pélico de textura fina generalmente.

VIII. Costa Sur

La Región Costa Sur abarca un área de 9,285 km2 aproximadamente, forma parte de la Provincia Fisiográfica de Sierra Madre del Sur y la Subprovincia Sierras de la Costa de Jalisco y Colima.

El relieve presente en la región está constituido por sierras y valles principalmente, mientras que, las costas están caracterizadas por llanuras y lomeríos típicos. De forma específica se definen cinco tipos de llanuras costeras: con delta ubicada en la desembocadura del Río Tomatlán, con deltas de piso rocoso o cementado ubicado en la Bahía de Perula-Chamela; con deltas inundables y salinas al sur del estado en la localidad de Barra de navidad y San Patricio Melaque; con lagunas costeras de piso rocoso o cementado ubicadas en la desembocadura del Río San Nicolás y en la costa del límite superior de la región; por su parte los Rios Cuitzmala y Purificación tienen llanuras costeras con lagunas costeras salinas. Los lomeríos típicos se ubican en las costas principalmente cerca de la localidad de José María Morelos y en el límite superior de la región. Las sierras son de tipo alta compleja y son muy abundantes. Los valles se clasifican en cuatro tipos: ramificados ubicados en la desembocadura de los ríos San Nicolás y Marabasco; ramificado con lomerío al norte de los ríos San Nicolás y Tomatlán especialmente; intermontano con lomerío río arriba de los ríos Cuitzmala, Purificación al centro de la región y al sur en el Río Marabasco y los valles intermontanos en la parte centro-sur de la región. También cuenta con una porción de una meseta basáltica en el límite sureste de la región.

La evolución geotectónica de la región está dada por la interacción de las placas tectónicas especialmente la subducción de la placa oceánica del Pacifico bajo la Norte Americana en la Trinchera Mesoamericana originando un batolito de rocas ígneas intrusivas ácidas principalmente granítico que predomina en la región y forma parte del basamento del Bloque de Jalisco; este batolito está intrusionado por roca metamórfica (esquistos y gneis) los cuales afloran en dos pequeñas porciones al norte de la región. Las rocas ígneas extrusivas principalmente son: andesitas y basaltos las cuales afloran al sureste en los Valles Intermotanos donde se ubican las localidades de La Resolana y Tecomates; rocas extrusivas ácidas, básicas e intermedias no definidas cortan la región paralelamente al sur, por su parte las tobas afloran principalmente en las costas. Las rocas sedimentarias que se presentan son: areniscas las cuales afloran principalemten en la llanura costera con deltas del Río Tomatlán; calizas intercaladas entre las rocas basálticas extrusivas del batolito al sur y conglomerados que afloran en las llanuras costeras de los ríos Cuitzmala y Purificación, así como en los lomeríos típicos y valles ramificados del Río San Nicolás.

Dentro de la región existen varios sistemas de fallas, en la porción sur se posicionan dos sistemas de fallas normales paralelos que viajan de NW al SE, el más grande limita la región al este y forma parte de las sierras altas, mientras que, el segundo se ubica en las costas a la altura de Perula y Chamela. Al norte de la región dos sistemas principales de fallas normales cortan con dirección NE-SW paralelos a los Ríos San Nicolás y Tomatlán la región.

La distribución edafológica está dada principalmente por regosoles los cuales cubren 72% de la superficie de la región su clasificación está dada por dos pequeñas porciones de regosol calcárico de textura gruesa, dístrico de textura media principalmente al este y sureste de la región, y éutrico siendo esté el más abundante: de textura gruesa está distribuido en toda la región es el suelo subclasificado más abundante, de textura fina se ubica el Valle intermontano al sur de Villa Purificación, mientras que, de textura media se ubica en el límite occidente con la región Sierra de Amula.

El segundo grupo de suelos más abundantes son los cambisoles abarcando el 13% del territorio. Está subdivido en 7 subgrupos: una fracción de cálcico de textura fina; crómido distribuido ampliamente en la región; dístrico asociado al sur de la región; éutrico de textura gruesa y vértico ubicado sobre la llanura costera del Río Tomatlán; ferrálico de textura media al sureste, gléyico de textura media al suroeste de la localidad La Gloria en el Estero el Chorro; húmico de textura media asociado a los suelos del valle intermontano al norte de Cuatitlán de García Barragán.

El tercer grupo de suelos más abundantes son los de tipo Feozem abarcando un 8.4% de la superficie del territorio con una amplia distribución regional. Tiene tres subtipos principales: calcárico y lúvico en menor cantidad, mientras que los de tipo háplico de textura media son los más abundantes.

Otros suelos que se presentan en la región en cantidades muy pequeñas son acrisoles férrico y órtico; andosoles ócrico y húmico; fluvisoles éutrico y gleyico; gleysoles dístrico, éutrico, mólico y húmico; leptosoles; luvisoles crómicos de textura fina y vértico de textura fina-media; planosoles éutrico de textura media; rendzinas de textura fina; Solonchak gléyico y órtico de texturas media a gruesa y vertisoles de tipo crómico y pélico de textura fina. La suma de todos estos suelos abarca el 6.7% del territorio regional.

IX. Costa Sierra Occidental

La Región Costa Sierra Occidental abarca un área de 9,253 km2 de los cuales 7,632 km2 forman parte de la Provincia Fisiográfica de la Sierra Madre del Sur y de la Subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco; el resto (1,619 km2) pertenece a la Provincia del Eje Neovolcánico y su Subprovincia de Sierras de Jalisco.

La geomorfología principal de la Subprovincia de Sierras de la Costa de Jalisco es: una sierra alta compleja (67% del territorio), un cañón típico al noreste del Valle de Mascota, la llanura costera con delta correspondientes al Río Ameca y llanuras costeras con lagunas costeras de los ríos Arroyo Seco, Tecolotan, Lo Conejos y Tlalpuyeque. Lomeríos típicos de las localidades de Las Palmas de Arriba y Santa Cruz de Quelitá, así como, el noreste de Puerto Vallarta y en el límite sur de la regíon. Mesetas basálticas en las proximidades de San Felipe de Híjar y Amatengo; mientras que San Sebastian del Oeste está situado sobre meseta basáltica con cañadas; al norte de Mascota se encuentra una meseta básaltica con lomerío, así como valles intermontanos de Mascota, Talpa de Allende y el Tuito Por su parte el Eje Neovolcánico está constituido por un relieve de sierras volcánicas de laderas tanto escarpadas como tendidas, así como volcanes escudos. Presenta un cañon típico; meseta basáltica con cañadas y valles de laderas tendidas.

El ambiente geotectónico está dado por la actividad del rift de Tepic-Zacoalco y la actividad de subducción de la Trinchera Mesoamericana, dando como resultado un relieve constituido por rocas ígneas principalmente. El límite occidental está constituido por rocas ígneas intrusivas asociadas al plutón Granitoide lo cual forma parte del basamento del Bloque de Jalisco, mientras que, la sierra de Mascota y Talpa afloran rocas ígneas extrusivas ácidas principalmente en sus valles afloran basaltos del cuaternario, así como la presencia de dos diques, siendo estos los más jóvenes que tiene el estado. El límite noreste está constituido en su mayoría por basaltos y andesitas asociadas al Volcán Atenguillo Norte. Los principales lineamientos estructurales constituidos por fallas normales están localizados al noreste con dirección SE-NW; en la región de las Sierras de Mascota tienen una dirección paralela a los valles ya que son las que los separan.

Sobre estás rocas podemos encontrar 12 grupos principales de suelos, de los cuales los Regosoles abarcan el 66% del territorio regional, los feozem abarcan un 10.6%, los cambisoles un 8%, los leptosoles un 8.9% y el resto de los grupos abarcan un 6.5% en conjunto. Los acrisoloes son todos de textura fina y se subclasifican en húmicos en la región de San Sebastian del Oeste y órticos en los valles de Mascota,Talpa de Allende y el Tuito. Los andosoles se ubican al sur de San Sebastián del Oeste y en los cañones del noreste del Valle de Mascota son de textura media y de tipo húmico y mólico. Los cambisoles son de tipo crómico de todas las texturas, dístrico de textura fina a media, éutrico de textura media, ferrálico de textura fina y húmico de textura media Los feozem son de tipo lpuvico y háplico principalmente distribuidos en los valles de Mascota y Talpa de Allende, al sur de a Atengo, al norte en todo el límite colindando con Nayarit especialmente en la llanura de inundación del Río Ameca en Puerto Vallarta. Los fluvisoles son de tipo éutrico de diferentes texturas asociados principalmente a los ríos principales de la región. Los leptosoles son de textura media a gruesa con una amplia distribución en la región. Los luvisoles son de tipo vértico de textura fina, de textura fina a media se tienen tipo órtico y crómico siendo los más abundantes. Los regosoles son de tipo calcárico de textura media localizados en los valles de Talap; los dístrico son de todas las texturas y se localizan principalmente al centro de la región y los éutrico son los más abundantes y abarcan toda la porción occidente de la región. Los suelos rendzina de textura media se localizan solamente en una pequeña porción al sur cerca de la localidad de La Esperanza. En el Estero el Salado en Puerto Vallarta se tienen suelos Solonchak de tipo gléyico de textura fina y gruesa. Finalmente, los vertisoles son de crómico y pélico de textura fina ubicados al norte en el límite con Nayarit.

X. Valles

La Región de Valles abarca un área de 5,646 km2; cubriendo parte de las provincias fisiográfica del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre Oriental. El Eje Neovolcánico abarca 65% del territorio regional y está subdivido en 3 subprovincias principalmente: Chapala, Guadalajara y Sierras de Jalisco. Por su parte la provincia de la Sierra Madre Occidental se subdivide en la subprovincia de Mesetas y Cañadas del Sur y la subprovincia Sierras y Valles Zacatecanos.

Desde un aspecto geomorfológico la región está constituida por cañones, sierras, lomeríos, mestas y valles con una litología de rocas ígneas extrusivas principalmente. La parte norte de la región está constituida por una sierra alta con mesetas donde las principales rocas que afloran son tobas, basaltos y rocas ígneas extrusivas ácidas no definidas; al sur de estás sierras se encuentran cañones típico asociados a la Barranca de Huentitán donde las rocas más abundantes son ígneas extrusivas ácidas y basaltos. Al sur de la barranca el relieve se vuelve más complejo ya que se ubican diferentes tipos de sierras volcánicas con estrato volcanes, de laderas escarpadas o de laderas tendidas y domos volcánicos; todas estas geoformas están constituidas por rocas ígneas extrusivas ácidas principalmente, basaltos especialmente asociados al Volcán de Tequila, brechas volcánicas, riolitas, tobas y rocas vítreas. También se definen diferentes tipos de lomeríos como son de aluvión antiguo, de basalto con cañadas y de tobas. Las principales mesetas son de tipo basálticas ya sea con cañadas, lomerío o escalonada. El único valle que se tiene en la región donde se posicionan las localidades de Santo Tomás y El Saucillo está constituido por rocas basáltica, tobas, extrusivas acidas y básicas, así como, por rocas intrusivas ácidas. Entre estos relieves en las partes más bajas de la región se localizan llanuras aluviales simples, así como, de piso rocoso o cementado. Los pocos afloramientos de rocas sedimentarias con los que se cuenta en la región son: areniscas, lutitas y conglomerados al sur de Ameca en los lomeríos de tobas.

El ambiente tectónico está asociado al rift de Tepic-Zacoalco, produciendo diferentes sistemas de fallas normales descritas por el SGM con una dirección SE-NW principalmente; estás se ubican al sur de la región en las sierras volcánicas que limitan a la llanura donde se ubica Ameca.

Desde un punto de vista edáfico la región está constituida principalmente por 11 grupos de suelos de los cuales los siguientes son los más abundantes: feozems (37%), regosoles (22%), luvisoles (18%), leptosoles (11%) y vertisoles (5.4%). Los suelos menos abundantes son los acrisoles, andosoles, cambisoles, fluvisoles, gleysoles y planosoles los cuales suman el 6.5% de la cubierta edafica.

Los Feozem están ampliamente distribuidos en toda la región, son de tipo háplico principalmente, también hay de tipo calcárico y lúvico; todos con una textura fina a media. Los Regosoles se localizan principalmente en las sierras volcánicas del centro-sur de la región cerca de Tala, Tequila, San Marcos y entre Etzatlán y Ahualulco de Mercado; son de tipo éutrico con todo tipo de texturas. Por su parte los Luvisoles se asocian a las sierras volcánicas de Amatitán y las sierras altas del norte; son de tipo crómico, férrico, órtico y vértico de texturas finas a medias principalmente. Los Leptosol son más abundantes al norte de la región en los cañones y sierras altas con textura media principalmente. Los Vertisoles de tipo pélico de textura fina principalmente están asociados a las llanuras aluviales de Ameca y San Juanito de Escobedo.

XI. Lagunas

La Región Lagunas abarca un área de 3,805 km2 perteneciendo a la Provincia Fisiográfica del Eje Neovolcánico. De acuerdo con sus características se puede dividir en dos subprovincias, al este el 65% de la región corresponde a la Subprovincia de Chapala, mientras que, el 35% corresponde a la Sierra de Jalisco.

El relieve de la región está constituido por llanuras de tipo aluvial y sierras volcánicas principalmente, sin embargo, también cuenta con lomeríos y mesetas basálticas, así como, valles. Las partes más baja de la región están asociadas a los vasos lacustres salinos y las llanuras aluviales que los rodean estos relieves bajos son cortados por sierras con laderas de escarpe de falla, así como sierras volcánicas con laderas escarpadas o tendidas constituidas principalmente por basaltos, brechas volcánicas rocas extrusivas ácidas, básicas e intermedias y tobas.

Las localidades de Atemajac de Brizuela, Ferrería de Tula y Juanacatlán se ubican sobre una meseta basáltica escalonada con lomeríos.

Los lomeríos están distribuidos en los extremos, al sureste en Huejotitlán existe un lomerío de basaltos y tobas con llanuras donde se encuentran rocas caliza-lutita; mientras que, al noroeste las localidades de Lázaro Cárdenas, Santa cruz de las Flores, San Isidro Palo Verde y Santa rosa de Limas se encuentran sobre un lomerío de tobas principalmente, así como basaltos y brechas volcánicas.

Al sur de la región existe dos valles de laderas tendidas donde se ubican las localidades de Tapalpa y San Antonio respectivamente, con una litología de basaltos principalmente, así como, extrusivas ácidas y tobas.

Tectónicamente la región es muy compleja ya que se estima que aquí ocurre un fenómeno de punto triple donde los rifts de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala convergen produciendo los cambios bruscos del terreno. De tal forma que existen tres principales sistemas de fallas normales correspondiendo a cada uno de ellos. El rift de Tepic-Zacoalco tiene una dirección preferencial de NW-SE; el de Chapala una dirección horizontal de E-W; mientras que el de Colima una dirección de SW-NE.

Edafológicamente podemos diferenciar 13 grupos edáficos principales, de los cuales los Feozem abarcan el 28.6% del territorio, seguido de los Vertisoles con un 23.4%, los Regosoles abarcan el 15.8%, los Solonchak un 9.6%, Cambisoles el 7.4%, Andosoles 6.7% y el 8.6% restante está divido entre Acrisoles, Fluvisoles, Gleysoles, Leptosoles, Luvisoles, Ranker y Rendzinas.

Los suelos de tipo Feozem están ampliamente distribuidos especialmente en las sierras volcánicas, se dividen en calcárico, háplico principalmente y lúvico de texturas finas a media. Los Vertisoles están asociadas a las llanuras y sierras volcánicas del norte principalmente de tipo crómico y mayormente pélico de texturas finas. Los Regosoles están asociados a sierras volcánicas de laderas tendidas de la subprovincia de la Sierras de Jalisco principalmente de tipo éutrico y calcárico de varias texturas. Los Solonchak son de tipo gléyico de textura fina en la Laguna de Atotonilco y San Marcos; por su parte el lado norte de la Laguna de Sayula es de tipo mólico y en su mayoría de tipo órtico de textura media. Los Cambisoles están ampliamente distribuidos al sur de la región en las sierras volcánicas y valles de laderas tendidas; se pueden subclasificar en cálcico, crómico, dístrico, éutrico y vértico de texturas finas a media. Los Andosoles están ubicados en la meseta basáltica escalonada con lomeríos donde se ubican los poblados de Juanacatlán, Ferrería de Tula y Atemajac de Brizuela.

XII. Centro

La Región Centro abarca un área de 5,404 km2 y es considera la de mayor densidad poblacional. Forma parte de las Provincias Fisiográficas del Eje Neovolcánico al sur y la Sierra Madre Occidental al norte la cual también se considera la Subprovincia de Sierras y Valles Zacatecanos. El Eje Neovolcánico abarca 80% del territorio regional y está subdivido en tres subprovincias: al noreste está ubicada parte de los Altos de Jalisco, al noroeste Guadalajara y al sur Chapala.

El relieve de la región está configurado por cañones y valles en su lado norte, mientras que al centro y sur está constituido por depresiones, llanuras, lomeríos, sierras y valles las cuales principalmente están constituidas por rocas ígneas extrusivas.

Los cañones y valles de la Sierras y Valles Zacatecanos tienen una configuración litológica de extrusivas ácidas al oeste y extrusivas básicas y basaltos al este principalmente, también afloran brechas volcánicas, en menor proporción. La subprovincia de Guadalajara está configurada por un relieve de lomeríos de basalto con cañadas, un domo volcánico correspondiente a la Caldera de la Primavera, al norte una sierra volcánica de laderas escarpadas en la que a los lados se presentan mesetas basálticas con cañadas. Las rocas predominantes son ígneas: tobas principalmente, extrusivas ácidas, riolitas y andesitas. La subprovincia de los Altos de Jalisco que corresponde a la región tiene relieves altos constituidos por volcanes escudos y lomeríos de aluvión antiguo, mientras que, el relieve bajo está dado por valles de laderas escarpadas con lomeríos. Las rocas presentes en la zona son basaltos y tobas principalmente, en los lomeríos las rocas predominantes son areniscas. Por su parte la subprovincia de Chapala está constituida por llanuras aluviales, escudo volcanes, sierras volcánicas con laderas tendidas y de escarpa de falla. Al igual que en las otras subprovincias

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

las principales rocas que afloran son basaltos y tobas y en menor cantidad andesitas. El ambiente geológico estructural está dado por sistemas de fallas normales con dirección preferencial de E-W asociados al rift de Chapala. Al noreste de Tesistán en el Cerro de la Tortuga afloran una serie de diques con dirección NE-SW.

Desde el punto de vista edafológico la región está constituida por 9 grupos de suelos, de los cuales 5 constituyen el 92% del territorio. Los suelos más abundantes son Feozem abarcando el 31% del territorio, están ampliamente distribuidos y son de tipo háplico y lúvico. Los Regosoles son de tipo éutrico de textura media a gruesa principalmente, abarcan el 23.4% distribuidos en la Subprovincia de Guadalajara, casi toda la Zona Metropolitana está asentada sobre este tipo de suelos. Los Luvisoles abarcan el 14.1%y se distribuyen en los márgenes norte y este principalmente en lomeríos y sierras; los subtipos principales son crómico, férrico, órtico y vértico de texturas finas a medias principalmente. Los Leptosoles de textura media abarcan el 12.8%, se ubicados en los cañones de la Barranca de Huentitán principalmente. Los Vertisoles se localizan en la porción sur de la Zona metropolitana en la Subprovincia de Chapala, abarcando el 10.6% del territorio regional. Se puede subdividir en pélico principalmente y crómico ambos de textura fina.

4.7. Hidrología

La hidrología se define como la ciencia que estudia las aguas naturales y los fenómenos y procesos que transcurren en la hidrosfera. De acuerdo con el objetivo de estudio nos enfocaremos en hidrología de tierra firme. Estudia el régimen y el balance hídrico, la dinámica del agua, sustancias agregadas, los procesos termales, así como, la relación con la actividad humana, y su evolución en territorios determinados y en la tierra en conjunto (Lugo-Hubp, 2011).

Este apartado tiene como objetivo describir y analizar el contexto estatal de la hidrología superficial y subterránea. Incluye el estudio hidrográfico de las diferentes Regiones, Cuencas y Subcuencas Hidrológicas con su respectiva red hidrológica principal, así como, la descripción de las principales características de los acuíferos del estado.

4.7.1. Hidrografía

La hidrografía es una parte de la hidrología encargada de estudiar la tierra firme que se ocupa en la descripción de ríos, lagos y presas. Considera aspectos como su localización, condiciones fisiográficas, régimen y aprovechamiento. Es un análisis cualitativo y cuantitativo. En un sentido más estrecho trata únicamente de las corrientes fluviales (Lugo-Hubp, 2011).

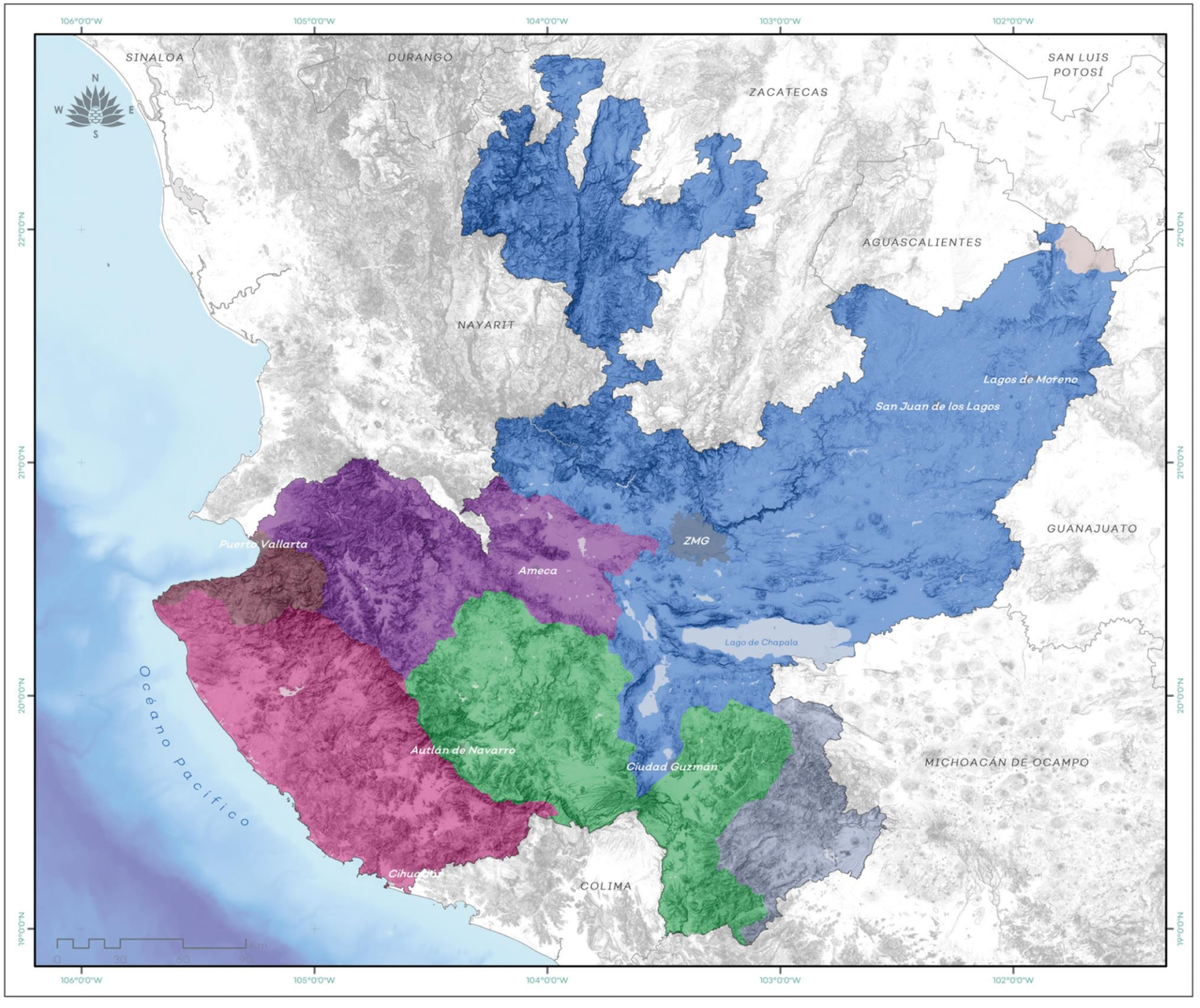
A continuación, se presenta una descripción general de cada región hidrológica y sus respectivas cuencas y subcuencas, así como la descripción de los principales causes; basándose en el Estudio Hidrológico del Estado de Jalisco del INEGI (2000) y la Red Hidrográfica de INEGI edición 2.0 para cada cuenca Escala 1:50 000 Edición 2010.

De acuerdo con la clasificación dada por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la superficie del estado de Jalisco queda comprendida parcialmente en siete regiones hidrológicas: RH-12 Lerma Santiago; RH-13 Huicicila; RH-14 Ameca; RH-15 Costa de Jalisco; RH-16 Armería-Coahuayana; RH-18 Balsas y RH-37 El Salado (Mapa MF-05).

Tabla MF-05. Regiones y cuencas hidrológicas del estado de Jalisco.

Región Hidrológica	Cuenca	Área (km²)	%
RH-12 Lerma-Santiago	RH-12B Río Lerma-Salamanca	1,374.51	1.75
	RH-12C Río Lerma-Chapala	1,914.04	2.44
	RH-12D Lago de Chapala	5,093.50	6.48
	RH-12E Río Santiago-Guadalajara	9,503.13	12.09
	RH-12F Río Santiago-Aguamilpa	867.18	1.10
	RH-12I Río Verde Grande	12,042.37	15.32
	RH-12J Río Juchipila	477.65	0.61
	RH-12K Río Bolaños	5,205.22	6.62
	RH-12L Río Huaynamota	3,611.60	4.60
RH-13 Huicicila	RH-13A Río Cuale-Pitillal	1,486.33	1.89
RH-14 Ameca	RH-14A Presa La Vega-Cocula	2,183.41	2.78
	RH-14B Río Ameca-Atenguillo	3,708.95	4.72
	RH-14C Río Ameca-Ixtapa	3,294.67	4.19
RH-15 Costa de Jalisco	RH-15A Río Chacala-Purificación	3,552.06	4.52
	RH-15B Río San Nicols-Cuitzamala	3,899.35	4.96
	RH-15C Río Tomatlán-Tecuán	3,778.79	4.81
RH-16 Armería-Coahuayana	RH-16A Río Coahuayana	4,480.23	5.70
	RH-16B Río Armería	7,963.53	10.13
RH-18 Balsas	RH-18J Río Tepalcatepec	3,834.99	4.88
RH-37 El Salado	RH-37F San Pablo y Otras	316.11	0.40

Fuente: CONAGUA e INEGI.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hidrología
MF-06

Regiones hidrológicas

- RH-12 Lerma-Santiago
- RH-13 Huicicila
- RH-14 Ameca
- RH-15 Costa de Jalisco
- RH-16 Armeria-Coahuayana
- RH-18 Balsas
- RH-37 El Salado

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



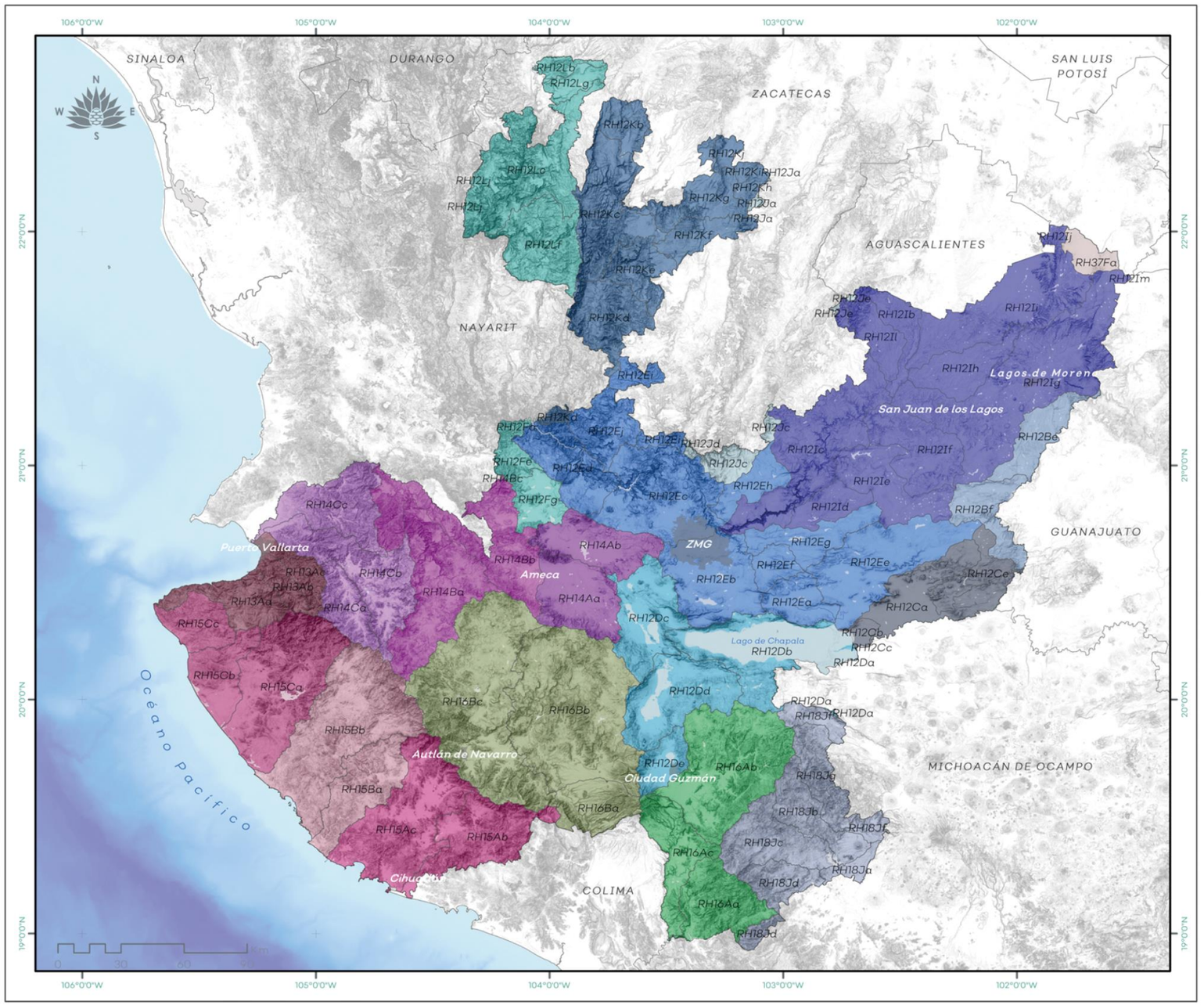
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. CNA. Regiones Hidrológicas Escala 1:250,000. 2012. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hidrología
MF-06a

Cuencas y subcuencas hidrológicas

- Subcuenca
- RH-12B R. Lerma-Salamanca
- RH-12C R. Lerma-Chapala
- RH-12D L. Chapala
- RH-12E R. Santiago-Guadalajara
- RH-12F R. Santiago-Aguamilpa
- RH-12I R. Verde Grande
- RH-12J R. Juchipila
- RH-12K R. Bolaños
- RH-12L R. Huaynamota
- RH-13A R. Cuale-Pitillal
- RH-14A P. La Vega-Cocula
- RH-14B R. Ameca-Atenguillo
- RH-14C R. Ameca-Ixtapa
- RH-15A R. Chacala-Purificación
- RH-15B R. San Nicolas-Cuitzamala
- RH-15C R. Tomatlán-Tecuán
- RH-16A R. Coahuayana
- RH-16B R. Armería
- RH-18J R. Tepalcatepec
- RH-37F P. San Pablo y Otras

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Red Hidrográfica. Edición 2.0 Escala 1:50,000. 2010.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Región Hidrológica 12, Lerma-Santiago

Cubre un área de 40,089.20 km2 dentro del estado, que representa 51.01% de la superficie, se encuentra entre 19°35' y 22°42' de latitud norte y a los 101°17' a 104° 10' de longitud oeste. Abarca las regiones administrativas del Norte, Altos Norte, Altos Sur, Ciénega y Centro, así como parcialmente las regiones de Valles, Lagunas, Sur y Sureste.

Los colectores principales son los ríos: Lerma, Grande de Santiago, Verde, Juchipila, Bolaños y Huaynamota, así como el lago de Chapala. Presenta nueve cuencas llamadas: RH-12BR. Lerma-Salamanca, RH-12C R. Lerma-Chapala, RJ-12D L. Chapala, RH-12E R. Santiago-Guadalajara, RH-12F R. Santiago-Aguamilpa, RH-12I R. Verde Grande, RH-12J R. Juchipila, RH-12K R. Bolaños y RH-12L R. Huaynamota.

RH-12B Cuenca Río Lerma-Salamanca

Se ubica al oriente de la entidad, con una superficie aproximada de 1,374.51 km2 del área comprendida en el estado que equivale al 1.75%; colinda al norte con la cuenca del Río Verde Grande, al este con el estado de Guanajuato, al sur con la cuenca del R. Lerma-Chapala y al oeste con las cuencas R. Lerma-Chapala, R. Santiago-Guadalajara y la del R. Verde Grande, de la RH-12; es drenada por una serie de corrientes perennes pequeñas, así como por intermitentes, la que sobresale es del río Turbio

El uso del agua se destina preferentemente al uso agrícola y en menor proporción al doméstico y pecuario.

Se subdivide en dos subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-06. Subcuencas de la Cuenca RH-12B.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región	Tipo
RH-12Be	R. Turbio-P. Palote	664.55	0.85	II, III	Abierta
RH-12Bf	R. Turbio-Manuel Doblado	709.96	0.9	II	Abierta

Fuente: INEGI.

RH-12C Cuenca Río Lerma-Chapala

Ubicada en la porción suroriental del estado, tiene una superficie aproximada de 1,914.04 km2 (2.23%). Forma parte de las regiones administrativas Altos Sur y Ciénega. Colinda al norte con la cuenca del R. Santiago-Guadalajara, al este con la cuenca del R. Lerma-Salamanca y Guanajuato, al sur con Michoacán, al oeste con las cuencas del L. Chapala y la cuenca R. Santiago-Guadalajara, todas en la RH-12. La cuenca es drenada por una serie de corrientes intermitentes pequeñas, así como de perennes como los ríos Huascato y Lerma que sirve de límite político administrativo con el estado de Michoacán. La corriente del Lerma tiene su origen en el Estado de México pasando por varios estados hasta desembocar sus aguas al lago de Chapala.

De forma específica se subdivide en cuatro subcuencas abiertas:

Tabla MF-07. Subcuencas de la Cuenca RH-12C.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región	Tipo
RH-12Ca	R. Ángulo-P.Briseñas	1,288.11	1.64		Abierta
RH-12Cb	R. Briseñas-L. Chapala	135.26	0.17		Abierta
RH-12Cc	R. Duero	1.96	0.0025		Abierta
RH-12Ce	R. Huascato	488.72	0.62		Abierta

Fuente: INEGI.

RH-12D Cuenca Lago de Chapala

Localizada al occidente de la RH12 y al sur de la ciudad de Guadalajara, abarca un área aproximada de 5,093.50 km² dentro del estado que equivale al 6.48% de la superficie estatal. Forma parte de las regiones administrativas Ciénega, Sureste, Sur, Valles, Lagunas y Centro. Colinda al norte con la cuenca R. Santiago-Guadalajara, al este con la cuenca R. Lerma-Chapala, al sur con la cuenca R. Tepalcatepec de la RH-18, cuenca R. Coahuayana y cuenca R. Armería de la RH-16, esta última también colinda al oeste, junto con la cuenca Presa la Vega-Cocula de la RH-14.

Los cuerpos de agua principales de esta cuenca son el lago de Chapala y los lagos intermitentes Atotonilco, San Marcos-Zacoalco y Sayula; la pendiente que presenta es moderada, dado que el relieve del área está rodeado por sierras. Es drenada por corrientes de tipo intermitente y perennes como el río Lerma. Es el principal abastecedor de agua para la zona metropolitana de Guadalajara; los usos son de tipo domésticos, potable, recreativo, riego y abrevadero.

Esta subdividida en cinco subcuencas:

Tabla MF-08. Subcuencas de la Cuenca RH-12D.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región	Tipo
RH-12Da	R. Sahuayo	8.68	0.01		Abierta
RH-12Db	L. Chapala	1,932	2.46		Abierta
RH-12Dc	San Marcos	1,212.87	1.54		Cerrada
RH-12Dd	L. Sayula	1,479.47	1.88		Cerrada
RH-12De	L. Zapotlán	460.15	0.59		Cerrada

Fuente: INEGI.

RH-12E Cuenca R. Santiago-Guadalajara

Ubicada en región centro-oeste de la RH-12, tiene una superficie aproximada de 9,503.13 km², del área comprendida del estado, que equivale a 12.09% de la superficie estatal, la zona metropolitana de Guadalajara queda comprendida en su totalidad. Forma parte de las regiones administrativas del Norte, Altos Sur, Ciénega, Valles y Centro. Colinda al norte con el estado de Zacatecas, la cuenca de R. Juchipila y la del R. Verde Grande, al este con las cuencas R. Lerma-Salamanca y la R. Lerma-Chapala, al sur con las cuencas R. Lerma-Chapala y la de L. Chapala, de la misma RH, al oeste con la cuenca Presa la Vega-Cocula de la RH 14, y la cuenca R. Santiago-Aguamilpa, de la RH 12. Es

drenada por una serie de corrientes pequeñas tales como: La Cañada, El Huracán, Paso del Lobo, San Antonio, A. Grande, Los Tubos, el más importante por su longitud es el río Grande de Santiago.

Los principales cuerpos de agua son las presas de Calderón, la cual es la segunda fuente superficial de abastecimiento la zona metropolitana de Guadalajara aporta actualmente 17.26%; Santa Rosa y el lago de Cajititlán. El agua se destina a los usos potable, agrícola y en menor escala al doméstico y pecuario.

Está dividida en 10 subcuencas de tipo abiertas descritas a continuación:

Tabla MF-09. Subcuencas de la Cuenca RH-12E.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región
RH-12Ec	R. Verde-P. Santa Rosa	1,936.15	2.46	X, XII
RH-12Eb	R. Corona-R. Verde	1,494.30	1.90	XII
RH-12Ea	L. Chapala-R. Corona	558.82	0.71	IV
RH-12Ee	R. Zula	1,818.67	2.31	III, IV
RH-12Ed	P. Santa Rosa-R. Bolaños	1,042.72	1.33	X
RH-12Eh	R. Gigantes	505.28	0.64	X
RH-12Eg	R. Calderón	731.81	0.93	III, IV, XII
RH-12Ef	R. La Laja	329.39	0.42	XII
RH-12Ej	R. Chico	721.02	0.92	X
RH-12Ei	R. Cuixtla	365	0.46	I, X, XII

Fuente: INEGI.

RH-12F Cuenca Río Santiago-Aguamilpa

Se ubica al noroeste del estado en la región administrativa Valles, con una superficie aproximada de 867.18 km² del área comprendida dentro del estado, que equivale al 1.10% de la superficie estatal. Colinda al norte con el estado de Nayarit, al este con la cuenca R. Santiago-Guadalajara, al sur con la cuenca Presa La Vega-Cocula y la del R. Ameca-Atenguillo, pertenecientes a la RH-14, al oeste la cuenca del R. Ameca-Atenguillo de la RH-14 y el estado de Nayarit.

Esta cuenca es drenada por una serie de corrientes intermitentes y perennes, sobresale la del río Grande de Santiago, el que a la vez sigue como límite político-administrativo entre Jalisco y Nayarit. Los principales cuerpos de agua son las presas: Palo Verde, El Trigo, Labor de Guadalupe, y Coatepec. El agua superficial se destina preferentemente para los usos agrícola y en menor escala doméstico y pecuario.

Esta subdivida en tres subcuencas; dos de tipo abiertas:

Tabla MF-10. Subcuencas de la Cuenca RH-12F.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región	Tipo
RH-12Fa	R. Bolaños-R. Huaynamota	60.62	0.08		Abierta
RH-12Fe	R. Barranquitas	296.51	0.38		Abierta
RH-12Fg	L. Magdalena-L. Palo Verde	510.05	0.65		Cerrada

Fuente: INEGI.

RH-12I Cuenca Río Verde Grande

Se localiza en la porción nororiental de la RH-12 en lo que corresponde a la zona de los Altos Jalisciense, tiene una superficie aproximada de 12,042.37 km² del área total del estado, que equivale al 15.32% de la superficie estatal. Es la cuenca de mayor tamaño. Colinda al norte con los estados de Zacatecas, Aguascalientes, cuenca San Pablo y otras de la RH-37; al este con el estado de Guanajuato y la cuenca R. Lerma-Salamanca, al sur con la cuenca R. Santiago-Guadalajara, al oeste con las cuencas R. Santiago-Guadalajara y la cuenca del R. Juchipila de la RH 12.

Es drenada por una serie de corrientes pequeñas de carácter perenne, sus principales afluentes son: al este El Agostadero, El Cuarenta, Bernalejo, San Juan de los Lagos, Jalostotitlán, San Miguel y El Valle; hacia el oeste, A. Seco y Los Planes; el más importante por su longitud, es el río Verde. Los principales cuerpos de agua son las presas: La Red, Ajojucar, El Cuarenta, Lagunillas, Valero, La Duquesa y El Jihuite, entre otras. Sus usos principales son para el sector agrícola y en menor proporción potable y pecuario.

Está subdividida en 11 subcuencas de las cuales solo una es de tipo cerrada:

Tabla MF-11. Subcuencas de la Cuenca RH-12I.

Clave	Subcuenca	Tipo	Área (km²)	%	Región
RH-12Ic	R. Verde Grande	abierta	2,198.82	2.80	II, III, XII
RH-12Ib	R. Aguascalientes	abierta	482.42	0.61	II
RH-12If	R. San Miguel	abierta	1,118.81	1.42	III
RH-12Ie	R. Del Valle	abierta	1,048.39	1.33	III
RH-12Id	R. Tepatitlán	abierta	466.43	0.59	III
RH-12Ii	R. Encarnación	abierta	1,912.70	2.43	II
RH-12Ih	R. Grande	abierta	778.78	1.01	II
RH-12Ig	R Lagos	abierta	3,433.81	4.37	II, III
RH-12Im	C. C. Ocampo	cerrada	2.60	0.003	II
RH-12Il	R. Teocaltiche	abierta	515.75	0.66	II
RH-12Ij	R. Chicalote	abierta	83.86	0.11	II

Fuente: INEGI.

RH-12J Cuenca Río Juchipila

Se localiza al norte del estado entre las regiones administrativas del Norte, Altos Norte y Sur y Centro, con una superficie aproximada de 477.62 km² dentro del estado, que equivale al 0.61%. Colinda al norte con Zacatecas, al sur con la cuenca del R. Santiago-Guadalajara, al oeste con la cuenca del R. Santiago-Guadalajara. Todas pertenecen a la RH-12.

Corrientes de tipo intermitentes pequeñas y perennes son las que drenan la cuenca; el río Juchipila es el que sobresale, se origina en el estado de Aguascalientes. El agua superficial se destina preferentemente para usos agrícola y en menor escala pecuario y doméstico.

Se subdivide en cuatro subcuencas:

Tabla MF-12. Subcuencas de la Cuenca RH-12J

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región
RH-12Ja	R. Juchipila-Malpaso	40.34	0.05	I
RH-12Jc	R. Juchipila-Moyahua	406.12	0.52	III, XII
RH-12Jd	R. Mezquital	9.67	0.01	XII
RH-12Je	R. Calvillo	21.52	0.03	II

Fuente: INEGI.

RH-12K Cuenca Río Bolaños

Ubicada en la porción norte del estado en las regiones administrativas Norte y Valles, tiene una superficie aproximada de 5,205.22 km² del área comprendida dentro del estado, que equivale a 6.62%. Colinda al norte y al este con el estado de Zacatecas, al sur con la cuenca R. Santiago-Guadalajara y al oeste con la cuenca R. Huaynamota.

Los principales cuerpos de agua son las presas: Tenasco, Los Pérez y Villa Guerrero. El agua superficial se destina preferentemente para usos agrícola y en menor grado doméstico y pecuario.

Está subdividida en 9 subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-13. Subcuencas de la Cuenca RH-12K.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-12Ke	R. Carbonera	618.49	0.79	I
RH-12Kd	R. Bolaños Bajo	1,056.03	1.34	I, X
RH-12Kc	R. Bolaños Alto	1,437.93	1.83	I
RH-12Kb	R. Valparaíso	425.33	0.54	I
RH-12Kj	R. Tepetongo	155.23	0.20	I
RH-12Ki	R. Jerez	74.15	0.09	I
RH-12Kh	R. Chico	138.12	0.18	I
RH-12Kg	R. Colotlán	791.81	1.01	I
RH-12Kf	R. Tlaltengo	508.15	0.65	I, X

Fuente: INEGI.

RH- 12L Cuenca R. Huaynamota

Localizada al norte del estado, tiene un área de 3,611.60 km², abarcando así el 4.60% del territorio estatal. Colinda con los estados de Zacatecas y Nayarit, hacia la porción noroeste, al este colinda con la cuenca R. Bolaños y al sur con el estado de Nayarit.

Es drenada por una serie de corrientes intermitentes de menor importancia y por perennes como los ríos Camotlán, Gavilanes y Atengo. La corriente principal (Atengo) tiene su origen en el estado de Zacatecas, en donde toma el nombre de Río Verde al ingresar al estado de Jalisco aguas abajo aproximadamente a unos siete kilómetros, confluye con el Gavilanes y a unos dos kilómetros antes del límite del estado de Nayarit, confluye con el Camotlán, hasta verter sus aguas al río Grande de Santiago ya en Nayarit.

Esta subdivida en 5 subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-14. Subcuencas de la Cuenca RH-12L.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-12Lj	R. Jesús Matías	12.63	0.02	I
RH-12Lg	R. Huejuquilla	275.07	0.35	I
RH-12Lf	R. Huichol	1182.47	1.50	I
RH-12Lc	R. Atengo	1959.66	2.49	I
RH-12Lb	R. San Juan	181.76	0.23	I

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 13, Huicicila

La RH-13, de la vertiente del Pacífico está ubicada entre los estados de Jalisco y Nayarit con un área de 1,486.33 km², que representa el 1.89% del territorio estatal. Se encuentra entre los 20°16'54" y los 20°43'05" de latitud norte y los 104°56'34" y los 105°41'08" de longitud oeste. Sus colectores principales son los ríos: Tecomala, Cuale, Pitillal y el Tuito, los cuales desembocan en el Océano Pacífico. Esta región está representada por la cuenca RH-13A R. Cuale-Pitillal, que a su vez está subdivida en tres subcuencas de tipo abiertas.

RH-13A Cuenca Río Cuale-Pitillal

Está localiza al occidente de la entidad en la región administrativa Costa Sierra Occidental, presenta una superficie de 1,486.33 km², que equivale al 1.89% de la superficie estatal. Colinda al norte con el estado de Nayarit, al este con la cuenca Río Ameca-Ixtapa de la RH-14, al sur con la cuenca R. Tomatlán-Tecuán, de la RH -5, y al oeste con el Océano Pacífico.

Es drenada por un conjunto de corrientes de carácter perenne, sus principales afluentes son los ríos: Tecomala, Cuale y Pitillal. Todos estos descargan sus aguas al Océano Pacífico, así como una serie de corrientes pequeñas de carácter intermitente. El drenaje se define como paralelo y dendrítico.

Las subcuencas asociadas se describen en la siguiente tabla.

Tabla MF-15. Subcuencas de la Cuenca RH-13A.

Clave	Subcuenca	Área (km²)	%	Región
RH13Aa	R. Tecomala	756.88	0.96	IX
RH13Ab	R. Cuale	306.04	0.39	IX
RH13Ac	R. Pitillal	423.41	0.54	IX

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 14, Ameca

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Ubicada entre los estados de Nayarit y Jalisco, tiene una extensión territorial de 9,187.03 km^2, que representan 11.69% de la superficie del estado. Se encuentra entre los 20°06' y los 20°00' de latitud norte y 103°30' y 105°20' de longitud oeste.

Sus principales colectores son los ríos: Cocula, Ameca, Salado, Atenguillo, Ahuacatlán, Talpa, Mascota, Ixtapa, San Sebastián y Los Reyes. Esta región está integrada por tres cuencas: P. La Vega-Cocula, R. Ameca-Atenguillo y R. Ameca-Ixtapa. El drenaje se define de paralelo a subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes y perennes, que llegan a desembocar en el Océano Pacífico.

RH-14A Cuenca Presa La Vega-Cocula

Ubicada en la porción central del estado dentro de las regiones administrativas Costa sierra Occidental, Valles y Lagunas, cuenta con una extensión aproximada de 2,183.41 km^2 del área comprendida de la entidad, que equivale a 2.78% de la superficie estatal. Colinda al norte con la cuenca R. Santiago-Guadalajara y la cuenca R. Santiago-Aguamilpa, al este con la cuenca R. Santiago-Guadalajara y la del L. Chapala, todas de la RH-12; al sur con la cuenca R. Armería de la RH-16 y al oeste con la cuenca R. Ameca-Atenguillo de la RH-14.

El drenado se realiza a partir de dos corrientes perennes, siendo los ríos Salado y Cocula sus principales afluentes. El más importante es el río Salado; éste tiene su origen al oeste de la ciudad de Guadalajara, siguiendo una dirección suroeste hasta confluir con la corriente del río Cocula, aguas abajo, descarga al río Ameca. El agua superficial se usa para la agricultura y en menor escala uso doméstico y pecuario.

Esta subdivida en dos subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-16. Subcuencas de la Cuenca RH-14A.

Clave	Subcuenca	Área (km^2)	%	Región
RH14Aa	R. Cocula	1,156.63	1.47	
RH14Ab	R. Salado	1,026.78	1.31	

Fuente: INEGI.

RH-14B Cuenca Río Ameca-Atenguillo

Parte de la cuenca Río Ameca-Atenquillo se ubica en la porción occidental de la entidad en lo que corresponde a las regiones administrativas de la Sierra de Amula, Costa Sierra Occidental y Valles, cuenta con un área aproximada de 3,708.95 km^2, que equivale a 4.72% de la superficie estatal. Colinda al norte con el estado de Nayarit, al este con la cuenca R. Santiago-Aguamilpa de la RH-12 y la cuenca P. La Vega-Cocula de la RH-14, al sur con la cuenca R. Armería de la RH-16 y la cuenca R. San Nicolás-Cuitzmala de la RH-15.

Es drenada por una serie de corrientes de carácter perenne, sus principales afluentes son los ríos: Atenguillo, Ahuacatlán, Jolapa, Pijinto y la principal corriente es Ameca. El río Ameca, es una continuación del Salado, presenta una dirección noroeste; aguas abajo de la localidad Los Cerritos confluyen dos corrientes: Atenguillo y Jolapa y, en los límites con la cuenca R. Ameca-Ixtapa, la corriente Ahuacatlán vierte sus aguas al río Ameca

El agua superficial se destina preferentemente para usos agrícola y en menor escala doméstico y pecuario.

Se subdivide en tres subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-17. Subcuencas de la Cuenca RH-14B.

Clave	Subcuenca	Área (km^2)	%	Región
RH-14Ba	R. Atenguillo	1,847.35	2.35	VII, IX
RH-14Bb	R. Ameca-Pijinto	1,859.45	2.37	IX, X
RH-14Bc	R. Ahuacatlan	2.15	0.003	X

Fuente: INEGI.

RH-14C Cuenca Río Ameca-Ixtapa

Parte de la cuenca Río Ameca-Ixtapa se ubica al occidente de la entidad en lo que corresponde a la región Costa Sierra Occidental, tiene una superficie aproximada de 3,294.66 km^2 y equivale a 4.19% de la superficie estatal. Colinda al norte con el estado de Nayarit, al este con la cuenca R. Ameca-Atenguillo de la RH-14, al sur con la cuenca R. San Nicolás-Cuitzmala y la del R. Tomatlán-Tecuán de la RH-15, al oeste con la cuenca R. Cuale-Pitillal de la RH-13.

Es drenada por varias corrientes de tipo perenne, de las cuales sus principales ríos son: Talpa, Mascota, Ixtapa y Ameca; siendo la última la más importante por su extensión.

Está constituida por tres subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-18. Subcuencas de la Cuenca RH-14C

Clave	Subcuenca	Área (km^2)	%	Región
RH-14Ca	R. Talpa	600.54	0.76	IX
RH-14Cb	R. Mascota	1,518.21	1.93	IX
RH-14Cc	R. Ameca-Ixtapa	1,175.92	1.50	IX

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 15, Costa de Jalisco

Localizada en la vertiente del Pacífico, al suroeste del estado, tiene una extensión de 11,230.20 km^2, que representa 14.29% de la superficie total del estado. Se sitúa entre los 19°08'10"y los 20°28'21"de latitud norte y a los 103°56'34" y los 105°41'08" de longitud oeste. Pertenece a las regiones administrativas del Sur, Costa Sur y Costa Sierra Occidental.

Esta región se integra por tres cuencas: R. Chacala-Purificación, R. San Nicolás-Cuitzmala y R. Tomatlán-Tecuán. Sus principales colectores son los ríos: Chacala, Purificación, San Nicolás, Cuitzmala, Tomatlán y Tecuán.

El drenaje se define como subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes y perennes de las cuales los ríos Tomatlán, San Nicolás, Cuitzmala, Purificación y Chacala, desembocan en el Océano Pacífico, excepto el río Chacala que constituye el límite entre los estados de Jalisco y Colima.

RH-15A Cuenca Río Chacala-Purificación

Ubicada en la región suroeste del estado entre las regiones administrativas del Sur y Costa Sur, tiene un área de 3,552.06 km^2, que equivale al 4.52% de la superficie estatal. Colinda al norte y este con la cuenca R. Armería de la RH 16, al sur con el estado de Colima y el Océano Pacífico y al oeste con la cuenca R. San Nicolás-Cuitzmala de la RH-15.

La cuenca presenta numerosos afluentes intermitentes con cauces bien definidos y perennes; es drenada por los ríos Chacala (Marabasco) y Purificación. El río Marabasco, también conocido como Minatitlán o Cihuatlán, tiene su origen en la sierra de Manantlán, presenta una dirección preferente de sursuroeste hasta desembocar al Océano Pacífico. Sus afluentes principales dentro del estado, por la margen derecha, son los arroyos Chanquehahuil y Las Compuertas así como el río Cuzalapa. El Marabasco sirve de límite político-administrativo entre los estados de Jalisco y Colima. El río Purificación tiene su origen en la sierra de Cacoma, presenta una orientación preferencial de sursuroeste hasta desembocar al Océano Pacífico. Sus afluentes principales son los arroyos: El Carmesí, La Zopilota y Tecomates.

Se subdivide en dos subcuencas principales de tipo abiertas:

Tabla MF-19. Subcuencas de la Cuenca RH-15A.

Clave	Subcuenca	Área (km^2)	%	Región
RH-15Ab	R. Chacala	1,343.62	1.71	
RH-15Ac	R. Purificación	2,208.44	2.81	

Fuente: INEGI.

RH-15B Cuenca Río San Nicolás-Cuitzmala

Ubicada en las regiones administrativas del Centro, Costa Sur y Costa Sierra Occidental, abarca un área aproximada de 3,899.35 km^2, que equivale a 4.52% de la superficie estatal. Colinda al norte con la cuenca R. Tomatlán-Tecuán de la RH-13, la cuenca R. Ameca-Ixtapa y la cuenca R. Ameca-Atenguillo de la RH-14, al este con la cuenca R. Chacala-Purificación, al sur con la cuenca R. Chacala-Purificación de la RH-15 y el Océano Pacífico y al oeste con la cuenca R. Tomatlán-Tecuán de la RH-15.

Es drenada por numerosos afluentes intermitentes con cauces bien definidos, así como por perennes; los afluentes principales son los ríos San Nicolás y Cuitzmala. El R. San Nicolás tiene su origen en la sierra Cacoma, que sirve de parteaguas entre las regiones hidrológicas 14 y 15. Presenta dirección preferente suroeste hasta desembocar al Océano Pacífico. El segundo río de importancia es Cuitzmala, nace en la misma sierra y muestra orientación preferente al suroeste hasta desembocar en el Océano Pacífico.

Está subdivida en dos subcuencas de tipo abierta:

Tabla MF-20. Subcuencas de la Cuenca RH-15B.

Clave	Subcuenca	Área (km^2)	%	Región
RH-15Ba	R. Cuitzmala	1,119.70	1.42	
RH-15Bb	R. San Nicolás	2,779.65	3.53	

Fuente: INEGI.

RH-15C Cuenca Río Tomatlán-Tecuán

Ubicada en la región suroeste del estado, pertenece a la vertiente del Pacífico, abarca un área aproximada de 3,778.79 km^2, que equivale a 4.81% de la superficie estatal. Colinda al norte con la cuenca R. Cuale-Pitillal de la RH-13 y la cuenca R. Ameca-Ixtapa de la RH-14, al este con la cuenca R. San Nicolás-Cuitzmala de la RH-15 y al sur y oeste con el Océano Pacífico.

La cuenca es drenada por numerosos afluentes intermitentes, así como por corrientes perennes de las que sobresalen los ríos: María García, Tomatlán, Los Prietos y Tecuán. El río Tomatlán tiene su origen en la Sierra de Cacoma, presenta una dirección preferencial sursuroeste hasta desembocar al Océano Pacífico.
Esta subdivida en tres subcuencas:

Tabla MF-21. Subcuencas de la Cuenca RH-15C.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-15Ca	R. Tomatlán	2,354.13	3.00	VIII, IX
RH-15Cb	R. Mismaloya	785.40	1.00	VIII, IX
RH-15Cc	R. Tecuán	639.26	0.81	IX

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 16, Armería-Coahuayana

Localizada al sur del estado, forma parte de la vertiente del Pacífico, abarca un área aproximada de 12,443.76 km^2, que representa 15.83% de su superficie. Se encuentra entre los 18°56'43" y los 20°28'21" de latitud norte y a los 102°56' y los 104°36'34" de longitud oeste. Sus principales colectores son los ríos Coahuayana, Ayuquila-Armería, Ahuijullo, Tuxpan y Tuxcacuesco, situados dentro del estado de Jalisco.

La región hidrológica está integrada por dos cuencas: R. Coahuayana y R. Armería parcialmente, ya que éstas abarcan parte de los estados de Colima y Michoacán. El drenaje se define como subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes y perennes, llegan a desembocar al Océano Pacífico.

RH-16A Cuenca Río Coahuyana

Ubicada en las regiones Sur y Sureste del estado, en los límites de Colima y Michoacán, abarca un área aproximada de 4,480.23 km^2, que equivale al 5.70% de la superficie jalisciense. Colinda al norte

con la cuenca L. Chapala de la RH-12, al este con la cuenca R. Tepalcatepec de la RH-18, al sur con Michoacán y al oeste con Colima.

Es drenada por tres corrientes perennes que son los ríos: Coahuayana, Ahuijullo y Tuxpan. El río Tuxpan es el colector principal, se origina por la unión de varios arroyos en la Sierra del Tigre; su curso es suroeste-sur hasta desembocar en el Océano Pacífico; también recibe el nombre de Tamazula, en el límite del estado de Jalisco y Colima recibe el nombre de El Naranjo; casi al final, entre su confluencia con el Salado hasta su desembocadura, recibe el nombre de Coahuayana. Sus afluentes son, por la margen derecha los ríos: Piedras Negras, Atenquique y Barranca del Muerto y por la margen izquierda, Ahuijullo y Santa Rosa.

Está divida en tres subcuencas de tipo abiertas:

Tabla MF-22. Subcuencas de la Cuenca RH-16A.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-16Aa	R. Ahuijullo	1,085.68	1.38	VI
RH-16Ab	R. Tuxpan	2,440.61	3.11	V, VI
RH-16Ac	R. Coahuayana	953.93	1.21	VI

Fuente: INEGI.

RH-16B Cuenca Río Armería

La cuenca Río Armería abarca parte del suroeste de la entidad, cuenta con una extensión aproximada dentro del estado de 7,963.53 km^2, que equivale al 10.13% de la superficie jalisciense. Colinda al norte con las cuencas P. La Vega-Cocula y R. Ameca-Atenguillo de la RH-14, al este con las cuencas L. Chapala de la RH-12 y R. Coahuayana de la RH-16, al sur con el estado de Colima y la cuenca R. Chacala-Purificación de la RH-15, al oeste con las cuencas R. Chacala-Purificación y R. San Nicolás-Cuitzmala, ambas de la RH-15 y R. Ameca-Atenguillo de la RH-12.

La cuenca es drenada por una serie de corrientes pequeñas y perennes como son los ríos: Armería, Tuxcacuesco y Ayuquila. La corriente principal dentro de esta cuenca es Armería, originado en las sierras de Cacoma y Quila y por la unión de tres ríos Ayuquila, Tuxcacuesco y Jiquilpan, con dirección al sureste hasta desembocar en el Océano Pacífico. Sus afluentes son, por la margen derecha, los ríos Atengo y San Antonio y por la margen izquierda, Perrería y Tapalpa. Está dividida en tres subcuencas, descritas a continuación:

Tabla MF-23. Subcuencas de la Cuenca RH-16B.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-16Ba	R. Armería	746.49	0.95	VI
RH-16Bb	R. Tuxcacuesco	3,570.94	4.54	VI, VIII, XI
RH-16Bc	R. Ayuquila	3,646.10	4.64	VI, VII, IX

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 18, Balsas

Abarca parte del sur y sureste del estado, perteneciente a la vertiente del Pacífico, tiene una extensión aproximada de 3,834.99 km^2, que representa 4.88% de la superficie del estado; se encuentra entre los 18°58'54" y los 20°02'10" de latitud norte y a los 102°32'00" y los 103°16'34" de longitud oeste.

Su principal colector es el río Quitupán, así como las corrientes Milpillas, La Higuerita, Jilotlán y Los Otates, dentro del estado de Jalisco. Está integrada por 10 cuencas, sin embargo, solo la Cuenca del Río Tepalcatepec queda dentro del estado, misma que a su vez está dividida en 6 subcuencas. El drenaje se define como subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes y perennes, hasta verter sus aguas a la presa Infiernillo, ya en el estado de Michoacán.

RH-18J Cuenca Río Tepalcatepec

Ubicada en la porción sureste del estado, cubre un área aproximada de 3,834.99 km^2, que equivale a 4.88% de la superficie estatal. Colinda al norte, al este y sur con el estado de Michoacán y al oeste con la cuenca R. Coahuayana de la RH-16.

Es drenada por la corriente Quitupán a la que se le unen varios ríos que, al llegar al límite con el estado de Michoacán, cambia de nombre al de Tepalcatepec (río Grande); presenta una dirección SE-SSE hasta confluir con la presa Infiernillo en el estado de Michoacán. Sus afluentes son, por la margen derecha los ríos Milpillas, La Higuerita, Jilotlán y Otates, y por la margen izquierda El Agostadero y El Jagüey. Está divida en 6 subcuencas de tipo abierto:

Tabla MF-24. Subcuencas de la Cuenca RH-18J.

Clave	Subcuenca	Área	%	Región
RH-18Ja	R Bajo Tepalcatepec	188.20	0.24	VI
RH-18Jb	R Alto Tepalcatepec	769.27	0.98	V, VI
RH-18Jd	A Tepalcatepec	659.74	0.84	VI
RH-18Jc	R San Jerónimo	1,059.61	1.35	VI
RH-18Jf	R Itzícuaro	461.23	0.59	V, VI
RH-18Jg	R Quitupan	696.94	0.89	V

Fuente: INEGI.

Región Hidrológica 37, El Salado

Ubicada en el noreste del estado, en los límites con el estado de Zacatecas, abarca un área de 316.11 km^2, que representa 0.40% de la superficie del estado. Se encuentra entre los 21°48'32" y los 22°00'32" de latitud norte y a los 101°30'17" y los 101°50'17" de longitud oeste.

La región hidrológica está integrada por ocho cuencas, sin embargo, solo una pertenece al estado. El drenaje se define como subparalelo y dendrítico, conformado por corrientes intermitentes.

RH-37F Cuenca San Pablo y Otras

La cuenca está ubicada al noreste de Jalisco en la región de los Altos Norte, entre los estados de Jalisco y Zacatecas; tiene una superficie de 316.11 km^2, que equivale al 0.40% del territorio estatal.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Colinda al norte con el estado de Zacatecas y al este, sur y oeste con la cuenca R. Verde Grande de la RH-12. Solamente tiene una subcuenca denominada Presa San Pablo.

Es drenada por una serie de corrientes pequeñas intermitentes, que, durante el periodo de lluvias, proporciona sus volúmenes de agua a las presas: Juan Vaqueros, ubicada en el municipio de Lagos de Moreno; Guadalupe Matancillas y Guadalupe Vaquerías, localizadas en el municipio de Ojuelos.

Ríos principales y clasificación de causes

La red de drenaje natural del estado es muy amplia y densa, dentro de la cual destacan varios cauces principales debido a su gran tamaño, extensión y al volumen de agua que pueden llegar a transportar.

Los cauces principales son de carácter perenne, algunos de recorrido corto, pendientes fuertes debido a lo escarpado del relieve y desembocan al Océano, mientras que los que provienen de la porción central y norte del estado son de mayor longitud y pendiente moderada, propiciando un escurrimiento de mayor duración.

De acuerdo con información proporcionada por el IIEG y la Comisión Estatal del Agua Jalisco se consideran 32 ríos perennes principales como se observa en el Mapa MF-06b distribuidos en todo el territorio estatal. A continuación, se mencionan por región administrativa a la que pertenecen, así como el escurrimiento medio anual (gasto medio anual (m^3/seg), para las que se dispone) proporcionado por la Subdirección General Técnica Catálogo de Cuencas de la CONAGUA.

En la Región Norte se consideran 7 ríos principales:

1. Chapalagana (103 m^3/seg)
2. Camotlán
3. Mezquitic
4. Bolaños (32.48 m^3/seg)
5. Colotlán
6. Jerez
7. Cartagena

En las Regiones de los Altos Norte y Sur se encuentran 2 ríos principales:

8. Río Verde (29.86 m^3/seg)
9. San Juan de los Lagos

La Región Ciénega cubre dos ríos principales, así como parte del Río Grande de Santiago:

10. Lerma (155 m^3/seg)
11. Zula (5.73 m^3/seg)

La Región Centro por su parte abarca parte de los siguientes ríos:

12. Río Grande de Santiago (178.8 m^3/seg hasta Jal.)
13. Juchipila (13.43 m^3/seg)

Las Regiones de Valles y Costa-Sierra Occidental abarcan cuatro ríos principales:

14. Ameca (80 m^3/seg)
15. Atenguillo
16. Mascota
17. El Tuito (5.4 m^3/seg)

La Región Costa Sur por su parte cuenta con 5 ríos principales:

18. Tomatlán (46.9 m^3/seg)
19. San Nicolás (51.3 m^3/seg)
20. Cuitzmala (9.9 m^3/seg)
21. Purificación (29.5 m^3/seg)
22. Marabasco (39.9 m^3/seg)

La Región Sierra de Amula abarca parte del Río Jiquilpan y otros dos ríos en su totalidad:

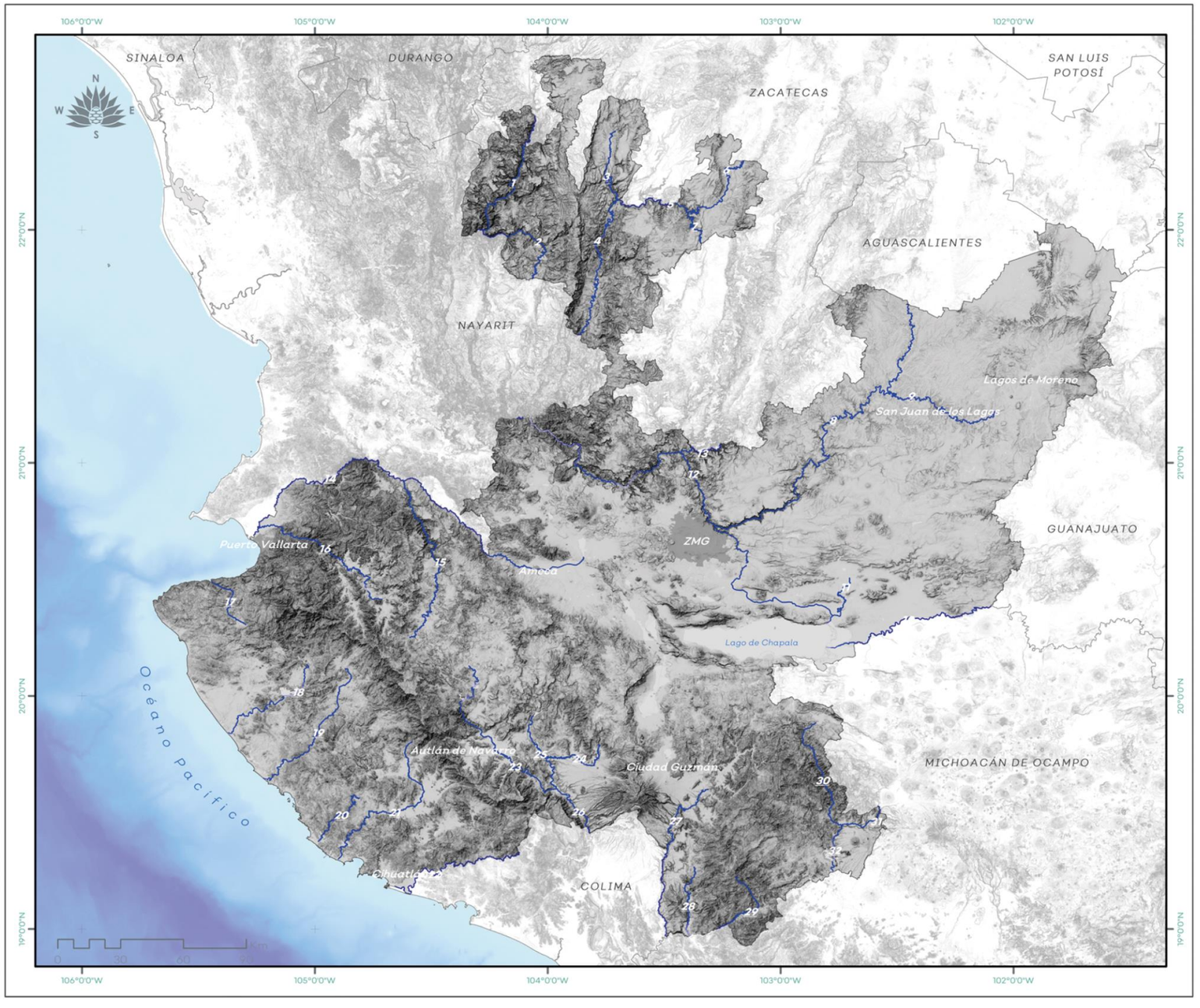
23. Ayutla-Ayuquila
24. Jiquilpan
25. Tuxcacuesco

La Región Sur abarca parte de los Ríos Jiquilpan y Grande, así como los siguientes 4 ríos en su totalidad:

26. Armería (58.60 m^3/seg)
27. Coahuayana (60.1 m^3/seg)
28. Barreras-Pihuamo
29. Ahuijullo

La Región Sureste abarca los siguientes ríos:

30. Quitupán-Huertas-Catáquio
31. Itzícuaro
32. Río Grande (parcialmente)



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hidrología
MF-06b

Ríos principales

1. Chapalagana
2. Camotlán
3. Mezquitic
4. Bolaños
5. Colotlán
6. Jerez
7. Cartagena
8. Río Verde
9. San Juan de los Lagos
10. Lerma
11. Zula
12. Río Grande de Santiago
13. Juchipila
14. Ameca
15. Atenguillo
16. Mascota
17. El Tuito
18. Tomatlán
19. San Nicolás
20. Cuitzmala
21. Purificación
22. Marabasco
23. Ayutla-Ayuquila
24. Jiquilpan
25. Tuxcacuesco
26. Armería
27. Coahuayana
28. Barreras-Pihuamo
29. Ahuijullo
30. Quitupan-Huertas-Catáquio
31. Itzicuaro
32. Río Grande

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



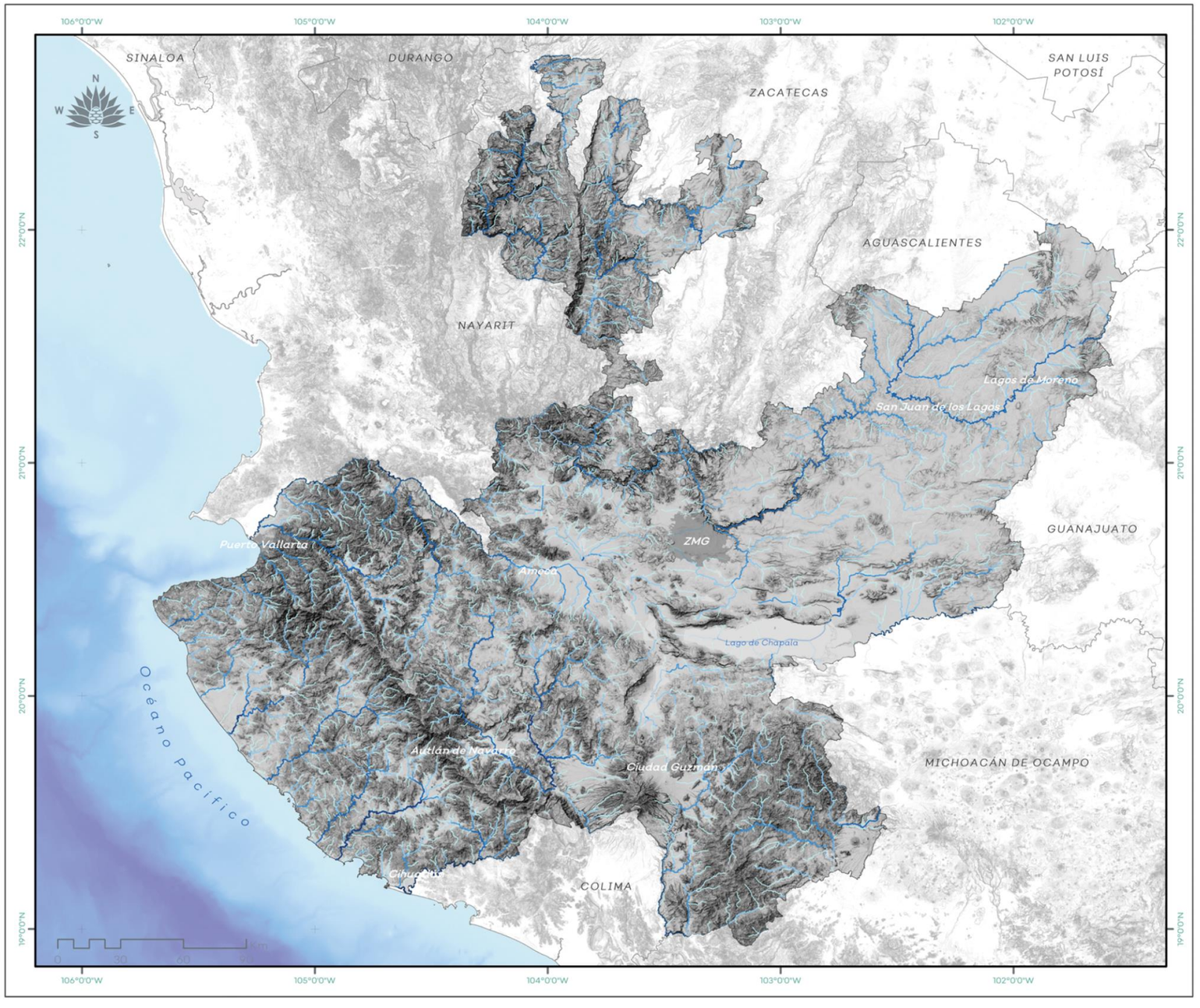
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Red Hidrográfica. Edición 2.0 Escala 1:50,000. 2010. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hidrología
MF-06c

Clasificación de cauces por orden

- 4
- 5
- 6
- 7
- 8

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Red Hidrográfica. Edición 2.0 Escala 1:50,000. 2010.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

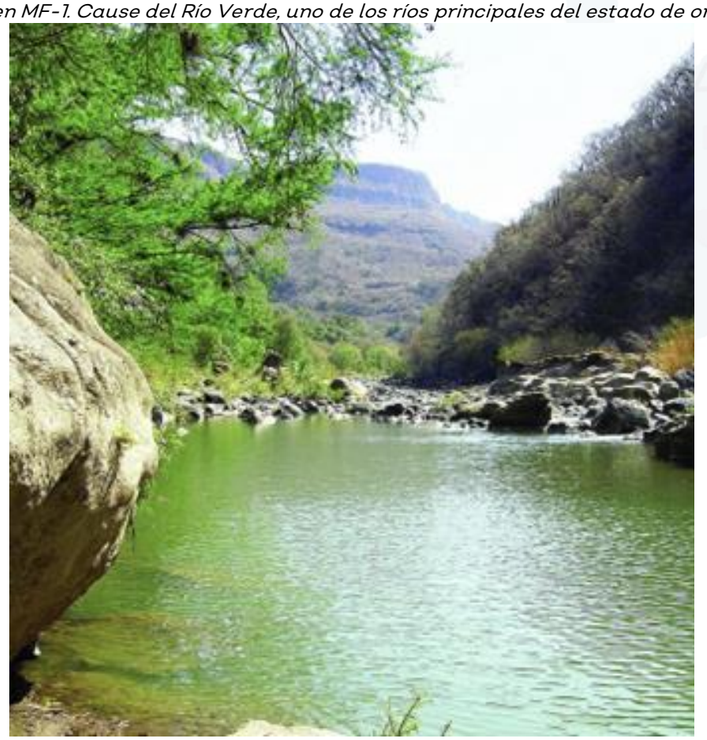
Junio 2024

Clasificación de cauces por orden jerárquico:

De acuerdo con la Red Hidrográfica de INEGI edición 2.0 por cuenca Escala 1:50 000 Edición 2010 se determinó que el estado cuenta con una morfología fluvial configurada topológicamente a partir de una red de flujo que va desde un orden 1 hasta un orden 8. La cantidad de cauces de menor orden es mayor, ya que el orden se maneja a partir de un sistema jerárquico basado en la relación de canales tributarios como se observa en el siguiente mapa, cabe mencionar que solo se pueden observar los órdenes mayores a 4, ya que a esta escala la red hidrográfica de bajo orden es muy densa (Mapa MF-06c).

Se hace mención del orden de los principales ríos que se tienen en el estado. De orden 7 se cuenta con parte de los siguientes ríos: Ameca, Atenguillo, Ayutla-Ayuquilla, Bolaños, Camotlán, Chapalagana, Colotlán, Coahuayana, Cuitzmala, Itzicuaro, Jerez, Jiquilpan, Lerma, Mascota, Mezquitic, Purificación, Río Grande, Río Grande de Santiago, Río Verde, San Juan de los Lagos, San Nicolas, Tomatlán, Zula. La distribución de ellos está asociada a la red de drenaje de la Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico. De orden 8, el estado cuenta con parte de los ríos Ameca, Marabasco, Purificación, Tomatlán y Tuxcacuesco; ubicados al occidente del estado y generalmente son la parte final del cauce.

Imagen MF-1. Cause del Río Verde, uno de los ríos principales del estado de orden 8



Fuente: Gobierno de Tepatitlán de Morelos.

Hidrología subterránea

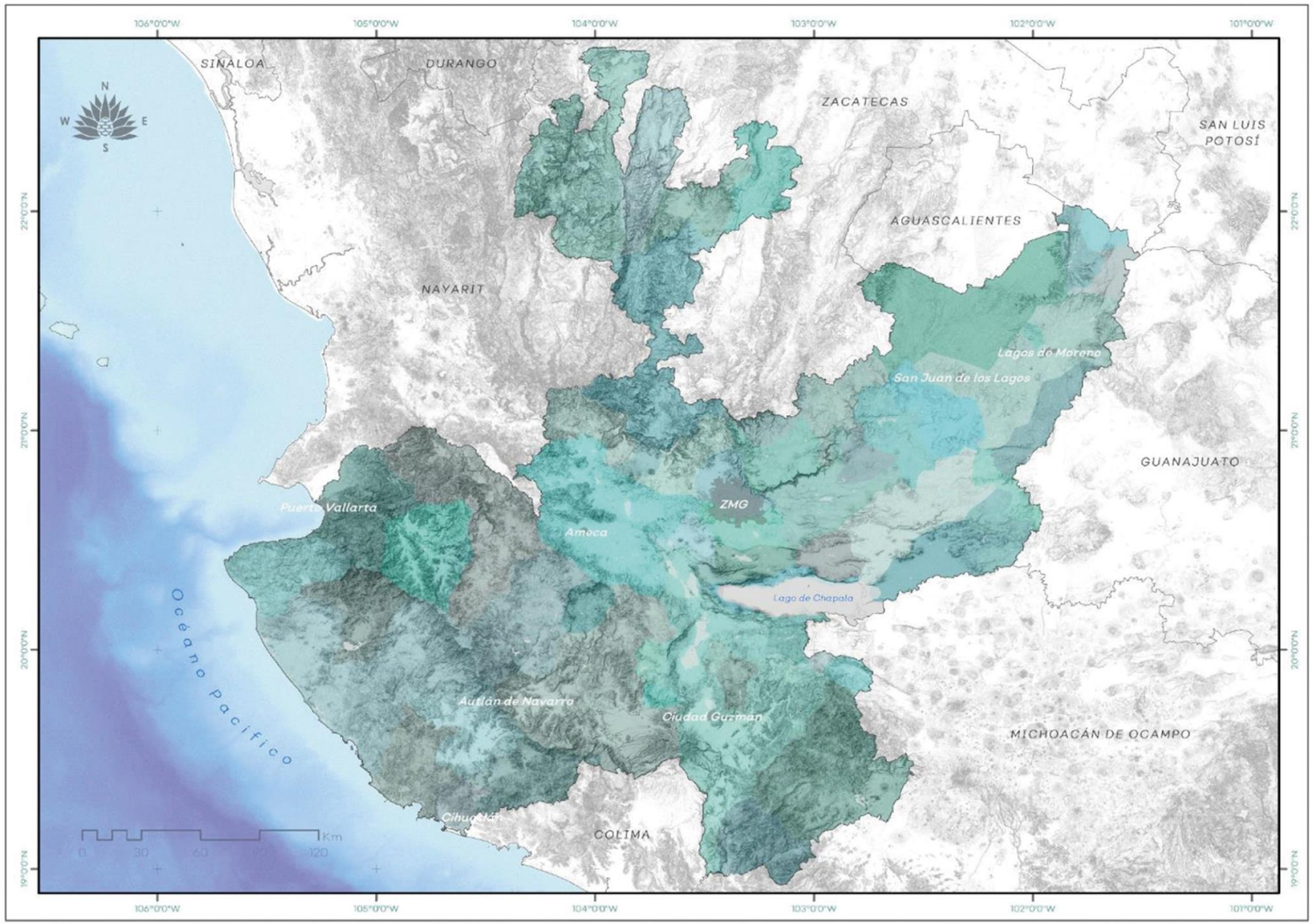
De acuerdo con información proporcionada por la Subdirección General Técnica, Gerencia de Aguas Subterráneas de la CANGUA referente a la Disponibilidad por acuífero, el estado de Jalisco está constituido por 59 acuíferos principales distribuidos en todo el territorio estatal como se observa en el Mapa MF-06d.

En este apartado se describen las características principales de cada acuífero, incluye: la Disponibilidad Media Anual de agua subterránea (DMA*/**), Descarga Natural Comprometida (DNC***), Recarga Media Anual (R****) y el Volumen de Extracción de aguas subterráneas (VEAS*****) todas dadas en hm3/año; así como, la dirección de flujo (F), ubicación geográfica, acuíferos colindantes, cobertura espacial, tipo de acuífero, litología encajonante y la geoquímica de sus aguas. La clave que se utilizó para el manejo de acuíferos fue la del Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas de la CONAGUA.

Imagen MF-2. Barranca de Huentitán y el cauce del Río Grande de Santiago



Fuente: Periódico Milenio, 2022



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Hidrografía
MF-06d

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
CONAGUA. Límites de los Acuíferos de la República Mexicana. 2021.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Acuíferos

1401 Atemajac	1408 La Barca	1415 Jalostitlán	1422 Encarnación	1429 Tizapán	1436 Arenal	1443 Maravilla	1450 San Isidro	1457 Colotlán
1402 Toluquilla	1409 Ameca	1416 Valle de Guadalupe	1423 Primo Verdad	1430 La Huerta	1437 Tequila	1444 San Diego de Alejandría	1451 Huejotitlán	1458 Mixtlán
1403 Cajititlán	1410 Lagos de Morono	1417 Autlán	1424 Tomatlán	1431 Cuautitlán	1438 Colomos	1445 San José de las Pilas	1452 Unión de Guadalupe	1459 Jesús María
1404 Poncitlán	1411 El Muerto	1418 Unión de Tula	1425 Vista del Mar	1432 Miguel Hidalgo	1439 Quitupán	1446 Cuquío	1453 Los Puentes	
1405 Ocotlán	1412 20 de Noviembre	1419 Tecolotlán	1426 Santa María	1433 Cihuatlán	1440 Valle de Juárez	1447 Yahualica	1454 Villa Guerrero	
1406 Ciudad Guzmán	1413 Altos de Jalisco	1420 Jiquilpan	1427 Puerto Vallarta	1434 Norte de Jalisco	1441 Barreras	1448 Ojuelos	1455 Mezquitic	
1407 Aguacate	1414 Tepetitlán	1421 Tapalpa	1428 Chapala	1435 Amatitlán	1442 Mascota	1449 Lagunas	1456 San Martín de Bolaños	

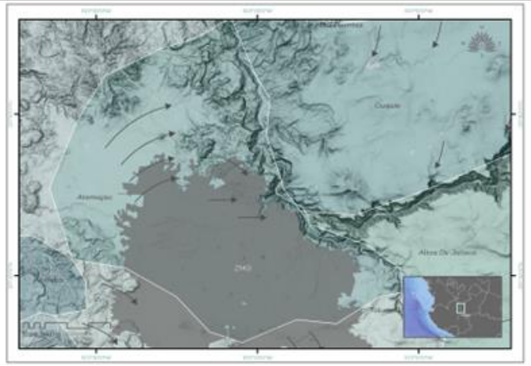
1401 Atemajac

Se localiza en la porción central del estado de Jalisco entre los paralelos 20°35' y 20°56' y los meridianos 103°10' y 103°35'. Limita al norte con el acuífero de Arenal y Cuquío, al oriente con Altos de Jalisco, al sur con Ameca y Toluquilla. Tiene una extensión superficial aproximada de 733 km2 (0.96%) dentro de la región administrativa Centro, abarcando en su totalidad al municipio de Guadalajara, entre otros parcialmente.

Está ubicado dentro de la fracción occidental del Eje Neovolcánico. El clima presente en la zona es de tipo Templado-subhúmedo, con una temperatura media anual superior a los 180 C, precipitación media anual de 989.3 mm y una evaporación promedio de 800 mm.

Pertenece a la RH-12 Lerma-Santiago, Subregión Alto Santiago, Cuenca del mismo Río Grande de Santiago y a la subcuenca conocida como sistema Río Blanco- Antiguo Río San Juan de Dios. Los depósitos residuales que rellenan el valle y las tobas de la unidad Jalisco, propician su permeabilidad, extensión y espesor, formando el acuífero más importante de la región.

El tipo de acuífero está distribuido en dos tipos: granular el primero, formado por alternancias de arenas pumíticas con intercalaciones de derrames lávicos de composición basáltica este tiene un espesor de 4 a 300 m. Por debajo existe otro en fracturas de menor potencial formado por basaltos y andesitas con cierto grado de fracturación y alteración, considerado semiconfinado, siempre y cuando aparezca la capa de arcillas separando ambas unidades.



DMA* / ** :	-12.038310 hm^3/año
DNC*** :	25.7 hm^{3}anuales
R**** :	147.3 hm^3/año
VEAS***** :	133.638310 hm^{3}anuales
F	Noreste

El flujo subterráneo en el valle de Guadalajara sigue las direcciones este y noreste, con un gradiente hidráulico uniforme, mientras que en el Valle de Tesistán es hacia el noreste con dirección al río Santiago, dren superficial de toda la zona.

Desde un punto de vista hidrogeoquímico el agua se considera de la familia Sódica-Bicarbonatada ($NaHCO_3$).

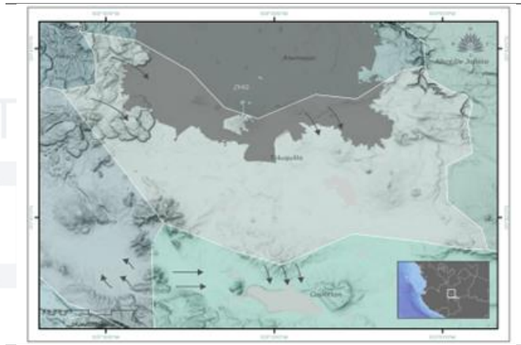
1402 Toluquilla

Se ubica en la porción centro del estado de Jalisco, entre las coordenadas 20° 28' y 20° 42' de latitud norte y entre los meridianos 103° 07' y 103° 34' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 632 km^2 (0.82%).

Acuífero tipo libre heterogéneo y anisótropo, con presencia de condiciones locales de semiconfinamiento debido a la intercalación de lentes de sedimentos arcillosos. Está constituido en su porción superior por sedimentos aluviales y vulcanoclásticos (Toba), en tanto que la porción inferior se aloja en rocas volcánicas fracturadas, que en conjunto presentan un espesor de 400 m.

La dirección preferencial del flujo subterráneo es noroeste-sureste, desde el Complejo Volcánico La Primavera hacia el este y sur (Potrero San Juan, Rancho Villa Hermosa), con tendencia natural hacia el acuífero vecino Cajititlán, con alimentaciones laterales provenientes de los flancos norte y sur.

En el valle de Toluquilla las aguas subterráneas que sobreyacen al medio fracturado se clasifican como bicarbonatada-sódica ($NaHCO_3$).



DMA* / ** :	-75.653523 hm^3/año
DNC*** :	2.4 hm^{3}anuales
R**** :	49.1 hm^3/año
VEAS*****:	122.353523 hm^{3}anuales
F	NW-SE

1403 Cajititlán

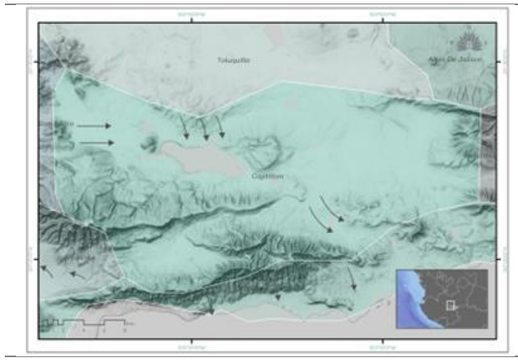
Localizado en la porción centro del estado de Jalisco, a 25 km aproximadamente de la ciudad de Guadalajara, entre los paralelos 20° 20' y 20° 29' de latitud norte y los meridianos 103° 32' y 103°10' de longitud oeste. Tiene una extensión superficial aproximada de 566 km^2 (0.74%).

El tipo de acuífero está dado en función de la geología y el comportamiento hidrodinámico, por lo cual define de los 0 a 50 m un acuitardo conformado por arcillas y limos depositados en un medio acuoso. De los 50 a 160 m se encuentra un acuífero libre superior debido a las arcillas interestratificadas con arenas poco consolidadas y otro inferior de los 160 a 200 m en partes confinado o semiconfinado por la alternancia de horizontes arcillosos y derrames lávicos fracturados.

La dirección de flujo para este acuífero varía conforme la altura; en la parte de la Laguna de Cajititlán se tiene una dirección norte-sur, mientras que al occidente en el poblado de Tlajomulco de

Zúñiga se tiene una dirección este-oeste, al este el flujo es con dirección noreste y es donde mayor flujo se tiene.

En la mayor parte del acuífero el agua subterránea se clasifica como Cálcico-Bicarbonatada ($CaHCO_3$) y Magnésico-Bicarbonatada ($MgHCO_3$) ya que proviene de las zonas de recarga ubicadas en las sierras circundantes, las cuales están constituidas por rocas basálticas y andesíticas.



DMA* / **:	-16.217850 hm³/año
DNC***:	0.5 hm³anuales
R**** :	47.6 hm³/año
VEAS*****:	63.317850 hm³anuales
F	Noreste

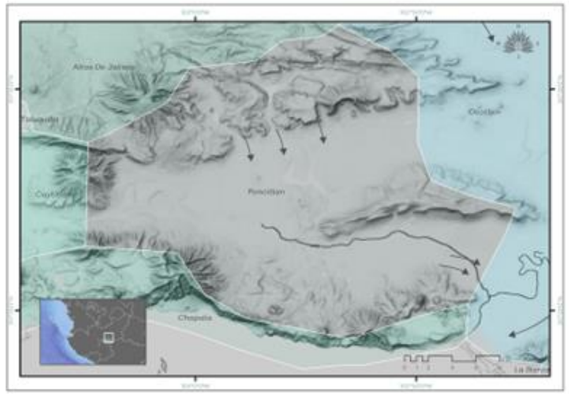
1404 Poncitlán

Se localiza en la porción central del Estado de Jalisco, entre los paralelos 20°18'36" y 20°33'00" de latitud norte y los meridianos 103°04'48" y 102°45'00" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Abarcando una superficie de 554.63 km² (0.72%). Incluye parcialmente los municipios de Ocotlán, Poncitlán, Zapotlán del Rey y Zapotlanejo.

Originado por fallamientos normales que produjeron fosas rellenas posteriormente. El Norte y Sur de la unidad queda limitada por derrames de basalto impermeable, al Este se encuentra abierto al flujo a través de sedimentos lacustres estableciendo comunicación con la Ciénega de Chapala. El acuífero Ocotlán, finalmente por el Noreste se define una salida de flujo subterráneo al acuífero Cajititlán, en la parte superior a través de sedimentos lacustres y arenas y hacia la parte inferior a través de basaltos alterados. Mientras por el Oeste se define un estrechamiento donde se ubica la Presa Corona.

Las principales entradas al acuífero provienen de las partes altas al norte, mientras que hacia la porción sureste existe una pequeña salida hacia el acuífero de Ocotlán.

El tipo de agua es variado, en la zona de Zapotlán y Poncitlán predomina el tipo bicarbonatado sódico, mientras que, en la zona de Zapotlán del Rey se presentan cambio hidrogeoquímico en función con la dirección del flujo subterráneo, así el agua subterránea va de HCO3-Mg a HCO3MgCa.



DMA* / **:	-1.697415 hm³/año
DNC*** :	4.4 hm³anuales
R**** :	33.8 hm³/año
VEAS*****:	31.097415 hm³anuales
F	N-SE

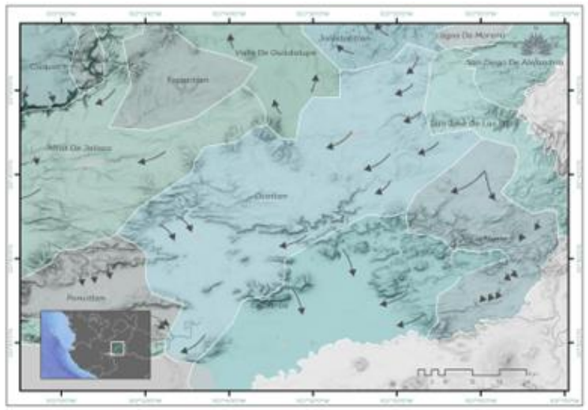
1405 Ocotlán

Se localiza en la porción oriental del Estado de Jalisco, entre los paralelos 20°18' y 20°55' de latitud norte y los meridianos 102°09' y 102°53' de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 2,080 km² (2.71%).

Acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, constituido, en su porción superior, por sedimentos aluviales, fluviales y residuales, de granulometría variada, que presentan buena permeabilidad, pero espesor reducido. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas volcánicas basálticas y riolíticas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento. En algunas regiones, especialmente en la porción baja de la cuenca, hacia el Lago de Chapala, la presencia de sedimentos limo-arcillosos, limolitas y areniscas, pueden ocasionar condiciones locales de semiconfinamiento.

La dirección preferencial del flujo subterráneo de noreste a suroeste.

La composición del agua varía en las porciones noreste y centro del acuífero predomina la familia cálcica-bicarbonatada, y al suroeste, en menor proporción, domina la familia sódica-bicarbonatada; ambas representan agua de reciente infiltración, que han circulado a través de rocas volcánicas ricas en feldespatos.



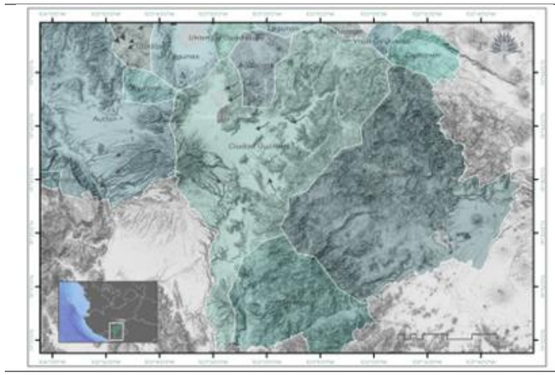
DMA* / **:	-14.019180 hm³/año
DNC*** :	8.3 hm³anuales
R**** :	85.6 hm³/año
VEAS*****:	91.319180 hm³anuales
F	NE-SW

1406 Ciudad Guzmán

Localizado en la porción sur del estado de Jalisco, abarca una superficie de 4,308 km² (4.53%), de la cual 1749 km² corresponden con el área de la Subcuenca y 1230 km² con el área de explotación. Al norte limita con los acuíferos Quitupan, Valle de Juárez, Tizapán, Aguacate, Unión de Guadalupe, Lagunas y Jiquilpan; al Sur con los estados de Colima y Michoacán; al Este con los acuíferos Colomos y Barreras y l Oeste con el acuífero Autlán. Geográficamente, el acuífero se localiza entre los paralelos 18° 54' 33" y 20° 50' 13" de latitud norte y entre los meridianos 102° 50' 13" y 103° 43' 24" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich.

Debido a que se sitúa sobre unidades litológicas constituidas por materiales aluviales y areniscas asociadas con conglomerados, provenientes de la erosión e intemperismo de rocas volcánicas preexistentes, el acuífero es de tipo libre alojado en un medio granular, constituido por brechas volcánicas y materiales aluviales.

El flujo subterráneo tiene una dirección que va de las partes altas a las bajas en dirección a la zona de recarga que se ubican en el Valle de Zapotiltic, Tecalitlán y Tuxpan, así como en la Laguna de Zapotlán localizada en el Valle de Ciudad Guzmán que se encuentran en la zona.



DMA* / **:	-26.288970 hm³/año
DNC*** :	16.0 hm³anuales
R**** :	266.1 hm³/año
VEAS*****:	276.388970 hm³anuales

1407 Aguacate

Se localiza en la porción sureste del estado de Jalisco, y abarca un área de 347.6 km² (0.45%). En la región, el clima es principalmente templado subhúmedo y se registra una precipitación media anual de 900 mm. Colinda con los acuíferos de Unión de Guadalupe y Lagunas al norte, al occidente, sur y este con el acuífero Ciudad Guzmán.

Queda comprendido dentro de la Sierra Madre Occidental, representado por rocas ígneas extrusivas, así como rocas sedimentarias (calizas) de origen continental al sureste y oeste de acuífero



DMA* / **:	-1.450600 hm³/año
DNC***:	0.0 hm³anuales
R**** :	16.1 hm³/año
VEAS*****:	17.550600 hm³anuales

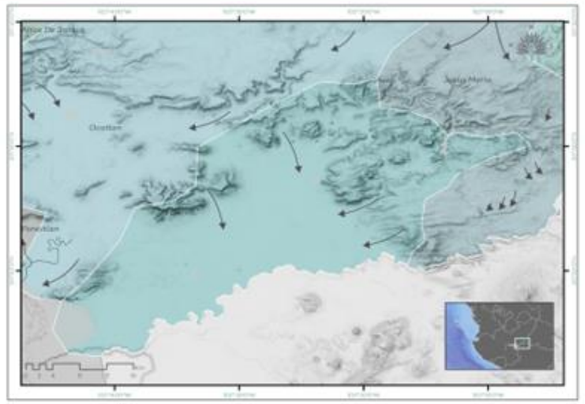
1408 La Barca

Localizado en la porción centro-suroriental del estado de Jalisco, tiene una extensión de 1,162 km². Colinda con los acuíferos de Ocotlán al norte y Jesús María al este.

El acuífero de La Barca está formado por depósitos de relleno, con permeabilidad variada, que ha sido subdividido en dos unidades: la primera, constituida por gravas, arenas, arcillas y limos

intercalados con tobas, con porosidad y permeabilidad de media a alta, misma que funciona en superficie como zona de recarga, y en el subsuelo, como acuífero semiconfinado de buena potencialidad. Su espesor es reducido, y es la unidad donde se está explotando el agua con obras someras, aunque una parte es por medio de pozos profundos. Hacia las porciones norte y central de la zona se encuentra la segunda unidad, conformada por basaltos fracturados y afallados, con permeabilidad media a alta, según el grado de fracturamiento que presenta; hidrogeológica mente, actúa como zona de recarga en superficie y como acuífero con potencialidad media, en el subsuelo.

El agua subterránea se mueve del noreste al suroeste, de las partes altas a las bajas del valle, hasta llegar al río Lerma



DMA* / **:	-39.623664 hm³/año
DNC*** :	2.8 hm³anuales
R**** :	67.0 hm³/año
VEAS*****:	103.823664 hm³anuales
F	NE-SW

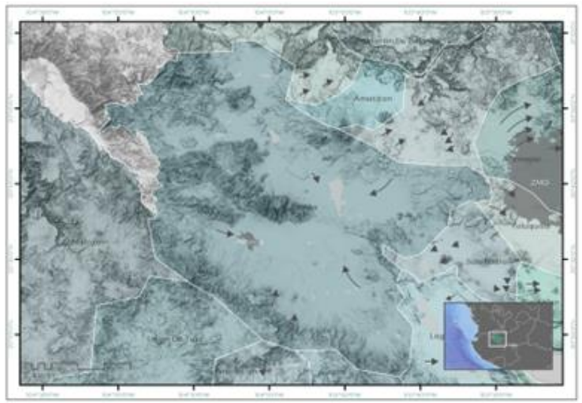
1409 Ameca

Localizado en la porción media del estado de Jalisco, en la parte más alta de la cuenca del río Ameca, se presenta una serie de planicies rodeadas de grandes cuerpos volcánicos, como el volcán de Tequila al norte, la sierra La Primavera al oriente, la sierra de Quila al sur y el cerro Grande de Ameca en el centro y poniente. Abarca un área aproximada de 3,741 km² (4.87%) del territorio estatal.

El desarrollo del acuífero es sobre material de relleno en depresiones formadas entre las rocas volcánicas principales.

En general el agua subterránea sigue las direcciones y sentidos de las principales corrientes superficiales, especialmente las de los ríos Salado y Ameca junto con sus afluentes principales.

Las zonas de recarga se asocian a los grandes rasgos geomorfológicos del paisaje, por ejemplo, la sierra La Primavera al oriente, el volcán de Tequila al norte, el cerro Grande de Ameca al centro y la sierra de Quila al sur. La recarga ocurre tanto en las partes altas donde afloran las rocas permeables y/o fracturadas, como en las zonas de pie de monte, donde los materiales sedimentarios de grano grueso facilitan la infiltración.

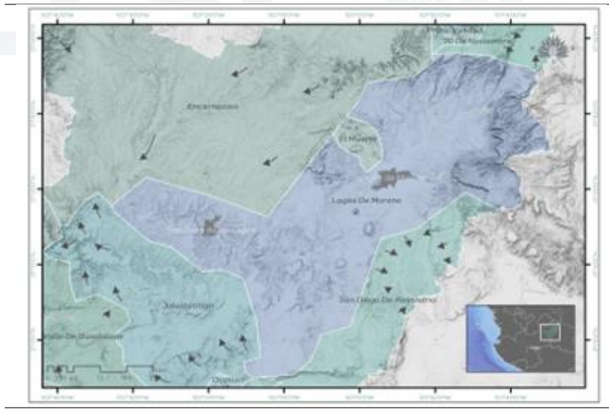


DMA* / **:	-30.376410 hm³/año
DNC*** :	20.9 hm³anuales
R**** :	277.63 hm³/año
VEAS*****:	286.776410 hm³anuales
F	Concéntrico

1410 Lagos de Moreno

Se sitúa en el extremo nororiental del Estado de Jalisco; comprende una superficie de 3,080 km², correspondiente a un 3.83% del total de la superficie del estado, el área está limitada al oriente por el Estado de Guanajuato, al sur por San Francisco del Rincón, Gto. y San Miguel el Alto, Jal., al occidente por Villa Hidalgo, Teocaltiche y Valle de Guadalupe, (todos ellos municipios del Estado de Jalisco) y al norte por los Estados de Zacatecas y Aguascalientes.

Se ubica dentro de la Subcuenca Río Verde, en la Cuenca Río Verde Grande en la RH-12.



DMA* / **:	-32.111730 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	196.0 hm³/año
VEAS*****:	228.11173 hm³anuales

El acuífero se divide en dos grandes regiones: la primera donde predomina material ígneo que aflora o se encuentra subyaciendo a material de tipo sedimentario y la segunda que se caracteriza por estar constituida principalmente por material sedimentario impermeable. Es de tipo libre en algunas zonas y de tipo semiconfinado en aquellas partes donde haya capas de material impermeable.

1411 El Muerto

Se localiza en la porción Noreste del estado de Jalisco y abarca un área de 87.4 km² (0.11%). En la región el clima es principalmente semiseco templado y se registra una precipitación media anual de 590 mm.

Ubicado sobre el Eje Neovolcánico, está encajonado por rocas ígneas extrusivas como basaltos y rolita-toba ácida, en menor cantidad en el valle y sureste del acuífero afloran rocas sedimentarias como lo son areniscas y conglomerados, además de material aluvial.



DMA* / **:	-1.059009 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	2.6 hm³/año
VEAS*****:	3.659009 hm³anuales

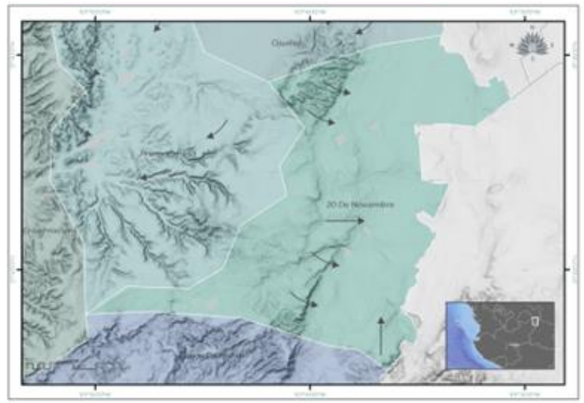
1412 20 de Noviembre

Localizado en la porción este del estado de Jalisco, entre los paralelos 21°35' y 21°50' de latitud norte y los meridianos 101°30' y 101°50' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 375 km² (0.49%). Colinda al norte con el acuífero Ojuelos, al oeste con Primo Verdad, al sur con Lagos de Moreno, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco; al este con el acuífero Ocampo perteneciente al estado de Guanajuato y al noreste con el acuífero Pinos, en el estado de Zacatecas.

El acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical. Está constituido en su porción norte por sedimentos aluviales, en tanto que hacia la parte sur se aloja en rocas extrusivas (riolitas y riolitas-tobas ácidas). La recarga principal del acuífero proviene del SW del acuífero. La mayoría de los materiales presenta buena permeabilidad; a profundidad se presentan horizontes semi confinantes de arcilla o rocas volcánicas con variaciones en su permeabilidad.

El sistema de flujo natural del acuífero tiene una dirección noreste-sureste con valores de 2280 msnm en las zonas topográficamente más altas, descendiendo gradualmente hasta 2170 msnm, mostrando de esta manera, al igual que la profundidad, el efecto de la topografía y evidenciando la dirección preferencial del flujo subterráneo.

La geoquímica del agua está divida en tres familias: en depósitos aluviales y residuales situados al pie de materiales riolíticos se tiene aguas bicarbonatadas sódicas (HCO_3-SO_4–Na); en la porción centro-sur del acuífero el agua es suave denominada como bicarbonatada sódica (HCO_3–Na) y por último en el extremo oriental del acuífero, fuera del estado el agua es suave con dureza temporal y baja concentración de Ca, Mg y HCO_3.



DMA* / **:	19.600405 hm³/año
DNC*** :	11.5 hm³anuales
R**** :	39.3 hm³/año
VEAS*****:	8.199595 hm³anuales
F	NW-SE

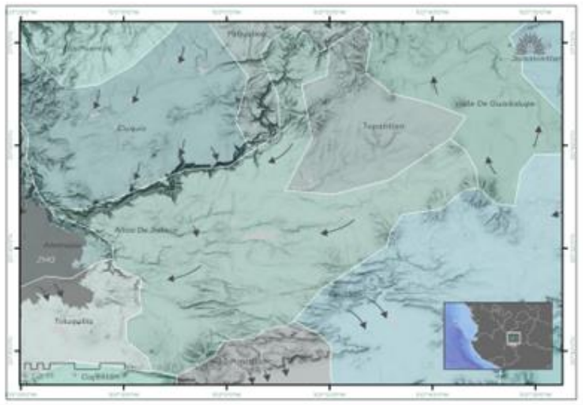
1413 Altos de Jalisco

Se localiza al noreste de la capital del estado de Jalisco, en la denominada puerta a la región Altos de Jalisco, entre los paralelos 20° 27' y 21° 10' de latitud norte y los meridianos 102° 35' y 103° 17' de longitud oeste. Colinda al norte con los acuíferos Cuquio, Yahualica y Tepatitlán, al este con Valle de Guadalupe, al oeste con Atemajac y Toluquilla y al sur con los acuíferos Ocotlán, Poncitlán y Cajititlán, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 1,519 km² (1.96%).

Se considera un sistema de acuífero compuesto por varias unidades hidrogeológicas que se agrupan en dos grupos principales conforme su origen: el primero consta de unidades superiores intercaladas de arenas, clásticos y limos con una matriz arcillosa, lo cual sugiere en general un sistema libre. Por otra parte, existen unidades hidrogeológicas de escoria basáltica, basaltos fracturados y/o alterados que subyacen a las unidades anteriores y que, al tener zonas de recarga lejanas, tienen un comportamiento de tipo semiconfinado. La recarga principal se origina en los depósitos de pie de monte asociados a las serranías localizadas en los parteaguas de las cuencas del Calderón y Zapotlanejo.

El flujo subterráneo tiene dirección noreste-suroeste. Se considera agua de tipo sódica-sulfatada, moderadamente suave, apta para consumo humano.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

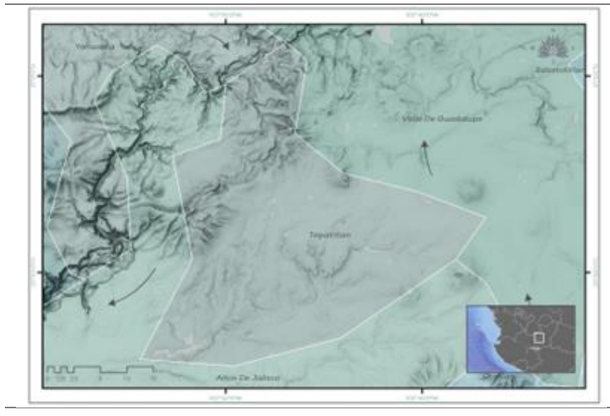


DMA* / **:	-12.450401 hm^3/año
DNC*** :	0.6 hm^{3}anuales
R**** :	62.3 hm^3/año
VEAS*****:	74.150401 hm^{3}anuales
F	NE-SW

1414 Tepatitlán

Se encuentra en la porción nororiental del estado de Jalisco, abarca una superficie 450 km^2, lo cual representa cerca del 0.59% del territorio estatal.

El acuífero se agrupó conforme las características de porosidad y permeabilidad: las unidades de rocas riolíticas del Terciario, que comprende a las tobas e ignimbritas, presentan una permeabilidad secundaria producida por fracturas y diaclasas; mientras que la unidad de depósitos continentales del Terciario, en algunas partes presenta alta capacidad de infiltración y mucha permeabilidad, por lo forma acuíferos libres; otra unidad ampliamente distribuida es la representada por rocas extrusivas básicas; se trata posiblemente de la unidad volcánica más importante de la región, ya que constituye considerables áreas de recarga y, en las partes donde se encuentra sobreyaciendo a rocas impermeables que le sirvan de confinante inferior, puede formar acuíferos libres; finalmente, se tiene la unidad de rellenos aluviales del cuaternario, con afloramientos muy restringidos y en donde los aprovechamientos consisten principalmente en norias.



DMA* / **:	-2.866712 hm^3/año
DNC*** :	0.2 hm^{3}anuales
R**** :	41.1 hm^3/año
VEAS*****:	43.766712 hm^{3}anuales

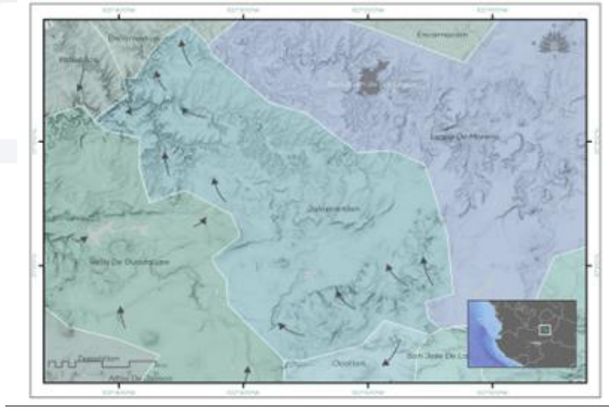
1415 Jalostitlán

Se ubica en la porción noreste del estado de Jalisco. Geográficamente se localiza en la porción denominada Altos del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 52' y 210 19' de latitud norte y los meridianos 102° 13' y 102° 41' de longitud oeste; abarcando una superficie de 1, 232 km^2 (1.60%). Colinda al Norte con los acuíferos Encarnación y Yahualica, al Sur con Ocotlán y San José de Las Pilas, al Este con el acuífero Lagos de Moreno y al Oeste con el acuífero Valle de Guadalupe, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco.

Las unidades litológicas conforman un acuífero en general de tipo libre, heterogéneo y anisotrópico; constituido en su porción superior por sedimentos aluviales, fluviales, conglomerados y areniscas; y en su porción inferior por rocas sedimentarias y volcánicas fracturadas. Tiene un espesor promedio de 300 metros.

La dirección preferencial del flujo subterráneo es sureste-noroeste, con alimentaciones procedentes de los flancos oriental y occidental, en los que las rocas volcánicas funcionan como excelentes zonas de recarga.

Las aguas se pueden separar en dos grupos principales conforme a la concentración de elementos mayores por ion dominante: en las porciones suroriental y centro se tienen aguas bicarbonatada-cálcica, mientras que en el extremo norte se tienen aguas bicarbonatadas-sódicas.



DMA* / **:	-10.739978 hm^3/año
DNC*** :	21.8 hm^{3}anuales
R**** :	80.8 hm^3/año
VEAS*****:	69.739978 hm^{3}anuales
F	SE-NW

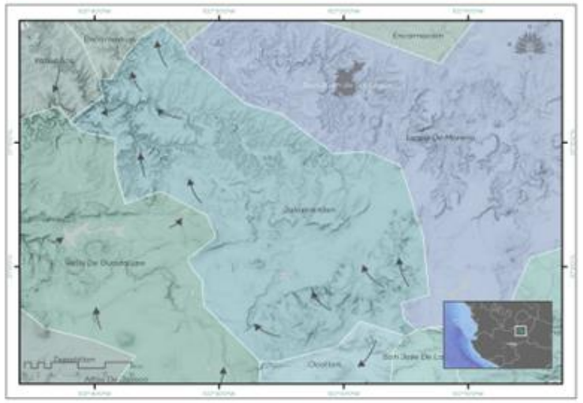
1416 Valle de Guadalupe

Se ubica en la porción centro-este del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 44' y 21° 12' de latitud norte y los meridianos 102° 26' y 102° 49' de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 980 km^2 (1.28%). Limita al noroeste con el acuífero Yahualica, al este con Jalostotitlán, al sureste con Ocotlán, al suroeste con Altos de Jalisco y al oeste con el acuífero Tepatitlán, todos ellos pertenecen al estado.

El acuífero presenta un sistema de flujo regional tipo libre y localmente semiconfinado debido a la presencia de paquetes arcillosos. El sistema acuífero se emplaza en las rocas volcánicas y en función del desarrollo de su porosidad secundaria, por fracturamiento, en los horizontes de rocas volcánicas fracturadas (basaltos, andesitas). El basamento hidráulico lo define el contacto con las rocas riolíticas (acuicludo).

El sistema de flujo natural del acuífero tiene una dirección preferencial hacia el sur-noreste, con valores máximos de 1980 msnm en las zonas topográficamente más altas, descendiendo gradualmente hasta los 1700 msnm.

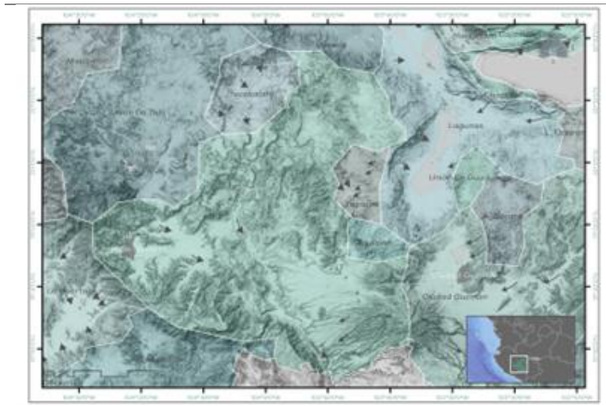
La composición geoquímica del agua se divide en dos regiones: en la zona de recarga la familia de agua es bicarbonatada-cálcica, que se origina en la porción sureste y evoluciona a medida que se profundiza a sulfatada-sódica hacia las zonas de descarga o salidas del flujo subterráneo, localizadas al norte del acuífero.



DMA* / **:	-3.281551 hm³/año
DNC*** :	1.7 hm³anuales
R**** :	31.6 hm³/año
VEAS*****:	33.181551 hm³anuales
F	S-NE

1417 Autlán

Localizado en la porción noroeste del Estado de Jalisco, cubriendo una superficie de 4,669 km² (6.08%), haciéndolo el acuífero más grande del estado, incluye la zona de recarga debido a su gran tamaño. Comprende parte de los municipios de Autlán, El Grullo, Ejutla y El Limón; siendo estos municipios los principales centros poblacionales.



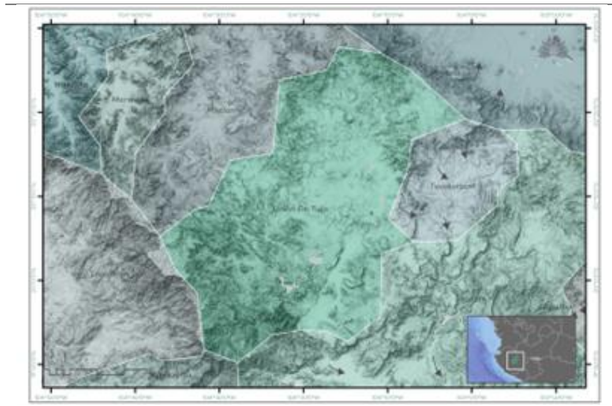
DMA* / **:	-5.087734 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	76.0 hm³/año
VEAS*****:	81.087734 hm³anuales

El acuífero se encuentra conformado por aluviones de granulometría variada, predominantemente por arenas, y que constituye la llanura aluvial que ocupa la mayor parte del área, con una ramificación formada por una pequeña planicie en la que se localiza el poblado El Chante y el valle que forma el Arroyo de Hierbabuena, situado al sureste de la zona de estudio. Los valles funcionan en forma independiente y se encuentran formando dos acuíferos de tipo libre. El flujo subterráneo tiene la misma dirección de los ríos principales.

1418 Unión de Tula

Se localiza en la porción oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 2,279.2 km² (2.92%). Colinda con los acuíferos Mitlán al noroeste, Ameca al noreste, Tecolotlán y Autlán al sureste y al suroeste está delimitado por los de Tomatlán y La Huerta. En la región, el clima es templado subhúmedo, y se registra una precipitación media anual de 876 mm.

Conforme la geología, está dispuesto en su mayoría en rocas volcano-sedimentarias (tobas ácidas e intermedias) y brechas volcánicas basálticas. De igual manera en la parte noreste afloran rocas volcánicas como lo son basaltos. En menor cantidad afloran rocas sedimentarias en las laderas (areniscas-conglomerados y suelos aluviales).



DMA* / **:	0.545763 hm^3/año
DNC*** :	84.3 hm^3anuales
R**** :	103.3 hm^3/año
VEAS*****:	18.454237 hm^3anuales

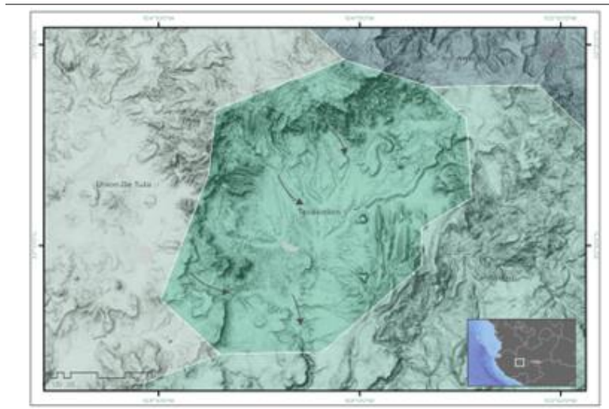
1419 Tecolotlán

Ubicado en la porción centro del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 4' y 20° 19' de latitud norte, y los meridianos 103° 54' y 104° 10' de longitud oeste, abarca una superficie de 495 km^2 (0.64%). Colinda al norte con el acuífero Ameca, al sur y este con el acuífero Autlán y al oeste con el acuífero Unión de Tula, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco

El acuífero está compuesto por varias unidades hidrogeológicas que se agrupan de acuerdo con su origen en dos principales; por una parte, las unidades superiores son intercalaciones de conglomerados y suelo aluvial, que en algunos pozos se interdigitan con limos y arcillas o aglomerados en matriz arcillosa, lo que sugiere algún grado de confinamiento pero que en general tiende a conformar un sistema libre. Su espesor es reducido. Esta disposición de suelos aluviales es típica en las partes más bajas de las planicies. En gran parte de la superficie del acuífero se encuentran las unidades constituidas por rocas basálticas e ígneas, que constituyen las formaciones predominantes en el área, con una permeabilidad que se clasifica entre media alta dependiendo del grado de fracturación. Así mismo, se tienen rocas carbonatadas en la porción sureste del acuífero, que se entremezclan con conglomerados y brechas volcánicas, constituyendo, dependiendo del grado de karstificación, excelentes unidades para fines de explotación del agua subterránea.

En el acuífero de Tecolotlán la recarga principal tiene su origen en los depósitos de pie de monte asociados a las serranías que se localizan en el parteaguas norte, oeste y nororiental de esta cuenca, con un flujo subterráneo en dirección preferente hacia el suroeste.

El aspecto hidrogeoquímico considera aguas suaves con dureza temporal y baja concentraciones de Ca^{2+}, Mg^{2+} y HCO_{3-}; caracterizada como cálcica-bicarbonatada (Ca-HCO_3) para casi todo el acuífero, sin embargo, en la parte central donde se tiene una composición tipo sódica bicarbonatada (Na-HCO_3).

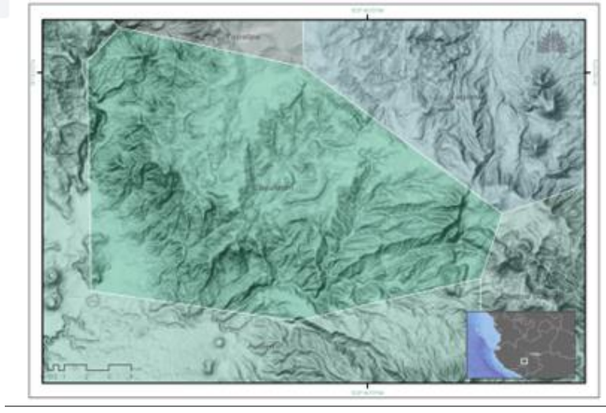


DMA* / **:	5.330450 hm^3/año
DNC*** :	3.5 hm^3anuales
R**** :	20.8 hm^3/año
VEAS*****:	11.969550 hm^3anuales
F	SW

1420 Jiquilpan

Localizado en la porción Sur del estado de Jalisco, abarca un área de 162.1 km^2 (0.21%). En la región el clima es principalmente templado subhúmedo y se registra una precipitación media anual de 819 mm. Los acuíferos colindantes son al norte Talpa y Lagunas, al sur y sureste Ciudad Guzmán y al oeste Autlán.

La geología que aflora en la zona es principalmente de rocas ígneas extrusivas como la andesita-brecha volcánica intermedia, toba ácida, toba intermedia y basalto. Sobre las laderas de las sierras hay presencia de rocas sedimentarias (areniscas-conglomerados y aluvial) las cuales son permeables.



DMA* / **:	-0.811311 hm^3/año
DNC*** :	0.0 hm^3anuales
R**** :	6.3 hm^3/año
VEAS*****:	7.111311 hm^3anuales
F	-0.811311 hm^3/año

1421 Tapalpa

Localizado en la porción sur del Estado de Jalisco, entre los paralelos 19° 50' y 20° 03' de latitud norte y los meridianos 103° 39' y 103° 49' de longitud oeste. Tiene una superficie aproximada de 256 km^2

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

(0.33%). Colinda al norte y oeste con el acuífero Autlán, al este con Lagunas y al sur con el acuífero Jiquilpan.



DMA* / **:	1.032311 hm³/año
DNC*** :	1.7 hm³anuales
R**** :	12.5 hm³/año
VEAS*****:	9.767689 hm³anuales
F	NE-SW

El acuífero se encuentra constituido, en su parte superior, por los depósitos granulares de diferente granulometría que rellenan los subálveos de los ríos y las pequeñas llanuras aluviales; en tanto que la porción inferior está conformada por roca volcánicas, principalmente basaltos y tobas que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento: lo que indica que es un acuífero libre.

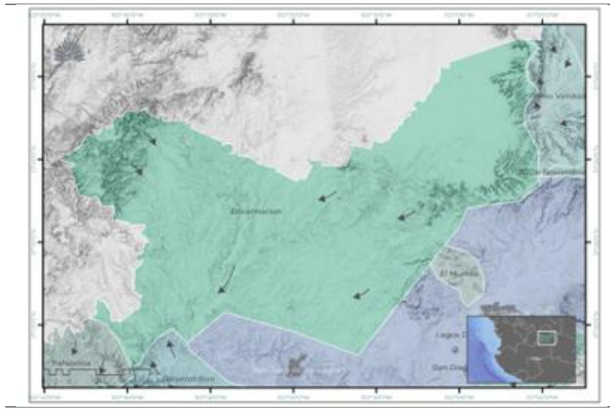
La dirección preferencial del flujo subterráneo en sentido noreste-suroeste.

1422 Encarnación

Ubicado en la porción noreste del Estado de Jalisco, cubre una superficie de 3,534 km² (4.60%), que representa cerca del 2.6% del territorio estatal. Comprende en su totalidad a los municipios de Teocaltiche y Villa Hidalgo, y parcialmente los municipios de Lagos de Moreno y Encarnación de Díaz.

El acuífero está compuesto por un sistema de varias unidades geológicas que, por su origen, se pueden conjuntar en dos grupos principales, por una parte, las que son de origen volcánico y de composición riolítica, por otra parte, los materiales de origen sedimentario, como arenas y gravas empacadas en matriz arcillosa.

El flujo preferencial del agua subterránea se presenta de las partes topográficas más altas a las más bajas, siendo la parte central donde se presentan las menores elevaciones.



DMA* / **:	-51.946171 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	63.3 hm³/año
VEAS*****:	115.246171 hm³anuales

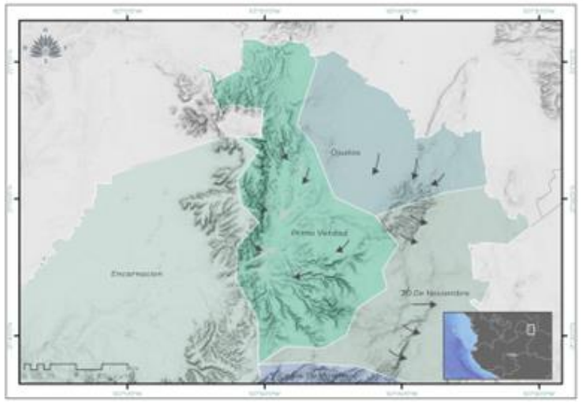
1423 Primo Verdad

Localizado en la porción noreste del estado de Jalisco, entre los paralelos 21° 37' y 22° 04' de latitud norte y 101° 40' y 101° 55' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 513 km² (0.65%). Limita al norte con el acuífero Villa García, perteneciente al estado de Zacatecas, al oeste con los acuíferos Valle de Chicalote y el Llano, pertenecientes al estado de Aguascalientes, al este con los acuíferos Ojuelos y 20 de noviembre y al oeste con el acuífero Encarnación, pertenecientes al estado de Jalisco.

Es un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, conformado por una secuencia de riolitas y tobas de permeabilidad baja. Este afloramiento que funciona como zona de recarga genera un escurrimiento superficial hacia el centro del valle, compuesto por materiales aluviales, en donde se encuentran la mayoría de los aprovechamientos. La mayoría de los materiales presenta buena permeabilidad; a profundidad se presentan horizontes semi confinantes de arcilla o rocas volcánicas con variaciones en su permeabilidad.

El sistema de flujo natural del acuífero tiene una dirección noroeste-sureste, con valores de 2130 msnm en las zonas topográficamente más altas, descendiendo gradualmente hasta 2080 msnm.

El agua puede separarse en dos familias geoquímicas: la primera, denominada sulfatada sódica (SO4-Na) localizados en zonas accidentadas topográficamente con una litología riolítica y aluvial, mientras que, en la parte central del acuífero el agua es suave con dureza temporal denominada bicarbonatada sódica (HCO_3-Na) asociados a litología predominantemente riolítica y tobácea.



DMA* / **:	4.229369 hm³/año
DNC*** :	7.0 hm³anuales
R**** :	24.7 hm³/año
VEAS*****:	13.470631 hm³anuales
F	NW-SE

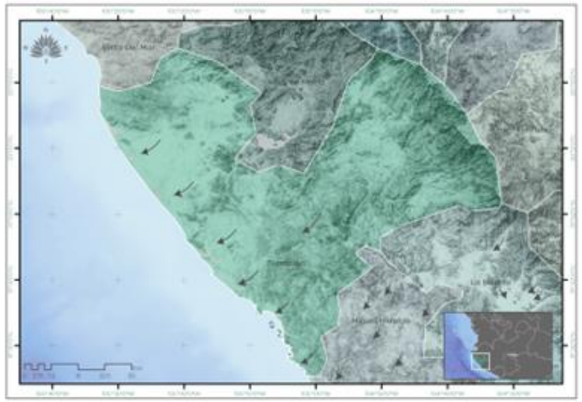
1424 Tomatlán

Localizado en la porción suroriental del estado de Jalisco, entre los paralelos 19°25' y 20°16' de latitud norte y los meridianos 104°31' y 105°34' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 4,547 km² (5.91%) Limita al norte con los acuíferos Santa María y Mascota, al noroeste con Vista al Mar; al noreste con los acuíferos Mascota, Maravilla y Mixtlán; al este con Unión de Tula y La Huerta, al sur con Miguel Hidalgo, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco; finalmente al sur y oeste su límite natural es el Océano Pacífico.

El acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido en su porción superior por sedimentos aluviales, fluviales y eólicos de granulometría variada, areniscas y conglomerados, depositados tanto en los subálveos de las corrientes fluviales como en la planicie costera, producto de la erosión de las rocas que constituyen las sierras que delimitan las planicies. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas ígneas entre las que destacan granitos, tobas, brechas y rocas vulcano-sedimentarias, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento.

La dirección preferencial del flujo subterráneo presenta una orientación noreste-suroeste, paralela al escurrimiento de los ríos Tomatlán y San Nicolás.

La hidrogeoquímica del agua determina dos familias de agua: bicarbonatada-cálcica en las zonas de recarga ubicadas en las estribaciones de las sierras, y sódica-bicarbonatada en la zona costera.



DMA* / **:	13.786310 hm³/año
DNC*** :	85.3 hm³anuales
R**** :	124.0 hm³/año
VEAS*****:	24.913690 hm³anuales
F	NE-SW

1425 Vista del Mar

El acuífero Vista del Mar se localiza en la porción Oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 1,437.3 km² (1.88%). Colinda al noreste con el acuífero Puerto Vallarta, al sureste con los acuíferos Tomatlán y Santa María y al occidente con el Océano Pacífico. En la región el clima es principalmente cálido subhúmedo, y se registra una precipitación media anual de 1336 mm.

Debido a su ubicación dentro de la provincia Sierra Madre del Sur, la distribución geológica está constituida por rocas ígneas intrusivas, casi en su totalidad de tipo graníticas. Además, se identifica un afloramiento de complejo metamórfico al noreste del acuífero. Las laderas al suroeste hay presencia de conglomerados y suelos aluviales en la costa.



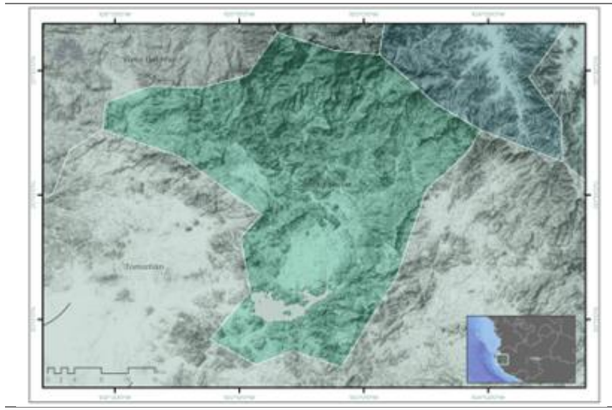
DMA* / **:	0.350357 hm³/año
DNC*** :	4.2 hm³anuales
R**** :	6.8 hm³/año
VEAS*****:	2.249643 hm³anuales

1426 Santa María

El acuífero Santa María se localiza en la porción oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 1 295.1 km² (1.69%). Colinda al norte con los acuíferos Vista del Mar, Puerto Vallarta, y Mascota, al sur

con el de Tomatlán. En la región el clima es principalmente cálido subhúmedo, y se registra una precipitación media anual de 1206 mm.

Ubicado sobre una litología constituida principalmente por rocas ígneas, donde predominan las intrusivas (granito); mientras que las extrusivas (andesitas, toba ácida y volcanoclástica) afloran al noreste y este. Además, se identifican afloramientos del complejo metamórfico del centro al norte del acuífero



DMA* / **:	0.529780 hm^3/año
DNC*** :	18.3 hm^{3}anuales
R**** :	21.4 hm^3/año
VEAS*****:	2.570220 hm^{3}anuales

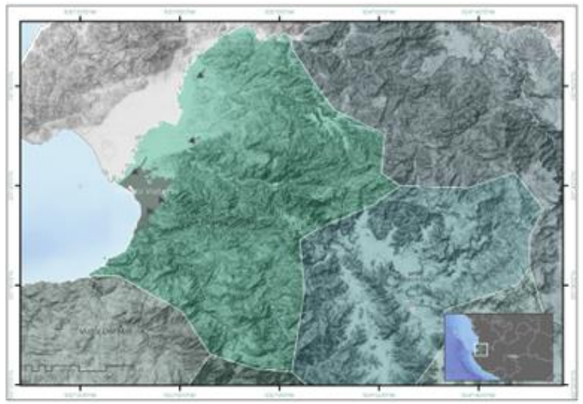
1427 Puerto Vallarta

Está ubicado entre la zona limítrofe de los Estados de Jalisco y Nayarit, enclavada en la vertiente occidental de la Sierra Madre del Sur. Cubre una superficie de aproximadamente 1,814 km^2 (2.34%). Está delimitado al norte por el acuífero Valle de Banderas, al noreste Mixtlán, sureste Mascota, al sur por Vista del Mar y Santa María, mientras que, al oeste se tiene el Océano Pacífico.

Conforme las características físicas (grado de compactación, granulometría, fracturamiento, etc.) de los materiales se agruparon tres grandes unidades hidrogeológicas: la primera comprende depósitos aluviales y fluviales del centro del valle, abarca la mayor superficie, tiene una granulometría variada dando como resultado una alta permeabilidad, se considera un acuífero libre significando la zona de mayor extracción. La segunda unidad actúa como la zona de recarga restringida en superficie, mientras que en el subsuelo actúa como acuíferos semiconfinados de baja potencialidad, compuesta por depósitos de conglomerados y areniscas, depósitos volcano-sedimentarios del Cretácico, tobas ácidas del Terciario y basaltos del Terciario Cuaternario; limita la unidad I a lo largo de la margen izquierda del río Ameca. Por último, la tercera unidad agrupa rocas graníticas del Jurásico, ígneas extrusivas del terciario y sedimentos finos depositados en cuerpos de agua someros, cercanos a la línea de costa; son acuíferos de baja permeabilidad, por lo que en superficie el agua de precipitación solo se escurre, mientras que, en subsuelo funciona como barrera impermeable.

De acuerdo con la configuración del nivel estático muestra un flujo preferencial del noroeste a sudoeste y de noreste a sudoeste, siguiendo la dirección de río Ameca.

El tipo de agua está conformada por agua bicarbonatada-cálcica en zonas de recarga al noreste, norte y noreste del valle, mientras que en la zona del El Porvenir el agua se clasifica como zona mixta (bicarbonatada-cálcica-magnésica) y en menor proporción zonas con agua clorurada-cálcica.



DMA* / **:	-3.712190 hm^3/año
DNC*** :	17.0 hm^{3}anuales
R**** :	86.5 hm^3/año
VEAS*****:	73.212190 hm^{3}anuales
F	NE-SW

1428 Chapala

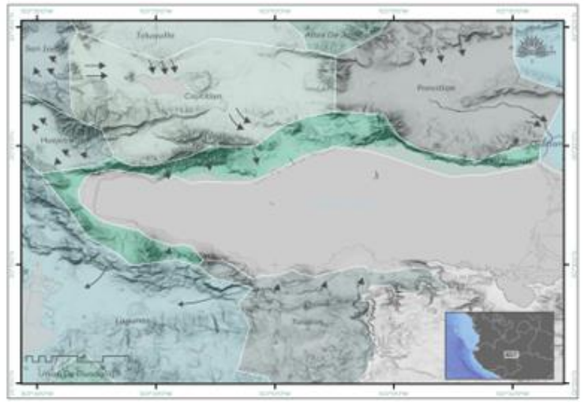
Localizado en la parte central del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 10’ y 20° 23’ de latitud norte y los meridianos 102° 45’ y 103° 30’ de longitud oeste. Colinda al norte con los acuíferos Cajititlán y Poncitlán, al noroeste con Huejotitlán, al noreste con Ocotlán, al oeste con Lagunas y al este con el acuífero La Barca, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco. Hacia el sur, su límite natural es el Lago de Chapala. Cubre una superficie aproximada de 353 km^2 (0.46%) conforme a la poligonal que lo delimita

De forma regional se considera un acuífero libre con características hidráulicas heterogéneas, constituido por un medio granular, en su parte media superior, y por material volcánico y lacustre en su tramo inferior; localmente puede comportarse como semiconfinado con carga hidráulica por encima de la superficie del terreno.

De acuerdo con la elevación del nivel estático, el flujo subterráneo procede de las sierras volcánicas limítrofes permeables y descarga al lago de Chapala.

La hidrogeoquímica del agua está constituida en un 70% por aguas de la familia cálcica magnésica bicarbonatada en la zona central y suroeste. El 20% son de tipo sódico bicarbonatada, asociadas al lado occidental de la cuenca. Mientras que el lado poniente está asociada a aguas sódicas sulfatadas cloruradas.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS



DMA* / **:	0.925930 hm³/año
DNC*** :	23.2 hm³anuales
R**** :	65.6 hm³/año
VEAS*****:	41.474070 hm³anuales
F	N-S

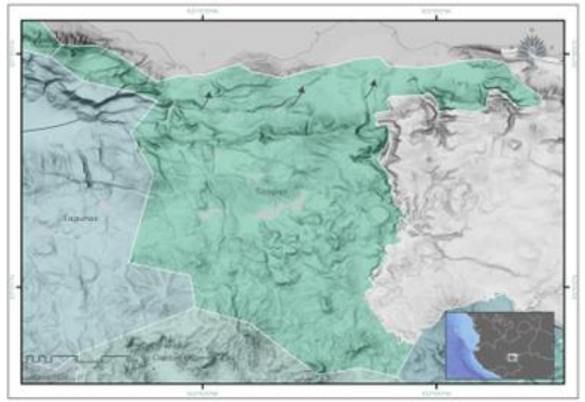
1429 Tizapán

Ubicado al oriente del estado de Jalisco, entre los paralelos 19° 56' y 20° 11' de latitud norte y los meridianos 102° 55' y 103° 16' de longitud oeste. Colinda al norte con el Lago de Chapala, al poniente con los acuíferos Chapala y Lagunas, al sur con Ciudad Guzmán y Valle de Juárez, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco, y al oriente con el acuífero Ciénega de Chapala, del estado de Michoacán. Abarca un área aproximada de 426 km² que equivale al 0.55% del territorio.

El acuífero se define como una unidad hidrogeológica con dos materiales interactuando: el primero comprende el 95% del área y está constituido por rocas basálticas, es de gran espesor y heterogéneo, se denomina acuífero confinado a semiconfinado; mientras que, el segundo abarca el 5% ubicado en la porción central del acuífero, material poco consolidado constituido por depósitos granulares (grava, arena, limo y arcilla) de origen aluvial, tiene un espesor de 20 metros aproximadamente, se considera un acuífero libre.

El flujo de agua tiene una dirección de la parte alta de las sierras volcánicas circundantes al lago con una descarga hacia el mismo.

El agua del acuífero pertenece a la clase cálcico-magnésico-sódica carbonatada, con alcalinidad primaria superior al 50%, es un agua blanda en proporción con su contenido de sólidos disueltos. La calidad fisicoquímica del agua es apropiada para fines potables.



DMA* / **:	-0.171802 hm³/año
DNC*** :	12.0 hm³anuales
R**** :	25.8 hm³/año
VEAS*****:	13.971802 hm³anuales
F	S-N

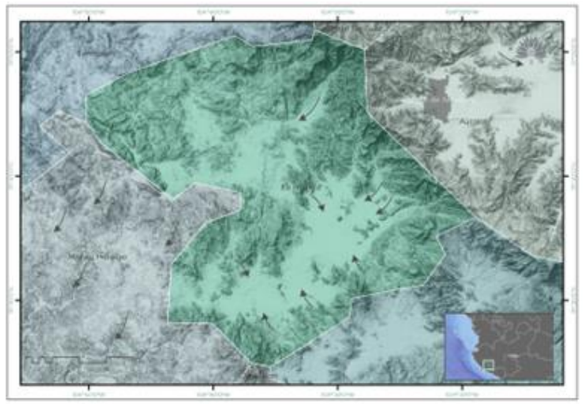
1430 La Huerta

Ubicado en la porción Suroeste del estado de Jalisco, entre las coordenadas geográficas 19°24' y 19°51' de latitud norte y 104°18' y 104°50' de longitud oeste, cubriendo una superficie de 1,519 km² (1.98%). Limita al norte con los acuíferos Tomatlán y Unión de Tula, al sur con Cihuatlán, al este con Autlán y Cuautitlán y al oeste con Miguel Hidalgo, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco.

La profundidad media del nivel estático es de 10 m. De acuerdo con la elevación del nivel estático el flujo del agua tiene una dirección del oriente (noreste) al sureste.

Desde un aspecto hidrogeológico el acuífero es de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, conformado en su porción superior por sedimentos no consolidados aluviales, fluviales de granulometría variada y el conglomerado polimíctico, originados a partir del intemperismo y erosión de las diversas unidades geológicas que afloran en las sierras que delimitan el acuífero, cuyo espesor puede alcanzar varios cientos de metros en el centro de los valles (es la unidad que se explota actualmente). La porción inferior se aoja en una secuencia de rocas ígneas, principalmente volcánicas ácidas y granito, que presenta permeabilidad secundaria por fracturamiento, este medio presenta resistividades por lo general altas y es explotado por pozos profundos.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

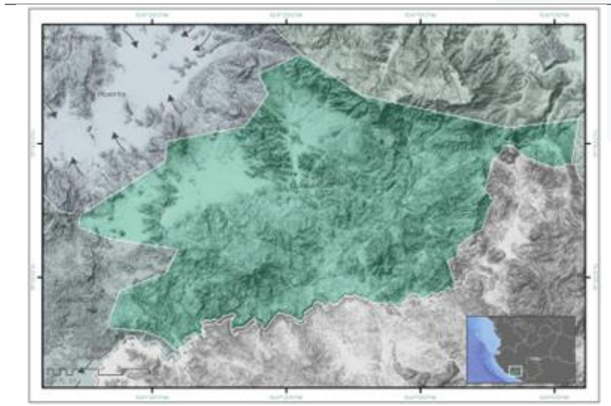


DMA* / **:	-5.310508 hm³/año
DNC*** :	8.1 hm³anuales
R**** :	64.5 hm³/año
VEAS*****:	61.710508 hm³anuales
F	NE-SE

1431 Cuautitlán

El acuífero Cuautitlán se localiza en la porción suroeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 1,330 km², que equivale al 1.73% del territorio estatal. Colinda al noreste con el acuífero Autlán, al noroeste con La Huerta, al suroeste con Cihuatlán pertenecientes al estado de Jalisco, mientras que al sur colinda con los acuíferos de Colima, Minatitlán y Mirabasco pertenecientes al estado de Colima.

El acuífero está constituido por rocas ígneas, en su mayoría intrusivas de tipo graníticas, extrusivas (toba ácida y volcanoclástica) asociadas a la parte norte y este del acuífero.



DMA* / **:	0.780031 hm³/año
DNC*** :	16.1 hm³anuales
R**** :	26.2 hm³/año
VEAS*****:	9.319969 hm³anuales

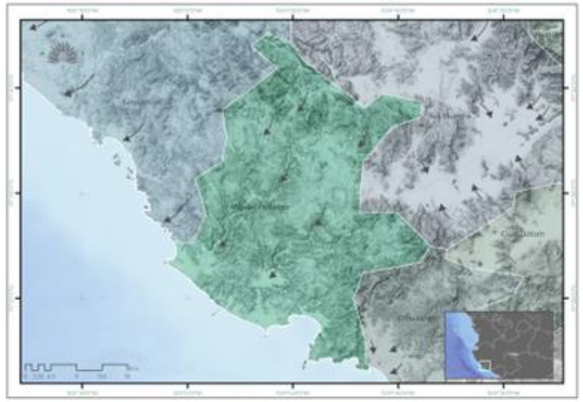
1432 Miguel Hidalgo

Ubicado en la porción suroeste del estado de Jalisco, entre los paralelos 19° 13' y 19° 45' de latitud norte, y los meridianos 104°37' y 105° 02' de longitud oeste, abarca una superficie de 1,309 km² (1.70%). Colinda al noreste con el acuífero La Huerta, al noroeste con el acuífero Tomatlán, al sureste con el acuífero Cihuatlán, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco; y al suroeste con el Océano Pacífico.

Es un acuífero de tipo libre heterogéneo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido en su porción superior, por sedimentos aluviales compuestos de arenas, clásticos y limos, con un espesor reducido (Está porción puede sufrir intrusión salina). La porción inferior se aloja en una unidad fracturada constituida por rocas ígneas y granito, que constituyen las formaciones predominantes en el área, con una permeabilidad que se clasifica entre media alta dependiendo del grado de fracturación.

Las configuraciones de profundidad al nivel estático para septiembre de 2010 en la planicie costera varían de 3 a 7 m. La elevación del nivel estático define una dirección de flujo definida del norte hacia el sur.

De acuerdo con la hidrogeoquímica del agua se define como suave con dureza temporal y bajas concentración de calcio, magnesio y bicarbonatos. El 61% de las aguas son de tipo cálcica bicarbonatada y el 23% de tipo magnésica bicarbonatada.



DMA* / **:	18.521404 hm³/año
DNC*** :	8.7 hm³anuales
R**** :	46.1 hm³/año
VEAS*****:	18.878596 hm³anuales
F	N-S

1433 Cihuatlán

Localizado en la porción suroccidental del estado de Jalisco, entre los paralelos 19°10’ y 19°25’ de latitud norte y los meridianos 104°28’ y 104°45’ de longitud oeste, abarcando una superficie aproximada de 461 km² (0.59%). Limita al norte con el acuífero La Huerta, al este y noreste con el acuífero Cuautitlán, al oeste y noroeste con el acuífero Miguel Hidalgo, todos ellos pertenecientes al estado, al sureste con el acuífero Marabasco, perteneciente al estado de Colima y finalmente al sur con el Océano Pacífico.

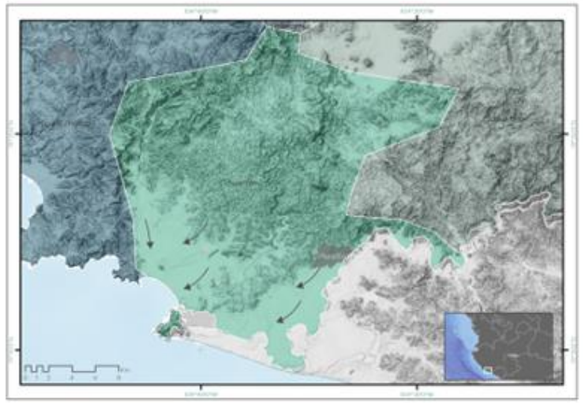
Las condiciones geológicas permiten tener un acuífero tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido por sedimentos aluviales, fluviales y eólicos depositados tanto en los subálveos de las corrientes fluviales como en la planicie costera. Está constituido en su porción superior por sedimentos aluviales de granulometría variada, areniscas y

conglomerados, cuyo espesor puede alcanzar varios cientos de metros en el centro de los valles. La porción inferior se aloja en una secuencia de rocas ígneas entre las que destacan andesitas, tobas, brechas, rocas vulcano sedimentarias, rocas carbonatadas y graníticas, que presentan permeabilidad secundaria por fracturamiento.

La profundidad al nivel estático varía de 4 a 12 m, aumentado gradualmente, por efecto de la topografía, de la zona costera hacia el noreste, conforme se asciende topográficamente a lo largo del cauce de los ríos. El flujo preferencial tiene una dirección noreste-suroeste, de acuerdo con la elevación del nivel estático

.

La composición hidrogeoquímica está constituida en un 70% por aguas cálcicas bicarbonatadas distribuidas en casi todo el acuífero; en zonas cercanas a costas las aguas son de tipo clorurada bicarbonatada sulfatada.

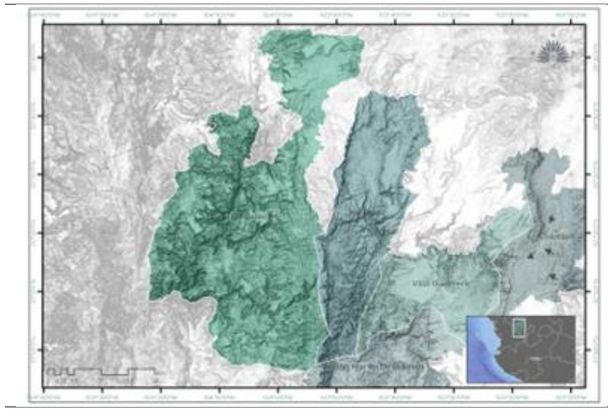


DMA* / **:	-1.806677 hm^3/año
DNC*** :	9.4 hm^{3}anuales
R**** :	46.8 hm^3/año
VEAS*****:	39.206677 hm^{3}anuales
F	NE-SW

1434 Norte de Jalisco

El acuífero Norte de Jalisco se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, colinda con los acuíferos Mezquitic y San Martín de Bolaños al sur y sureste respectivamente, pertenecientes al estado. Mientras que al oeste colinda con el acuífero Valle Santiago-San Blas perteneciente al estado de Nayarit. Al norte colinda con el acuífero Corrales y al noreste con el acuífero Valparaíso pertenecientes al estado de Zacatecas. El área que cubre el acuífero es de 3,552.6 km^2 aproximadamente, que equivale al 4.61%.

Considerando la geología, el acuífero está constituido por rocas ígneas extrusivas en su mayoría de tipo riolita-toba ácida, al norte hay una pequeña porción de rocas basaltos, andesitas y dacitas.

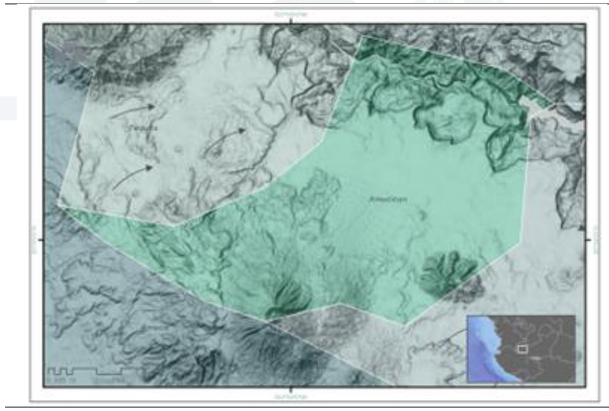


DMA* / **:	4.023985 hm^3/año
DNC*** :	89.7 hm^{3}anuales
R**** :	96.7 hm^3/año
VEAS*****:	2.976015 hm^{3}anuales

1435 Amatitán

El acuífero Amatitán se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, colinda al norte con los acuíferos de Tequila y San Martín de Bolaños y al sur con los acuíferos del Arenal y Ameca todos pertenecientes al estado. Cubre un área de 245.9 km^2, que equivale al 0.32% de la superficie.

El acuífero se desarrolla sobre rocas ígneas extrusivas, siendo las principales: basaltos, toba ácida, riolita y volcanoclásticos, mientras que, en los valles existe la presencia de suelo residual.

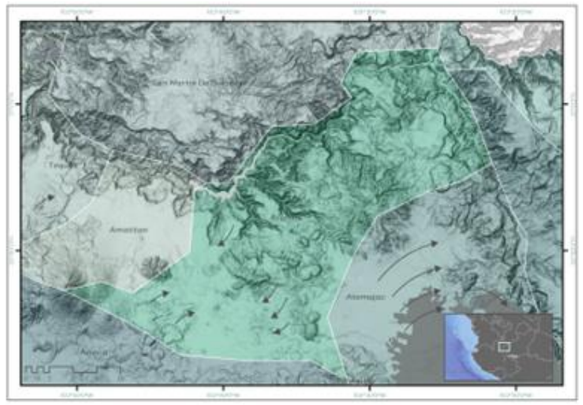


DMA* / **:	-0.230829 hm^3/año
DNC*** :	1.0 hm^{3}anuales
R**** :	10.7 hm^3/año
VEAS*****:	9.930829 hm^{3}anuales

1436 Arenal

Ubicado al noroeste del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 41’ y 21° 04’ de latitud norte y los meridianos 103° 22’ y 103° 51’ de longitud oeste. Colinda al norte con el acuífero San Martín de Bolaños, al oriente con Cuquío y Atemajac, al sur con Toluquilla y Ameca y al poniente con el acuífero Amatitlán, todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 848 km^2 (1.10%).

El acuífero es de tipo libre, constituido por depósitos granulares, gravas, gravillas y áreas gruesas, posicionados sobre o interdigitados sobre rocas volcánicas las cuales forman parte de acuíferos semiconfinados o acuitardos de potencial hidrológico incierto.



DMA* / **:	-8.754430 hm³/año
DNC*** :	1.9 hm³anuales
R**** :	22.5 hm³/año
VEAS*****:	29.354430 hm³anuales
F	SW-NE

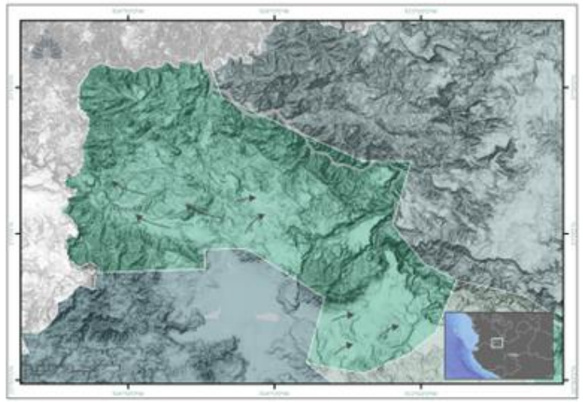
Los aspectos piezométricos del acuífero condicionan una profundidad de 15 a 50 m, con una dirección de flujo norte-sur. Proviene de las partes elevadas circundantes, sigue hacia zonas de menor altitud, se asemeja al de los escurrimientos superficiales y en parte descarga por gasto base a los ríos ubicados en las partes bajas.

La composición hidrogeoquímica está constituida por aguas de tipo sódica sulfatada clorurada, sódica sulfatada y cálcica magnésica sódica, ligeramente bicarbonatada.

1437 Tequila

Ubicado en la porción centro-este del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 50' y 21° 13' de latitud norte y los meridianos 103° 47' y 104° 14' de longitud oeste; abarca una superficie aproximada de 961 km² (1.24%). Limita al noreste con el acuífero San Martín de Bolaños; al sureste con Amatitán; al sur con Ameca, pertenecientes al estado de Jalisco; al noroeste con el acuífero Valle Santiago-San Blas y al oeste con Valle de Ixtlán-Ahuacatlán, pertenecientes al estado de Nayarit.

Desde un aspecto hidrogeológico, se define como un acuífero de tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, constituido en su porción superior por arenas pumíticas, grava y conglomerados, de espesor reducido (50 m) y un acuífero fracturado, compuesto de lavas, brechas y escorias de composición basáltica andesítica; siendo este acuífero el de mayor explotación actualmente (200 m). El acuífero en algunas partes funciona como confinado y en otras como libre.



DMA* / **:	-0.632420 hm³/año
DNC*** :	4.6 hm³anuales
R**** :	23.9 hm³/año
VEAS*****:	19.932420 hm³anuales
F	S-NW

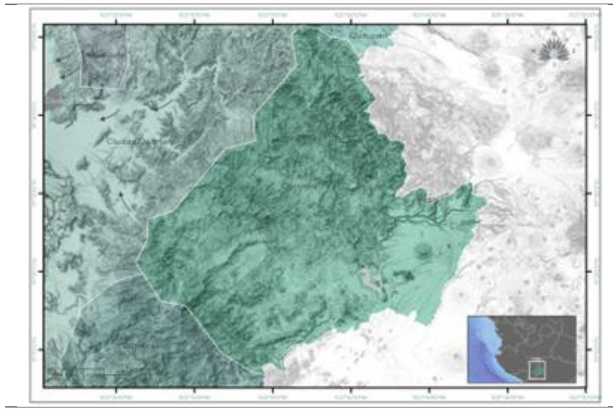
Las características piezométricas están dadas por una profundidad que varía de 10 a 100 metros, con un flujo subterráneo en dos componentes, una de sur a noreste y otra de este a oeste.

Su hidrogeoquímica está constituida por aguas bicarbonatada-sódica en la porción sur del acuífero, las cuales evolucionan a medida que se profundizan a bicarbonatada-cálcica hacia las zonas de descarga en las zonas del NW y NE del acuífero.

1438 Colomos

El acuífero Colomos se localiza en la porción sureste del estado de Jalisco, limitado al norte por los acuíferos Quitupan y Ciudad Guzmán y al suroeste por Barreras, todos pertenecientes al estado de Jalisco, mientras que su límite sur y este está definido por los acuíferos Apatzingán y Cotija pertenecientes al estado de Michoacán de Ocampo. Cubre un área de 3,293.3 km², que equivale al 4.29% del territorio estatal.

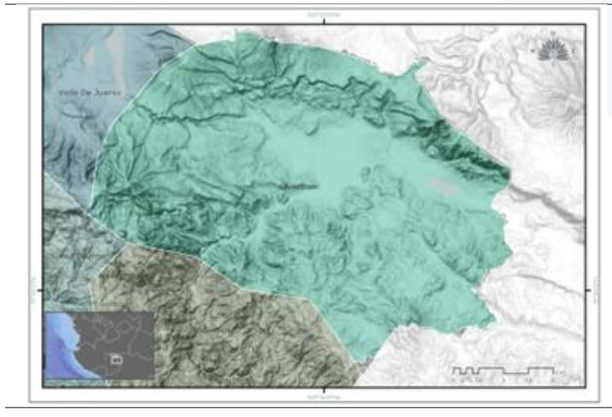
Debido a su ubicación, el acuífero está constituido por rocas ígneas intrusivas (granito, granodiorita, tonalita y diorita), así como, rocas ígneas extrusivas (riolita, andesita, basalto, toba ácida, riodacita y brecha volcánica básica).



DMA* / **:	-0.313900 hm³/año
DNC*** :	38.6 hm³anuales
R**** :	56.5 hm³/año
VEAS*****:	18.213900 hm³anuales

1439 Quitupán

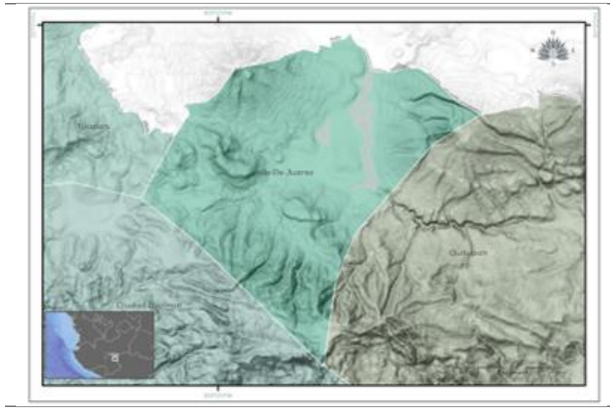
El acuífero Quitupan se localiza en la porción este del estado de Jalisco, colinda al noroeste con el acuífero Valle de Juárez y al suroeste con Colomos, ambos pertenecientes al estado de Jalisco, mientras que su límite sureste es el acuífero Cotija y al noreste limita con Ciénega de Chapala, ambos pertenecientes al estado de Michoacán de Ocampo. Abarca un área de 307.9 km², que equivale al 0.40% del territorio estatal.
Debido a su ubicación, se encuentra enclavado sobre material sedimentario al centro por material aluvial de relleno y al norte por material de tipo lacustre, mientras que al sur afloran rocas de tipo ígneas extrusivas (basalto, toba intermedia, brecha volcánica básica y riolita-brecha volcánica ácida).



DMA* / **:	2.622748 hm³/año
DNC*** :	3.4 hm³anuales
R**** :	12.2 hm³/año
VEAS*****:	2.622748 hm³anuales

1440 Valle de Juárez

El acuífero Valle de Juárez se localiza en la porción este del estado de Jalisco, y abarca un área de 82.2 km2, que equivale al 0.11% del territorio. Está delimitado por los acuíferos: Quitupan al sureste, Ciudad Guzmán al suroeste, Tizapan al noroeste, todos pertenecientes al estado; su límite noreste está delimitado por el acuífero Ciénega de Chapala, perteneciente al estado de Michoacán.



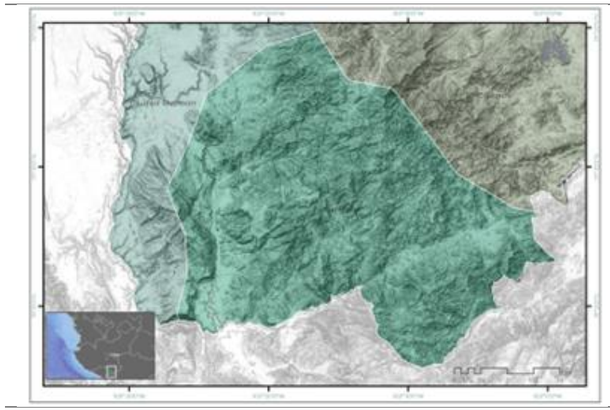
DMA* / **:	-0.097150 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	3.6 hm³/año
VEAS*****:	3.697150 hm³anuales

Está situado sobre rocas ígneas extrusivas (basaltos y brechas volcánicas básicas) principalmente; al centro y norte se encuentran zonas con depósitos de material aluvial.

1441 Barreras

El acuífero Barreras se localiza en la porción sureste del estado de Jalisco y abarca un área de 1,250.8 km², que equivale al 1.62% del territorio estatal. Colinda con los acuíferos de Ciudad Guzmán al noroeste y Colomos al noreste, ambos quedan dentro del estado, mientras que al sureste está delimitado por Apatzingán y al suroeste por Coahuayana, ambos pertenecientes al estado de Michoacán de Ocampo.

La geología del lugar está dada por rocas ígneas extrusivas: basalto, andesita-toba-intermedia, latita, riodacita, riolita y tobas ácidas; además de rocas ígneas intrusivas como son: diorita, granito y granodiorita. Al oeste afloran rocas sedimentarias (calizas, conglomerados, lutitas-areniscas y areniscas).

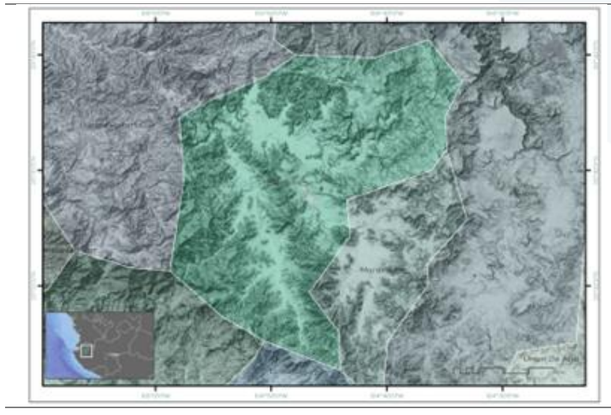


DMA* / **:	6.514379 hm³/año
DNC*** :	33.9 hm³anuales
R**** :	41.7 hm³/año
VEAS*****:	1.285621 hm³anuales

1442 Mascota

El acuífero Mascota se localiza en la porción oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 1,293.1 km², que equivale al 1.68% del territorio. Colinda con los acuíferos de Puerto Vallarta al noroeste, Mixtlán al noreste, Maravilla al sureste, Santa María y Tomatlán al suroeste.

Geológicamente se ubica en una zona de rocas ígneas extrusivas: toba ácida, basalto, volcanoclásticos, y brecha volcánica básica; al suroeste afloran una pequeña porción de rocas ígneas intrusivas (granitos); mientras que, en los valles de Mascota y Talpa de Allende existen depósitos de material aluvial.



DMA* / **:	7.535040 hm³/año
DNC*** :	58.7 hm³anuales
R**** :	74.7 hm³/año
VEAS*****:	8.464960 hm³anuales

1443 Maravilla

El acuífero Maravilla se localiza en la porción oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 432.8 km² que equivale al 0.56% del territorio. Colinda con los acuíferos de Mascota al oeste-noroeste, Mixtlán al este y suroeste con Tomatlán, todos pertenecientes al estado.

La geología está dada principalmente por rocas ígneas extrusivas (toba ácida, basalto y brecha volcánica básica); además, afloran rocas sedimentarias (arenisca-conglomerado) circundando los valles, así como, depósitos aluviales en los valles.



DMA* / **:	3.654790 hm³/año
DNC*** :	21.2 hm³anuales
R**** :	25.9 hm³/año
VEAS*****:	1.045210 hm³anuales

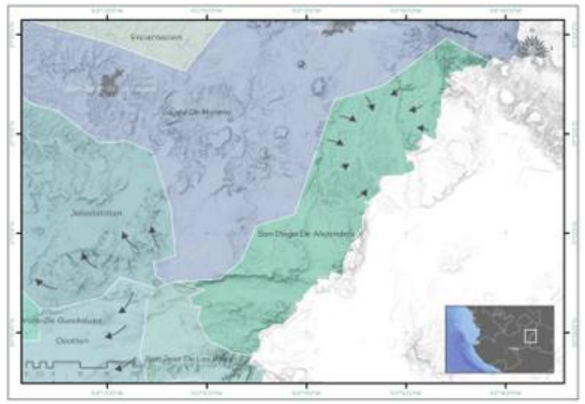
1444 San Diego de Alejandría

Ubicado en la porción noreste del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 48' y 21° 19' de latitud norte y los meridianos 101° 42' y 102° 13' de longitud oeste, cubre una superficie aproximada de 872 km² (1.16%). Limita al norte y oeste con el acuífero Lagos de Moreno; al sur con San José de Las Pilas, pertenecientes al estado de Jalisco y al este con los acuíferos Valle de León y Río Turbio, pertenecientes al estado de Guanajuato.

Es un acuífero tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, conformado por una secuencia de riolitas y tobas de permeabilidad baja que funciona como zona de recarga generando un escurrimiento superficial hacia el centro del valle compuesta por areniscas, conglomerados y basaltos fracturados que ayudan a la recarga del acuífero.

El comportamiento hidráulico está dado por una profundidad del nivel estático de 20 a 80 metros, donde los someros están asociados a la porción centro-norte del acuífero, los valores intermedios asociados al sur y los profundos asociados al oeste. La dirección preferencial de flujo es noreste-suroeste (hacia el centro del acuífero), al igual que la profundidad.

La hidrogeoquímica está dada en su mayoría por aguas cálcicas bicarbonatadas y en algunos puntos de tipo magnésica bicarbonatada (aguas recién filtradas).

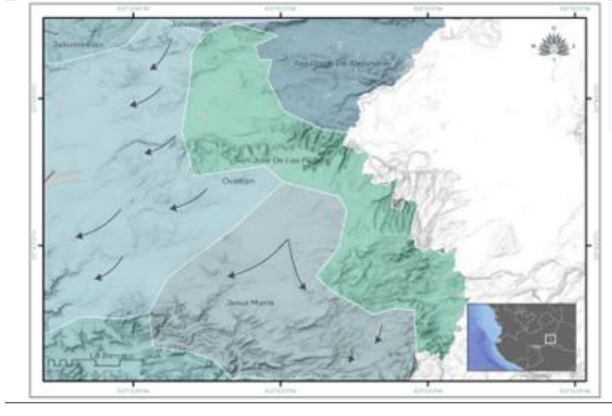


DMA* / **:	-6.544300 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	36.5 hm³/año
VEAS*****:	43.044300 hm³anuales
F	NE-SW

1445 San José de las Pilas

El acuífero San José de Las Pilas se localiza en la porción este del estado de Jalisco, y abarca un área de 460.2 km² que equivale al 0.59% del territorio. Colinda con los acuíferos de San Diego de Alejandría, Lagos de Moreno, Jalostotitlán, Ocotlán y Jesús María, pertenecientes al estado de Jalisco. Pénjamo-Abasolo y Río Turbio pertenecientes al estado de Guanajuato.

La geología del acuífero está dada por rocas ígneas extrusivas: andesitas, basaltos y riolita-toba ácida, está última constituyendo el 75% de la superficie y se caracteriza por ser poco permeable. Además de material de aluvión ubicado al noroeste y sureste del acuífero.



DMA* / **:	-3.057722 hm³/año
DNC*** :	6.3 hm³anuales
R**** :	18.3 hm³/año
VEAS*****:	15.057722 hm³anuales

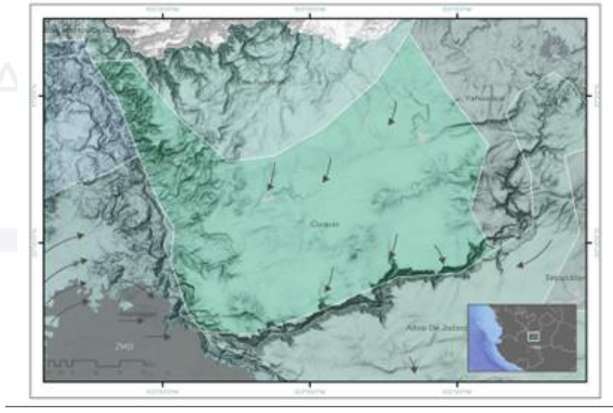
1446 Cuquio

Ubicado en la porción centro-norte del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 43' y 21° 04' de latitud norte y los meridianos 102° 57' y 103° 25' de longitud oeste; abarcando una superficie de 923 km² (1.20%). Limita al norte con el acuífero Los Puentes, al este con el acuífero Yahualica, al sur con el acuífero Altos de Jalisco y al oeste con los acuíferos Arenal y Atemajac, todos ellos pertenecientes al estado.

La hidrogeología está condicionada por un acuífero tipo libre, heterogéneo y anisótropo, tanto en sentido horizontal como vertical, el acuífero somero se distingue por gravas, arenas, limos y arcillas, suelos residuales. La profundidad del nivel freático oscila entre los 10 a 20 m. Las norias son los principales aprovechamientos que explotan estos horizontes. Sin embargo, este acuífero superficial es limitado ya que tiene un espesor reducido (10-20 m) que no permite sustentar su explotación.

Su comportamiento hidráulico está dado por una profundidad al nivel estático de 105 m en la porción centro y noreste; mientras que, al sureste es de 165 m lo cual refleja el comportamiento del acuífero profundo. El flujo subterráneo presenta una dirección preferencial norte–sur. Los valores máximos se localizan al norte, en la zona de El Consuelo y San Juan del Monte y disminuyen de forma gradual en dirección sur, hasta llegar a la margen del río Verde; zona San Antonio de los Vázquez y Mascuala.

La hidrogeoquímica está distribuida de la siguiente manera: al norte son aguas bicarbonatada-sódica la cual evoluciona hacia al sur a bicarbonatada-cálcica en la zona de descarga.



DMA* / **:	-2.184218 hm³/año
DNC*** :	2.1 hm³anuales
R**** :	12.5 hm³/año
VEAS*****:	12.584218 hm³anuales
F	N-S

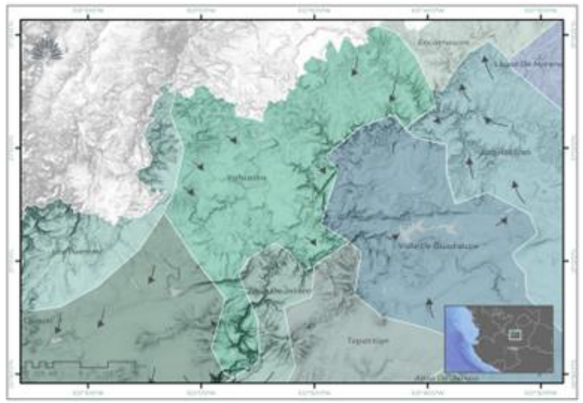
1447 Yahualica

Ubicado al noreste del estado de Jalisco, entre los paralelos 20° 49' y 21°21' de latitud norte y los meridianos 102° 39' y 103° 04' de longitud oeste. Colinda al norte con el acuífero Nochistlán del estado de Zacatecas; al poniente con los acuíferos Cuquío y los Puentes al sur con Altos de Jalisco y Tepatitlán y al oriente con los acuíferos Valle de Guadalupe, Jalostotitlán y Encarnación todos ellos pertenecientes al estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 944 km² que equivale al 1.23% del territorio.

Su hidrogeología está dada por un acuífero libre o semilibre con drenaje retrasado, o semiconfinado localmente, con 0.10 y 0.05 de coeficiente de almacenamiento, respectivamente; éste, aporta menos volumen de agua, es más sensible al bombeo y tiene menos oportunidad de recarga.

Las características del comportamiento hidráulico están dadas por una profundidad promedio de 50 m, el rango oscila entre 30 y 150 m. El flujo subterráneo tiene dirección poniente–oriente y norte–sur, similar a la del escurrimiento superficial.

Su hidrogeoquímica está dada por aguas de tipo cálcica bicarbonatada ligeramente sódica.

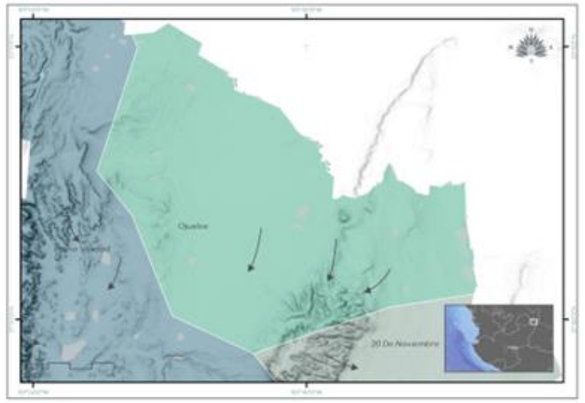


DMA* / **:	0.798698 hm³/año
DNC*** :	9.0 hm³anuales
R**** :	26.0 hm³/año
VEAS*****:	16.201302 hm³anuales
F	W-E

1448 Ojuelos

Se localiza en la porción sureste del estado de Jalisco entre los paralelos 22°01' y 21°49' de latitud norte y los meridianos 101°34' y 101°48' de longitud oeste. Colinda al norte y este con el acuífero Pinos del estado de Zacatecas, al sur con el acuífero 20 de Noviembre y al oeste con el acuífero Primo de Verdad, estos últimos pertenecientes al estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 290.55 km² que equivale al 0.37%.

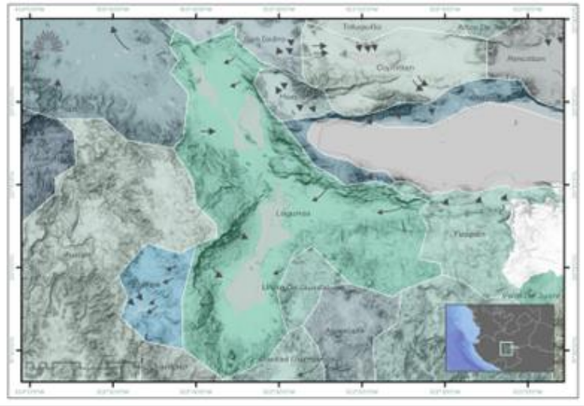
Su hidrogeología está dada por un drenaje dendrítico, siendo la principal corriente la del río Lagos o Cuarenta. El tipo de acuífero es acuitardo, debido a las secuencias de tobas, ignimbritas y riolitas que dominan el área. Tiene una profundidad de 8 a 11 metros promedio. El flujo subterráneo tiene una dirección similar a la del río Cuarenta, con una orientación NE-SW.



DMA* / **:	1.030115 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	9.4 hm³/año
VEAS*****:	8.369885 hm³anuales
F	NE-SW

1449 Lagunas

Geográficamente se localiza en la porción sureste del Estado de Jalisco entre los paralelos 20° 27' y 19°4 6' y los meridianos 103° 42' y 103° 12'. Limita al norte con los acuíferos Ameca, San Isidro y Huejotitlán; al sur con Jiquilpan, Ciudad Guzmán, Unión de Guadalupe y Aguacate; al este con los acuíferos Tizapán y Chapala y al oeste con Autlán y Tapalpa. Tiene una extensión superficial incluyendo la zona de recarga aproximada de 2136.77 km² que equivale al 2.66% del territorio estatal.



DMA* / **:	9.837300 hm³/año
DNC*** :	3.0 hm³anuales
R**** :	178.7 hm³/año
VEAS*****:	165.862700 hm³anuales
F	Endorreico

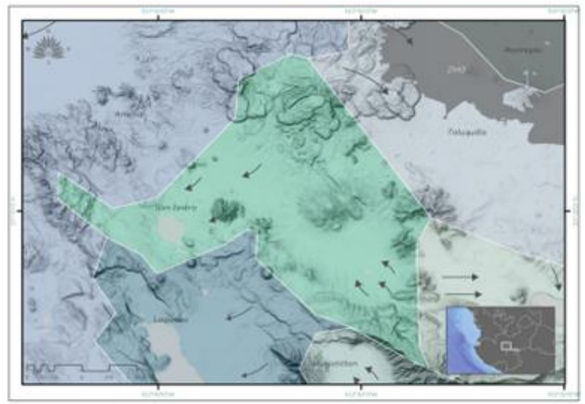
Las características hidrológicas están dadas por un acuífero constituido por sedimentos lacustres del Cuaternario, con espesores que llegan hasta 1,000 metros. La dirección de flujo subterráneo preferente es hacia las lagunas o partes bajas (1350 msnm) y circula a través de depósitos aluviales junto con arcillas y limos. El flujo en las partes altas transita en boleos y estratos de basaltos alterados.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

1450 San Isidro

El acuífero San Isidro se localiza al suroeste de la Ciudad de Guadalajara, en la cuenca de los ríos Vega y Cocula. La zona del acuífero queda comprendida entre las latitudes norte 20°22' y 20°37' y entre las longitudes 103°27' y 103°40' al oeste del meridiano de Greenwich. La zona comprende una cuenca hidrológica superficial, que abarca un área de 357.767 km^2 que equivale al 0.50% del territorio estatal.

La hidrogeología está dada por las siguientes características de tipo de acuífero, comportamiento hidráulico e hidrogeoquímica. Existen dos acuíferos principales, el superior tiene un espesor de 30 a 100 metros, y un semiconfinado en la porción central del valle con espesores de 100 a 300 metros. De acuerdo con los mapas de flujo horizontal subterráneo existen dos principales zonas de flujo, al norte el agua viaja de NE-SW hacia las lagunas, mientras que, al sureste existe otra de flujo con dirección noroeste. Las aguas profundas se clasifican como aguas bicarbonatadas sódicas, mientras que, en las norias se consideran aguas bicarbonatadas cálcicas, cloruradas sódicas, sulfatadas sódicas, sulfatadas cálcicas y bicarbonatadas sódicas.

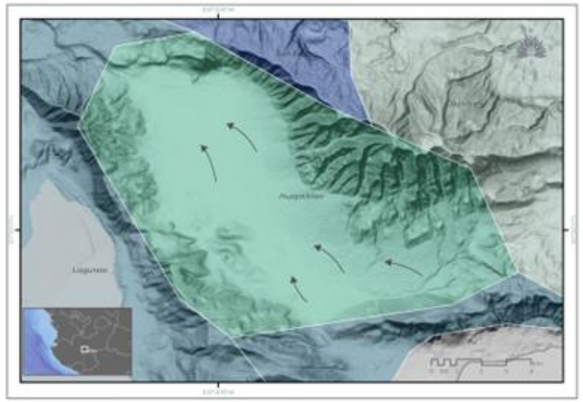


DMA* / **:	-1.980620 hm^3/año
DNC*** :	19.6 hm^{3}anuales
R**** :	64.2 hm^3/año
VEAS*****:	46.580620 hm^{3}anuales
F	NE-SW, SE-NW

1451 Huejotitlán

Se localiza en la porción central del Estado de Jalisco entre los paralelos 20°24'36" y 20°17'24" y los meridianos 103°33'00" y 103°17'24". Limita al norte con el acuífero San Isidro, al este Cajititlán, al oeste Lagunas y al sur Chapala. Tiene una extensión superficial de 120.41 km^2 que equivale al 0.16% del territorio.

Las características hidrogeológicas están dadas por un acuífero situado sobre sedimentos lacustres del Cuaternario, con espesores de hasta 1,000 metros y un flujo que viaja hacia las partes bajas y circula a través de depósitos aluviales junto con arcillas y limos. La dirección de flujo es del sureste donde se encuentran las zonas altas hacia el noroeste donde están las zonas bajas.



DMA* / **:	0.724826 hm^3/año
DNC*** :	0.0 hm^{3}anuales
R**** :	9.6 hm^3/año
VEAS*****:	8.875174 hm^{3}anuales
F	SE-NW

1452 Unión de Guadalupe

El acuífero Unión de Guadalupe se localiza en la porción sur del estado de Jalisco, y abarca un área de 139.9 km^2 que equivale al 0.18% del territorio estatal. Colinda al sur con Ciudad Guzmán, al sureste con Aguacate y el resto está delimitado por el acuífero Lagunas.

De acuerdo con la geología, se sitúa sobre rocas ígneas extrusivas (basalto (60%) y toba ácida (35%)). En las partes bajas del acuífero, al suroeste se identifican suelos de tipo aluvial y residual.

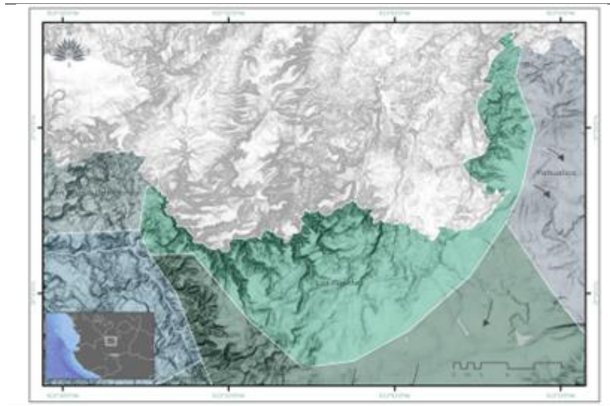


DMA* / **:	-8.423700 hm^3/año
DNC*** :	0.0 hm^{3}anuales
R**** :	6.6 hm^3/año
VEAS*****:	15.023700 hm^{3}anuales

1453 Los Puentes

El acuífero Los Puentes se localiza en la porción central del estado de Jalisco y abarca un área de 436.7 km^2 que equivale al 0.57% del territorio. Colinda al oeste con el acuífero San Martín de Bolaños, al sur con Cuquio, al este con Yahualica, todos pertenecientes al estado de Jalisco. El límite norte limita con Nochistlán, Jalpa-Juchipila y García de la Cadena pertenecientes al estado de Zacatecas.

El acuífero se encuentra dentro de una litología compuesto por rocas ígneas extrusivas, de las cuales el 70% es de tipo basáltico, 12% de basalto-brecha volcánica básica y más del 12% de riolita-toba ácida.

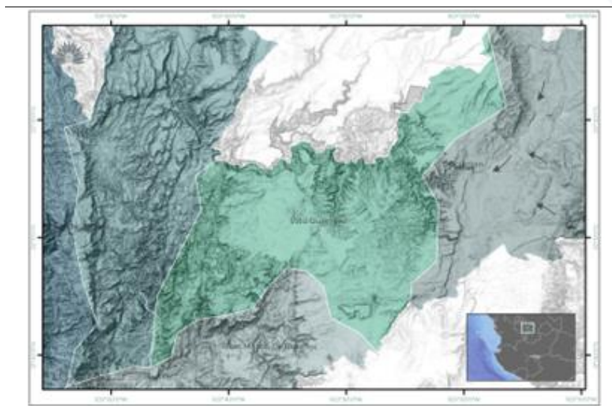


DMA* / **:	-0.291517 hm³/año
DNC*** :	13.6 hm³anuales
R**** :	19.5 hm³/año
VEAS*****:	6.191517 hm³anuales

1454 Villa Guerrero

El acuífero Villa Guerrero se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, y abarca un área de 1 023.5 km² que equivale al 1.33% del territorio. Está delimitado por los acuíferos de Mezquitic al oeste, San Martín de Bolaños al sur, Colotlán al noreste, todos pertenecientes al estado de Jalisco. Al norte colinda con Valparaíso y al sureste con Tlaltenango-Tepechitlán ambos pertenecen al estado de Zacatecas.

De acuerdo con la geología, el acuífero se sitúa sobre rocas ígneas extrusivas de las cuales un 85% son riolita-toba ácida (roca poco permeable), también hay afloramientos de basaltos y riolitas, y presencia de suelos aluviales y residuales en las partes bajas.

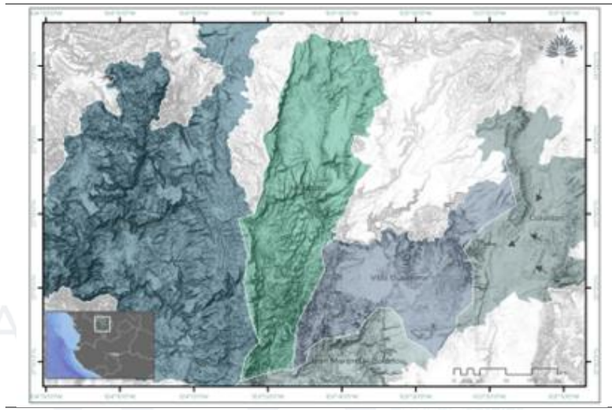


DMA* / **:	5.537671 hm³/año
DNC*** :	25.9 hm³anuales
R**** :	34.0 hm³/año
VEAS*****:	2.562329 hm³anuales

1455 Mezquitic

El acuífero Mezquitic se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, y abarca un área de 1 535.8 km² que equivale al 2.0% del territorio; colinda al oeste con el acuífero Norte de Jalisco, al sur con San Martín de Bolaños y al sureste con Villa Guerrero todos pertenecientes al estado de Jalisco; el límite norte está delimitado por Valparaíso correspondiente al estado de Zacatecas.

La geología del acuífero está dada en su totalidad por rocas ígneas extrusivas, más del 90% son riolitas-tobas ácidas, al centro afloran rocas sedimentarias (conglomerado y lutita-arenisca, y suelos aluviales y residuales).

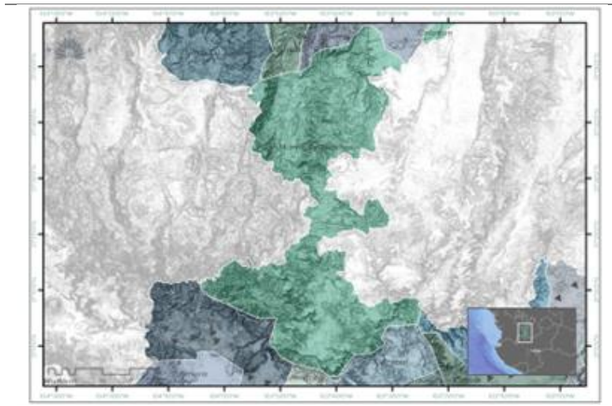


DMA* / **:	2.315073 hm³/año
DNC*** :	37.4 hm³anuales
R**** :	43.1 hm³/año
VEAS*****:	3.384927 hm³anuales

1456 San Martín de Bolaños

El acuífero San Martin de Bolaños se localiza en la porción norte del estado de Jalisco, y abarca un área de 4,155.7 km² que equivale al 4.17% del territorio estatal. Colinda al norte con los acuíferos de Norte de Jalisco, Mezquitic y Villa Guerrero. Al sur colinda con Tequila, Amatitán, Arenal y Los Puentes, todos pertenecen al estado de Jalisco. Al este colinda con Tlaltenango-Tepechitlán perteneciente al estado de Zacatecas. Al oeste colinda con Valle Santiago-San Blas perteneciente al estado de Nayarit.

La geología está definida por roca ígnea extrusiva, en su mayoría de tipo riolita-toba ácida (90%) y en su parte sur afloran basalto principalmente.

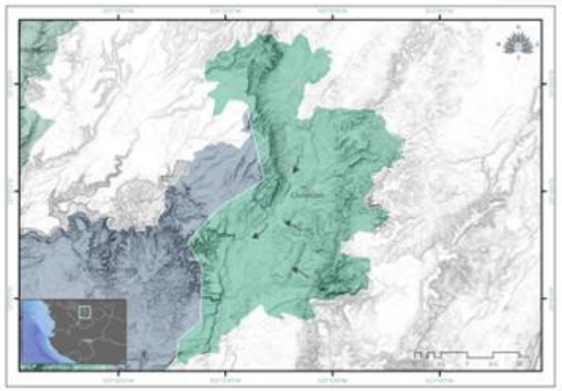


DMA* / **:	1.155170 hm³/año
DNC*** :	130.0 hm³anuales
R**** :	137.4 hm³/año
VEAS*****:	6.244830 hm³anuales

1457 Colotlán

Se ubica en la porción norte del Estado de Jalisco entre las coordenadas 21° 54' y 22° 25' de latitud norte y los 103°03' a los 103°25' de longitud oeste. Colinda al norte con los acuíferos de Valparaíso y Jerez, al este con Villanueva, al sur con el acuífero Tlaltenango-Tepechitlán, todos ellos del estado de Zacatecas, y al oeste con el acuífero Villa Guerrero del estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 1,064 km² que equivale al 1.58% del territorio.

La geohidrología está dada por un acuífero de tipo libre, cuyo basamento lo forman rocas volcánicas extrusivas consolidadas y sedimentarias, compactas y en ocasiones con presencia de permeabilidad secundaria por fracturamiento. El flujo proviene de los acuíferos del norte y descarga hacia la barranca del río Bolaños.

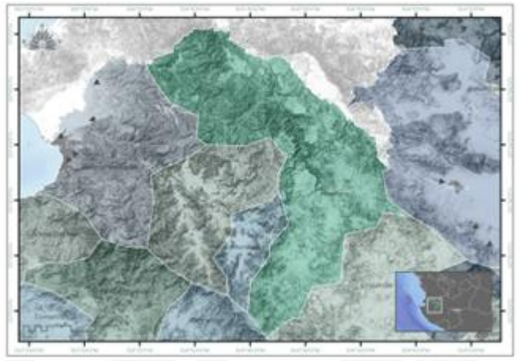


DMA* / **:	1.129604 hm³/año
DNC*** :	0.0 hm³anuales
R**** :	10.1 hm³/año
VEAS*****:	8.970396 hm³anuales

1458 Mixtlán

El acuífero Mixtlán se localiza en la porción oeste del estado de Jalisco, y abarca un área de 3,158.5 km² que equivale al 4.11% del territorio. Colinda al norte con Valle Amatlán de Cañas, Valle Ixtlán-Ahuacatlán y Valle de Banderas, todos pertenecientes al estado de Nayarit. Al este colinda con Puerto Vallarta, Mascota y Maravilla; al este con Ameca y Unión de Tula correspondientes al estado de Jalisco.

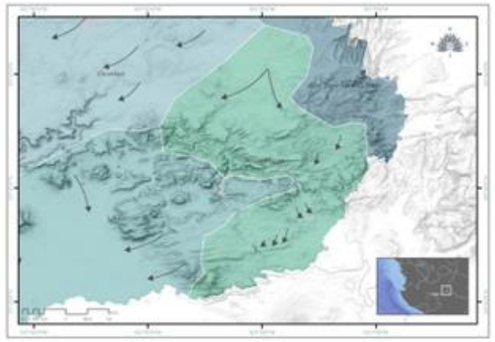
La geología de la zona está conformada por rocas ígneas extrusivas, principalmente toba ácida (60%) de la superficie y basalto (25%). Al centro hay afloramientos de andesitas caracterizadas por ser poco permeables y al noroeste hay rocas ígneas intrusivas de tipo graníticas que se consideran impermeables.



DMA* / **:	2.397754 hm³/año
DNC*** :	137.7 hm³anuales
R**** :	150.9 hm³/año
VEAS*****:	10.802246 hm³anuales

1459 Jesús María

Localiza al extremo Oriente del estado de Jalisco, en la región Tepatitlán-Arandas, al sureste de Los Altos; entre los paralelos 20° 21' y 20° 45' de latitud norte y los meridianos 102° 01' y 102° 19' de longitud oeste. Colinda al norte con los acuíferos San José de las Pilas y Ocotlán, del estado de Jalisco, al oriente con el acuífero Pénjamo-Abasolo del estado de Guanajuato, al sur con los acuíferos La Piedad y Briseñas-Yurécuaro del estado de Michoacán y, al occidente con el acuífero La Barca, también del estado de Jalisco. Cubre una superficie aproximada de 737 km² que equivale al 0.96% del territorio.La hidrogeología está dada por acuíferos confinados o semiconfinados en las zonas bajas, se alojan en derrames volcánicos fracturados y cubiertos por depósitos lacustres y aluviales de menor permeabilidad. En la zona de saturación el material piroclástico funciona como acuitardos. En la superficie del acuífero afloran depósitos lacustres de alta porosidad y poca permeabilidad en forma acuitardos de algunos metros de espesor. La profundidad varía en el rango de los 15 a 140 m, al centro-norte se tiene la zona más somera. El flujo subterráneo, en general, tiene una dirección de noreste-suroeste, el cual circula de las partes altas a las bajas.



DMA* / **:	-16.674589 hm^3/año
DNC*** :	6.1 hm^{3}anuales
R**** :	22.5 hm^3/año
VEAS*****:	33.074589 hm^{3}anuales
F	NE-SW

4.8. Clima

Distribución y variación de los climas

De acuerdo con Hubp, 2011 definimos al clima de una región como el estado más frecuente de la atmósfera, el cual varía tanto en espacio como en tiempo debido a la interacción de diversos factores como lo es la ubicación geográfica, relieve, tipología de suelos, cuerpos de agua, vegetación, sistemas globales de corrientes marinas y vientos (Critchfield, 1983; García, 1989). Köeppen (1918) clasifica el clima conforme a los rasgos característicos, como lo es la temperatura media del aire y la suma de precipitaciones pluviales, sin embargo, el alcance de este estudio es a macroescala.

En México, el sistema Köeppen-García (2004) permite representar con detalle la distribución de climas en México a mesoescala, ya que no solo considera la relación clima-vegetación, sino que también considera la orografía. De tal forma en Jalisco se pueden encontrar seis grupos principales de climas, como se describen a continuación:

Clima cálido subhúmedo con lluvias en verano A(w)

Es el más cálido de los tipos que se presentan en el estado, cubre aproximadamente 24.46%, la temperatura promedio tiene un rango de 26°C, la del año más frío se presentó en enero de 1975 con 23.1 °C y el más caluroso ha sido de 29.1 °C ocurrida en junio de 1990; la precipitación total anual es de 800 a 900 mm rebasó los 1,200 mm en los años más lluviosos y es menor de 500 mm en los años secos. Este tipo de clima prevalece en el oeste de Jalisco desde la costa hasta las estribaciones de la sierra, al este y norte del Nevado de Colima y en la barranca de Oblatos.

Clima semicálido subhúmedo con lluvias en verano ACw

Cubre una extensión aproximada de 45.77%, con temperatura media anual de 18 a 21 °C, la temperatura más fría registrada ha sido de 15^0 C en enero de 1983 y la más cálida en julio de 1980 de 22° C. La precipitación total anual es de 600 a 900 mm; la precipitación del año más seco oscila entre 350 y 650 mm y la del más lluvioso ha sido de 1,000 a 1,500 mm. Este clima es el que se extiende con mayor amplitud en la porción central del estado en la parte plana y menos montañosa. En esta región se asientan las principales ciudades de Jalisco: Guadalajara, Ameca, San Juan de los Lagos y Ciudad Guzmán, entre otras.

Clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w)

Cubre una superficie de 16.29% y la temperatura media anual es del rango de los 16°C. La temperatura del año más caliente se registró en Tapalpa de 19.5°C, fue en junio 1962 y la más baja de 10.9°C en febrero de 1992; respecto a las lluvias la precipitación total anual es de 900 mm aproximadamente y se registran más de 1,500 mm en los años lluviosos y menos de 600 mm en el más seco; impera al sur de San Juan de los Lagos y Colotlán, al norte de Ciudad Guzmán, en los límites con Zacatecas, en el Eje Neovolcánico, en la sierra El Tuito, Loma Blanca y Calcomán.

Clima semiseco muy cálido y cálido BS,(h')

Cubre una superficie de 2.60%, la temperatura media anual reportada en Bolaños es de 24°C; la temperatura del año más caliente registrada es de 29.7°C en mayo de 1994 y la más baja de 19.4°C en enero de 1984; respecto a la precipitación total anual, es de 600 mm, registrándose más de 700 mm en los años más lluviosos y alrededor de 400 mm en el año más seco.

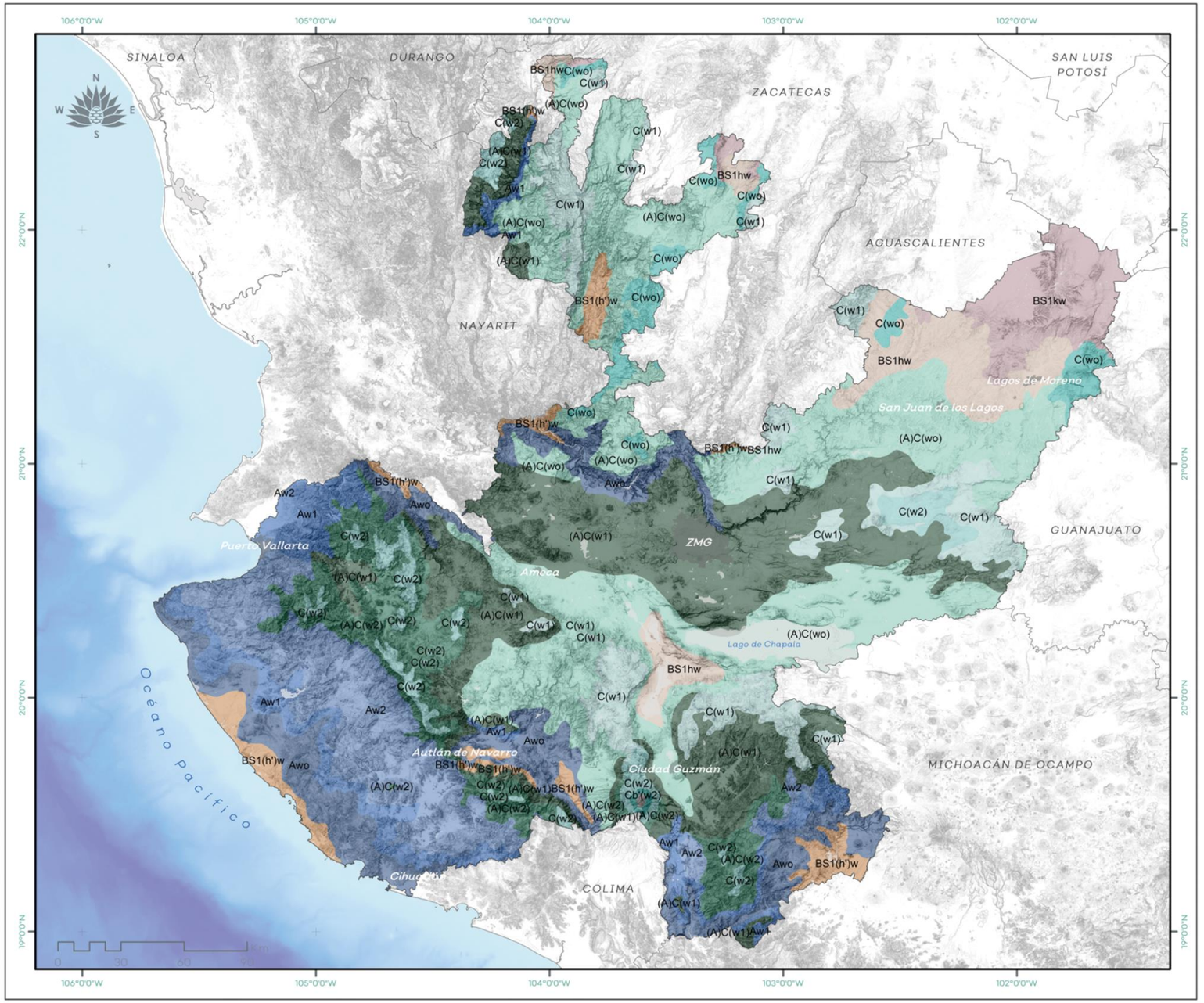
Clima semicálido BS,h

Este tipo de clima impera en 6.74% del total de la superficie estatal y se localiza al norte, noreste y una pequeña área de la costa. La temperatura promedio es del rango de 17.1°C; se registró la más alta en agosto de 1994, de 25.8°C y la más baja de 10.5°C en enero de 1970; se distribuye en la parte norte y noreste del estado.

Clima semiseco templado BS,k

Prevalece en la porción norte del estado (al noreste de Colotlán) y en el noreste (en la región de Ojuelos de Jalisco). Cubre 4.14% de la superficie estatal; la temperatura media anual es de 16 a 18°C y la precipitación promedio es de 500 a 600 mm.

Sin embargo, Ruiz-Corral et al., (2021) determinaron la presencia de 29 variantes climáticas, a nivel de tipo y subtipo climático, según el sistema Köeppen-García (2004) los cuales proporcionan una clara idea sobre la climatología del estado (Tabla MF-25) y muestran la predominancia de los climas semicálidos en el estado, puesto que sumando los semicálidos del grupo C con los semicálidos del grupo A, resulta que aproximadamente la mitad (45.76%) del territorio estatal posee un clima semicálido, dando como resultado una condición climática transicional en el estado, entre climas cálidos y templados que resultan ideales para una gran diversidad de especies de plantas.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07

Clasificación de climas principales

- (A)C(w1)
- (A)C(w2)
- (A)C(wo)
- Awo
- Aw1
- Aw2
- BS1(h')w
- BS1hw
- BS1kw
- C(w1)
- C(w2)
- C(wo)
- Cb'(w2)
- E(T)CHw

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
CONABIO. Climas (Clasificación de Kleppen - García). Escala 1:1,000,000. 1998.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Tabla MF-25. Representatividad de los climas de Jalisco en términos de cobertura territorial.

Clima	Superficie estatal		Descripción
	ha	%	
BS1kw	543 797.82	6.86	Semiárido templado con verano cálido (TMA 12-18 °C; TMMC≥ 18 °C); lluvias de verano
BS1hw	260 948.56	3.29	Semiárido semicálido (TMA 18-22 °C; TMMF< 18 °C), lluvias de verano
BS1(h')hw	1 6497.15	0.21	Semiárido cálido (TMA≥ 22 °C; TMMF< 18 °C), lluvias de verano
BS1(h')w	270 938.33	3.42	Semiárido cálido (TMA≥ 22 °C; TMMF≥ 18 °C), lluvias de verano
Aw0	702 697.74	8.87	Cálido con lluvias de verano; CPT< 43.2
Aw1	745 402.32	9.41	Cálido con lluvias de verano; CPT entre 43.2 y 55.3
Aw2	258 621.69	3.26	Cálido con lluvias de verano; CPT> 55.3
Am	18 379.05	0.23	Cálido con lluvias monzónicas de verano
A(C)w0	117 981.09	1.49	Semicálido del grupo A con lluvias de verano; CPT< 43.2
A(C)w1	139 754.40	1.76	Semicálido del grupo A con lluvias de verano; CPT entre 43.2 y 55.3
A(C)w2	72 729.63	0.92	Semicálido del grupo A con lluvias de verano; CPT> 55.3
A(C)m	22 000.78	0.28	Semicálido del grupo A con lluvias monzónicas de verano
(A)Ca(w0)	1 453 999.33	18.35	Semicálido con verano cálido; lluvias de verano; CPT< 43.2, TMMC> 22 °C.
(A)Ca(w1)	995 844.42	12.57	Semicálido con verano cálido; lluvias de verano; CPT de 43.2 a 55, TMMC> 22 °C
(A)Ca(w2)	59 656.04	0.75	Semicálido con verano cálido; lluvias de verano; CPT> 55, TMMC> 22 °C
(A)Ca(m)	15 835.33	0.2	Semicálido con verano cálido; lluvias monzónicas de verano y TMMC> 22 °C
(A)Cb(w0)	193 105.16	2.44	Semicálido con verano fresco largo; lluvias de verano; CPT< 43.2, TMMC< 22 °C.
(A)Cb(w1)	415 174.2	5.24	Semicálido con verano fresco largo; lluvias de verano; CPT de 43.2 a 55, TMMC< 22 °C
(A)Cb(w2)	156 145.99	1.97	Semicálido con verano fresco largo; lluvias de verano; CPT> 55, TMMC< 22 °C
(A)Cb(m)	12 214.29	0.15	Semicálido con verano fresco largo; lluvias monzónicas de verano; TMMC< 22 °C
Ca(w0)	52 912.85	0.67	Templado con verano cálido; lluvias de verano; TMMC> 22 °C, CPT< 43.2
Ca(w1)	4.78	0.0001	Templado con verano cálido; lluvias de verano; TMMC> 22 °C, CPT de 43.2 a 55
Cb(w0)	337 244.46	4.26	Templado con verano fresco largo; lluvias de verano; TMMC< 22 °C, CPT< 43.2
Cb(w1)	762 630.64	9.62	Templado con verano fresco largo; lluvias de verano; TMMC< 22 °C, CPT de 43.2 a 55
Cb(w2)	295 057.66	3.72	Templado con verano fresco largo; lluvias de verano; TMMC< 22 °C, CPT> 55
Cb(m)	2 220.39	0.03	Templado con verano fresco largo; lluvias monzónicas de verano; TMMC< 22 °C
C(b')(w2)	472.7	0.01	Semifrío con verano fresco largo. TMA de 5 a 12 °C, >4 meses >10 °C
Cc(w2)	1 361.76	0.02	Semifrío con verano fresco corto. TMA de 5 a 12 °C, <4 meses >10 °C
E(T)C	59.59	0.001	Clima frío, con TMA de -2 a 5 °C y el MMF> 0 °C

Fuente: Ruiz-Corral et al., (2021).

La nomenclatura utilizada en la descripción de los 29 climas es la siguiente:

- TMA= temperatura media anual
- TMMF= temperatura media del mes más frío
- TMMC= temperatura media del mes más cálido
- CPT= cociente precipitación anual/temperatura media anual.

Regionalización de los climas

De acuerdo con el análisis regional (Tabla MF-26) se determinó que tres regiones destacan por su variación climática: la Región Sur presenta 21 tipos de climas lo que equivale al 72.4% de la variación climática; la Región Costa Sierra occidental presenta 19 tipos de climas que equivale al 65.5% de variación y Sierra de Amula cuenta con 18 diferentes climas (62.1%).

La Región Altos Norte (II) es predominantemente semiárida templada, ya que 56.36% de su territorio está ocupada por el clima BS1kw. La Región Altos Sur (III) es mayormente templada con verano fresco largo y un temporal de lluvias moderadamente húmedo debido a que el 51.22% de su superficie está representada por el clima Cb(w1).

Las regiones Valles (X) y Centro (XII), el clima (A)Ca(w1) es el más representativo (58.39% de la superficie regional), referenciándolas como regiones semicálidas, templadas con tendencia a cálidas y temporal moderadamente húmedo.

Las regiones Norte (I), Ciénega (IV) y Lagunas (XI) también pueden ser tipificadas como regiones semicálidas, pero, con un temporal moderadamente seco, dada la predominancia del clima (A)Ca(w0).

Las regiones Sur (VI) y Costa Sierra Occidental (IX) no presentan una clara predominancia de un clima, debido a su alta diversidad ambiental, lo cual promueve una alta variedad florística importante (Suárez-Mota et al., 2017).

La Región Costa Sur (VIII) presenta un 72% de clima cálido Aw (Aw1 47.67% y Aw0 25.05%). En la Región Sierra de Amula (VII) predominan tres variantes del clima (A)C. La Región Sureste (V) predominan cuatro climas que cubren una gama que va del Aw hasta el templado Cb(w).

Tabla MF-26. Porcentaje territorial de los diversos climas en las regiones ecológicas de Jalisco.

Clima	Regiones											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
BS1kw	5.97	56.36	0.01			0.04	0.02					
BS1hw	12.46	13.51	0.06			1.28	0.74				0.12	
BS1(h')hw	1.59										0.02	
BS1(h')w	4.41				8.12	13.41	4.08	6.44				
Aw0	6.84				12.23	13.17	9.69	25.05	4.56	22.8		3.71
Aw1					0.002	13.7	6.66	47.61	14.39			
Aw2						0.01	0.04	12.38	15.24			
Am									2.03			
A(C)w0	0.11				3.67	5.49	2.41		1.93	1.26		
A(C)w1					0.11	8.53	1.71	0.92	5.35	0.01		
A(C)w2						0.62	0.42	2.48	4.52			
A(C)m									2.42			
(A)Ca(w0)	34.22	4.1	22.25	62.24	19.52	5.63	28.07		0.48	24.9	48.96	23.3
(A)Ca(w1)	3.86		2.87	19.2	4.99	11.97	13.77	0.48	11.01	44.3	7.71	58.39
(A)Ca(w2)						0.06	0.65	1.21	4.81			
(A)Ca(m)									1.75			
(A)Cb(w0)	1.35	3.12	2.65	1.2	4.83	7.13	2.57	0.6	0.002	0.78	6.46	1.3
(A)Cb(w1)	2.62		7.69	10.49	12	7.77	11.83	0.005	4.08	3.71	8.45	8.26
(A)Cb(w2)					0.68	1.56	3.63	1.75	11.13	0.33		0.0003
(A)Cb(m)									1.35			
Ca(w0)	3.32	2.93	2.18									
Ca(w1)			0.0007									
Cb(w0)	11.5	16.78	10.69	0.24	0.58	0.05	0.004				0.17	
Cb(w1)	11.75	3.2	51.22	6.63	24.05	5.59	3.75		0.28	0.65	21.41	4.76
Cb(w2)	0.001		0.37	0.003	9.22	3.76	9.95	1.08	14.42	1.25	6.7	0.28
Cb(m)									0.24			
C(b')(w2)						0.06						
Cc(w2)						0.16						
E(T)C	0.01											
Total	14	7	11	7	13	21	18	12	19	10	9	8

Fuente: Ruiz-Corral et al., (2021).

Precipitación

Podemos definir la precipitación como cualquier agua meteórica que se forma en la superficie terrestre, incluye: lluvia, nieve y granizo. El fenómeno ocurre cuando las partículas de agua que se encuentran en las nubes interactúan con partículas de polvo, humo o sales incrementando su tamaño y densidad, provocando que se desplomen a la superficie. Otro factor importante es la temperatura ya que, al enfriarse, favorece la formación de nubes y su crecimiento propiciando la formación de gotas o cristales grandes.

Para poder entender el comportamiento de los climas es necesario conocer el comportamiento de las variables climatológicas, especialmente la precipitación y temperatura, ya que son factores que pueden beneficiar o afectar a la población, dependiendo su comportamiento.

Se realizó el análisis de precipitación para un periodo de 109 años, a partir de los datos Climatológicos 1902-2011 de INEGI. El proceso se realizó con datos ráster de precipitación promedio mensual para el lapso definido, consultado y respaldado por el Atlas Climático Digital de México del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.

Precipitación anual

De acuerdo con el análisis realizado, la precipitación anual se basó en la suma de las precipitaciones medias mensuales, donde se obtuvo un rango de 424 mm en las zonas más secas del estado hasta 1,837 mm para las zonas más húmedas como se puede observar en el Mapa MF-07a.

Las zonas de menor acumulación de precipitación anual están asociadas a las regiones del Norte y Altos Norte, específicamente en los municipios de Huejuquilla el Alto, Mezquitic, Ojuelos de Jalisco y Lagos de Moreno donde existen zonas que solo reciben un promedio menor a 500 mm de lluvia anual. La región Altos Norte es la que recibe la menor cantidad de lluvia a nivel estatal con un máximo de 750 mm.

El rango de precipitación para la región Altos Sur va desde 650 mm al norte de está hasta los 1,000 mm al este de Arandas en el sector sur sureste de la región.

En la región Centro se tienen precipitaciones anuales mínimas de 730 mm al sur en la sierra que limita con la región Sureste y Ciénega, mientras que, las precipitaciones máximas (1,000 mm) se encuentran ubicadas al noreste de Tesistán. La Zona Metropolitana de Guadalajara recibe de 900 mm al sur de esta hasta 950 mm promedio al norte.

La región Ciénega recibe un acumulado mínimo de 720 mm en las zonas montañosas cerca de Poncitlán; mientras que, las mayores precipitaciones (casi 900 mm) se ubican en la zona noreste de la región en las mesetas y valles de Atotonilco el Alto.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
ALTOS

La región de Valles recibe precipitaciones máximas de 1,000 mm en las zonas aledañas a Tala, en comparación con índices de 680-700 mm en los límites con el estado de Nayarit.

La región de Lagunas tiene precipitaciones mínimas de 550-700 mm en las inmediaciones de las lagunas; esto propicia a que en la región ocurra el fenómeno de tormentas de polvo. Los valores máximos (930 promedio) están asociados a la zona de Sierras volcánicas de laderas escarpadas que se encuentran al oeste de las lagunas.

La región Sureste tiene valores mínimos al norte, en las inmediaciones de la Laguna de Chapala, con valores promedio de 720 mm, mientras que hacia la zona de Sierras altas complejas al sur de la región los valores máximos son de 1,500 mm promedio.

La región sur tiene valores máximos en las partes alta del Volcán de Colima (1,430 mm), y en las sierras altas complejas especialmente en la localidad de Pihuamo (1,500 mm), mientras que, los valores mínimos están asociados al flanco derecho del Volcán de Colima donde los valores promedio son de menos de 600 mm. La llanura aluvial en la que se ubica Ciudad Guzmán recibe un promedio de 650 mm anuales.

Las partes bajas de las regiones de Sierra de Amula en los valles de laderas escarpadas tienen acumulaciones de precipitación mínima de 650-700 mm. Las mayores acumulaciones de precipitación de 1,250 a 1,300 promedio están asociadas a la zona de sierras al oeste de la región. Autlán de Navarro recibe en promedio 730 mm anuales.

La región Costa Sur en su parte costera presenta la menor cantidad de precipitación con mínimos de 550-600 mm anuales, mientras que conforme sube la altitud los valores incrementan hasta llegar a los 1,800´s mm en las zonas más altas de la sierra.

La región Costa Sierra Occidental tiene una distribución en la cantidad de precipitación al igual que la de Costa Sur influenciado por la altitud del relieve montañoso ya que en sus costas recibe valores mínimos de 600 mm y va aumentando hasta llegar a los 1,800 mm en las partes más altas de la región. Los valles de Mascota y Talpa de Allende reciben un promedio de 1,000 mm anuales. Para la zona turística de Puerto Vallarta el rango de precipitación oscila entre 1,100 mm en las zonas de Ixtapa y más alejadas de la costa, mientras que, en las zonas de Conchas Chinas y Amapas recibe un promedio de 1,400 mm.

Las zonas montañosas de la Sierra Madre del Sur tienen los índices de mayor acumulación ya que los factores de elevación y temperatura promueven la acumulación y precipitación causando el efecto de sombra geográfica. En promedio las sierras de esta zona tienen acumulaciones mayores a 1,000 mm las cual aumentan conforme la altura. Dentro de esta zona el municipio de Tomatlán a la altura de las comunidades de Cimarronas y Llano Grande tiene acumulaciones mayores a 1,800 mm de lluvia anual. La parte alta de las sierras de los municipios de Cabo Corrientes, Tomatlán, Villa Purificación y Talpa de Allende tienen un promedio de precipitación anual de 1,700 – 1,8000 mm.

Meses de menor precipitación

De acuerdo con el análisis realizado, se determinó las zonas de cada mes donde se recibe la menor cantidad de precipitación. Generalmente el estado recibe la menor precipitación en la temporada de sequía la cual va desde febrero hasta mayo, donde los meses de marzo y abril son los menos lluviosos para casi todas las regiones. Al noreste en los Altos Norte hay una región que recibe muy poca lluvia a finales de año en los meses de noviembre y diciembre (Mapa MF-07b).

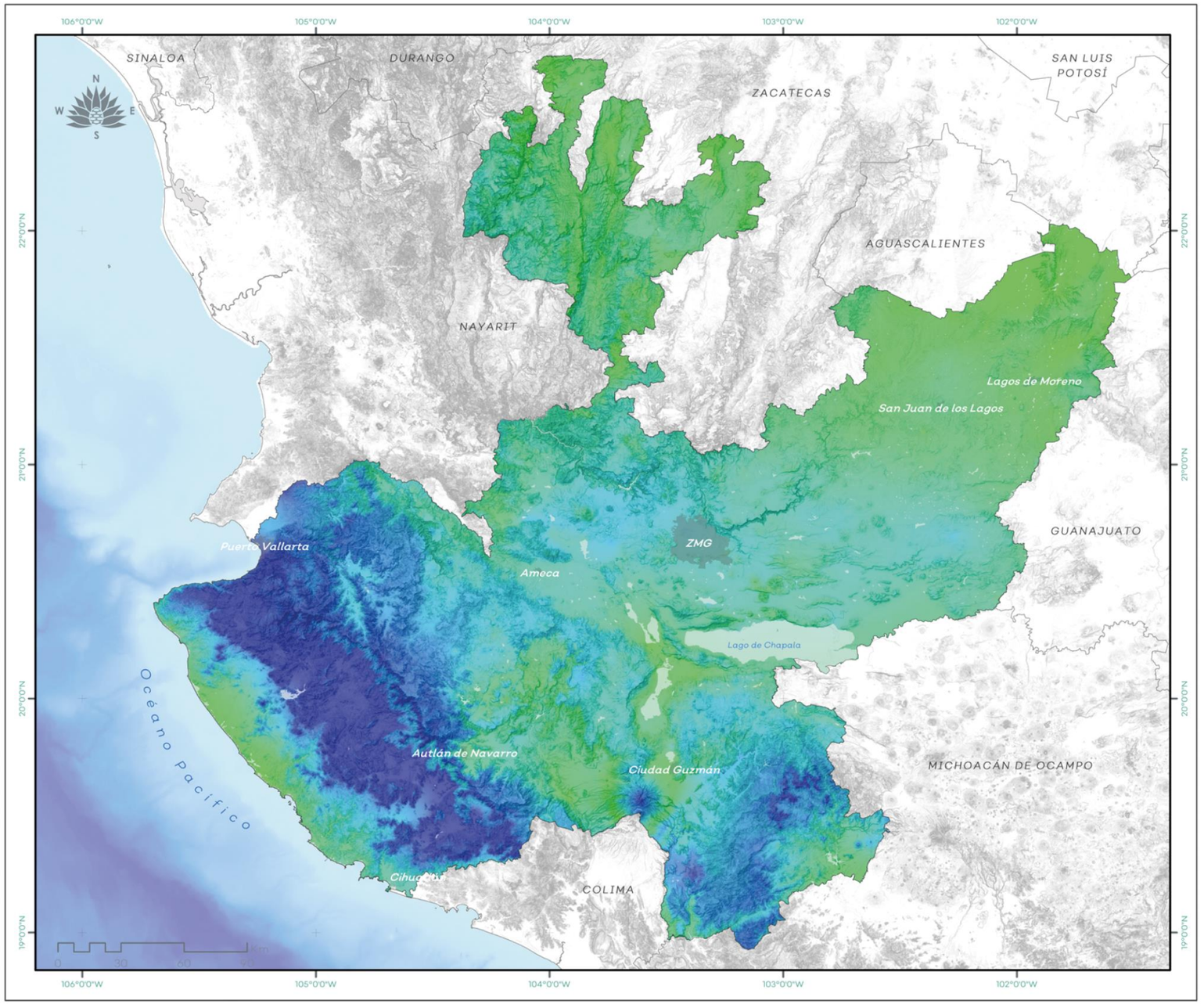
En febrero varias zonas reciben poca lluvia, localizadas en las Provincias del Eje Neovolcánico y la Sierra Madre del Sur. Las localidades afectadas principalmente son: los valles de Atotonilco el Alto, Ocotlán y Poncitlán en la región de Ciénega; Mazamitla y sus alrededores en la región Sureste; Parte de las laderas del Volcán de Colima en la región Sur; Ayutla en la región Sierra de Amula, y la localidad de José María Pino Suarez (Nuevo Nahuapa) y comunidades aledañas en la región Costa Sur.

El mes de marzo recibe la menor cantidad de lluvia para la mayor parte del estado, especialmente en toda la zona centro y noreste correspondiente al Eje Neovolcánico en la Zona Metropolitana de Guadalajara y localidades aledañas al centro; Tepatitlán, Arandas, San Juan de los Lagos, Lagos de Moreno y casi toda la región de los Altos de Jalisco; Ciudad Guzmán al sur, y partes de la Sierra Madre Occidental al norte.

En abril el occidente y sur del estado recibe la menor cantidad de lluvia, así como, partes de la Sierra Madre Occidental al norte. Las localidades de Puerto Vallarta, Ameca y Autlán de Navarro son algunas de las que se ven afectadas durante este mes.

En mayo solamente una pequeña zona en el municipio de Tomatlán recibe poca lluvia.

El extremo noreste de la Región Altos Norte en los que corresponde a la Discontinuidad Sierra Cuatralba y partes de la Subprovincia Llanuras de Ojuelos-Aguascalientes es una región donde el mes con menos lluvia es en noviembre. Está zona se ubica entre las localidades de Ojuelos de Jalisco y Lagos de Moreno. En el mes de diciembre una región de sierras y lomeríos de aproximadamente 300 km2 presenta la menor cantidad de lluvia en el mes localizada a 10 km al norte de Lagos de Moreno.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07a

Precipitación anual acumulada (mm)

1837
1600
1300
1000
700
424

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



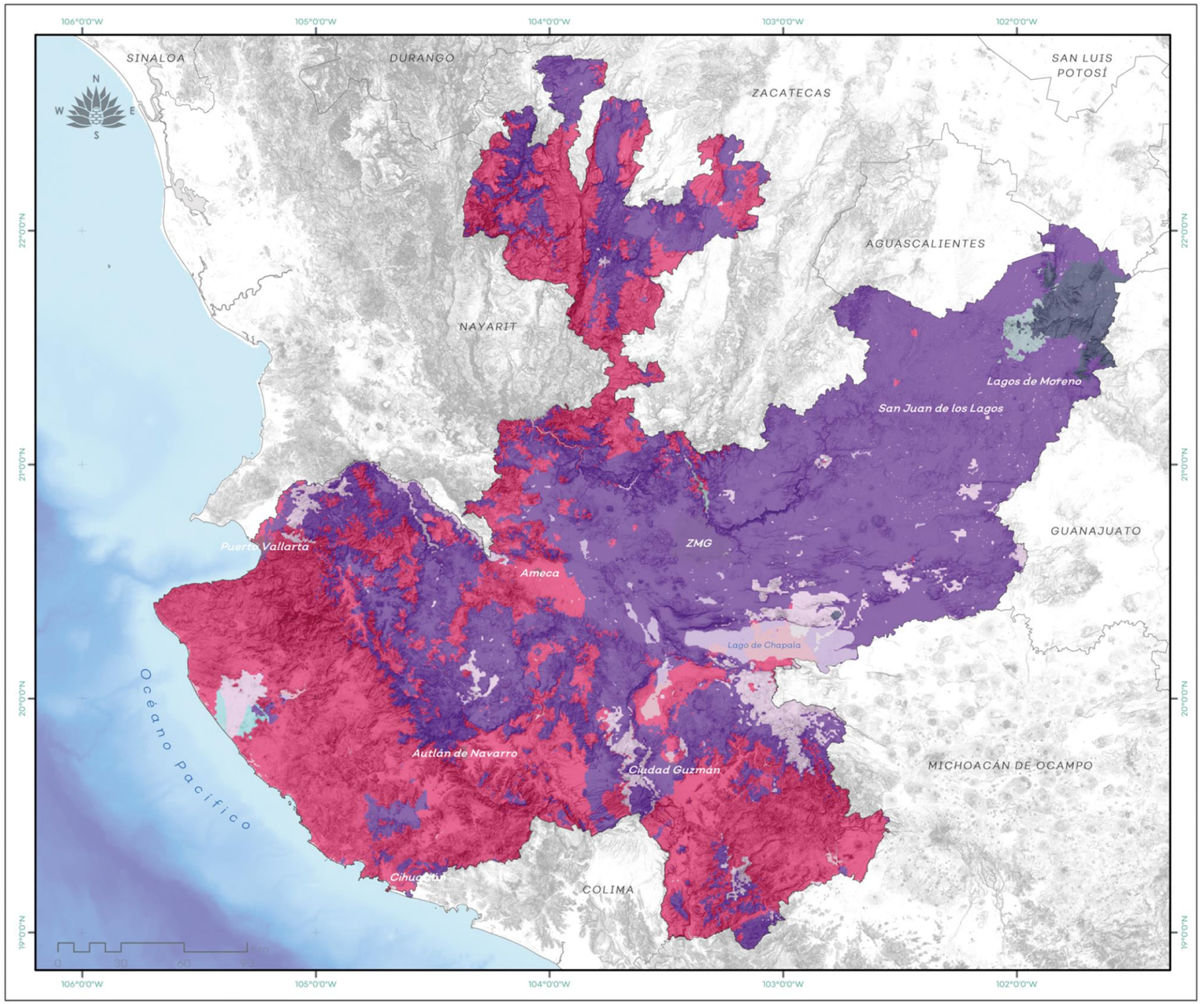
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Climas 1902-2011 (Modificación Köeppen - García - INEGI). Precipitación total anual. 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07b

Distribución espacial de los meses en los que hay menor precipitación

- Febrero
- Marzo
- Abril
- Mayo
- Noviembre
- Diciembre

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



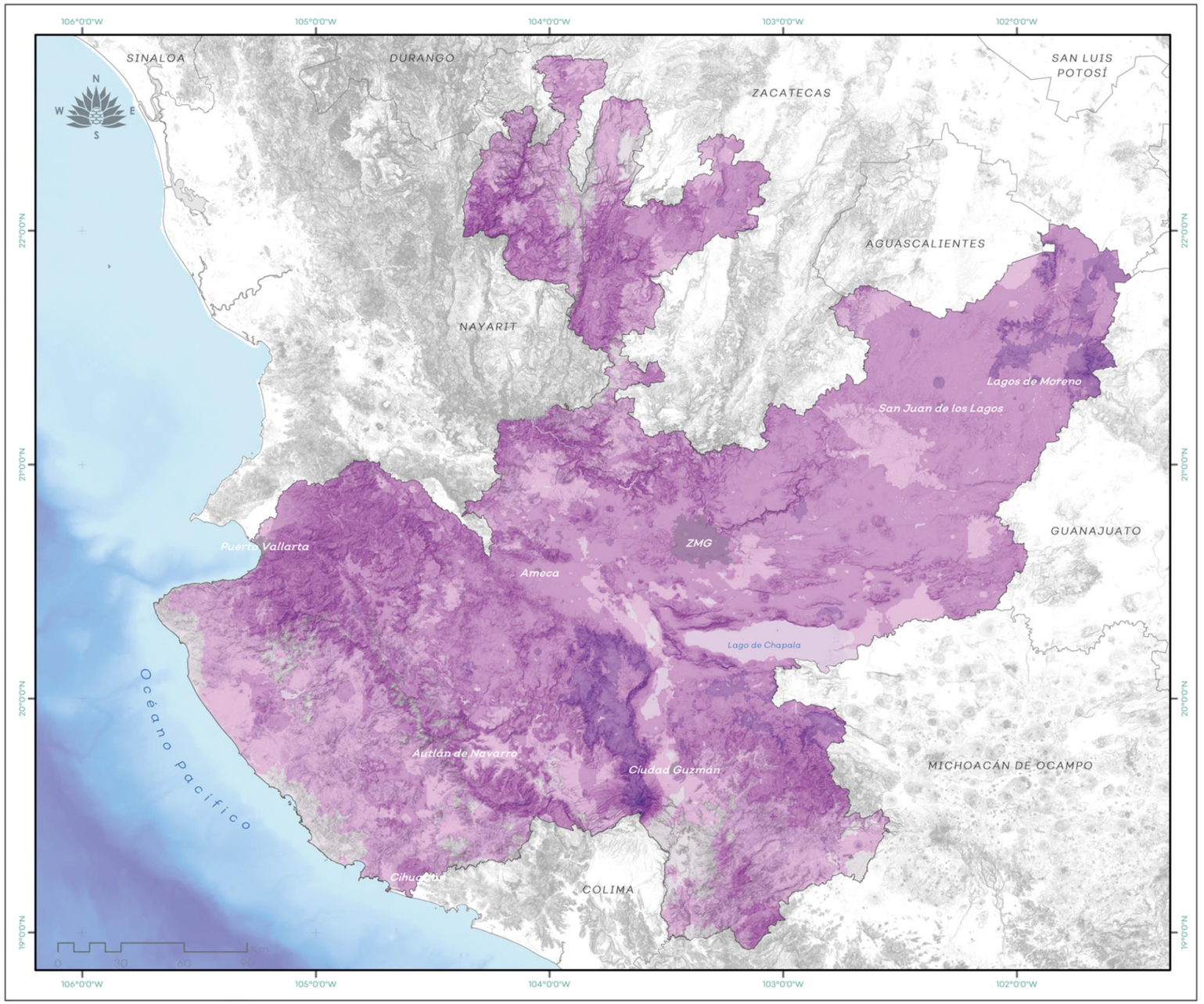
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Climas 1902-2011 (Modificación Köeppen - García - INEGI). Meses de precipitación mínimal. 2022. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07c

Precipitación mínima anual acumulada (mm)

17
14
10
7
3
0

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Climas 1902-2011 (Modificación Köeppen - García - INEGI). Precipitación mínima. 2022. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Precipitación mínima de los meses más secos

De acuerdo con el análisis de precipitación, los meses más secos presentan un rango de lluvia de 0-17 mm a nivel estatal, sin embargo, se estima que el 90% del territorio recibe menos de 8 mm de lluvia como se observa se observa en el Mapa MF-07c.

Las zonas que reciben la mayor cantidad de lluvia (8-17 mm) se localizan en las regiones del sur principalmente: en las Sierras del Nevado de Colima, Tapalpa y Mazamitla, así como, al noreste en los lomeríos y sierras de la región de Altos Norte. Lagos de Moreno llega a alcanzar los 17 mm de lluvia en marzo, el mes más seco al sur del Río Lagartos; el rango para la región es de 7-17 mm. Por su parte, la cima del Volcán de Colima llega a alcanzar los 16 mm en su parte más alta, y su rango oscila entre los 7-16 mm de lluvia.

Las regiones del Norte, Altos Sur, Ciénega, Centro, Valles, Costa Sierra Occidental, Costa Sur reciben menos de 8 mm de lluvia en toda su extensión. En marzo, el mes más seco, la Zona Metropolitana de Guadalajara recibe entre 4-5 mm de lluvia; por su parte Ciudad Guzmán recibe de 2-3 mm de lluvia.

Puerto Vallarta en abril, su temporada más seca, llega a recibir de 2-4 mm de lluvia; por su parte, Ameca recibe de 5-6 mm en el mismo mes. Autlán de Navarro recibe de 3-6 mm de lluvia.

Existen 5 zonas con precipitación nula en la temporada de sequía de marzo y abril: en el extremo norte cerca de la localidad de Mezquitic; al occidente en las costas del Municipio de Cabo Corrientes especialmente en la localidad de Aquiles Serdán; al sur en las costas del Municipio de La Huerta en las localidades de Francisco Villa-Emiliano Zapata y Arroyo Seco; en el flanco derecho del Volcán de Colima cerca de las localidades de Tonila-San Marcos y Pihuamo; y por último en la región de Lagunas en las inmediaciones de la localidad de Zacoalco de Torres.

Meses de máxima precipitación

Se determinó que la temporada de lluvias ocurre durante el verano, desde finales de junio hasta finales de septiembre. El Mapa MF-07d muestra la distribución de las zonas del estado que presentan la mayor cantidad de lluvia por mes.

En parte de las regiones de Sierra de Amula y Lagunas se presentan las precipitaciones máximas en el mes de junio, en lo que corresponde a la Sierra de Tapalpa.

En julio se presentan las precipitaciones máximas para casi todo el estado. Incluyendo parte de las regiones: Norte, Altos Norte, Sureste, Sur, Lagunas, Costa Sur y Costa Sierra Occidental, así como, la totalidad de las regiones: Altos Sur, Ciénega, Valles y Centro.

En agosto, las zonas con precipitaciones máximas son: ciertas mesetas y sierras de la Región Norte; lomeríos y sierras al norte de Lagos de Moreno en la Región Altos Norte; en la Región Sur el Nevado de Colima y la Sierra de Alo y Lalo; mientras que, en la Región Costa Sierra Occidental la llanura del Río Ameca y las partes altas de la Sierra de la costa de Jalisco también presentan su temporada de precipitación máxima en esté mes ya que funcionan como una transición entre los meses de julio y septiembre.

Septiembre es la temporada de precipitaciones máximas para las costas del estado en lo que corresponde a la Sierra Madre del Sur.

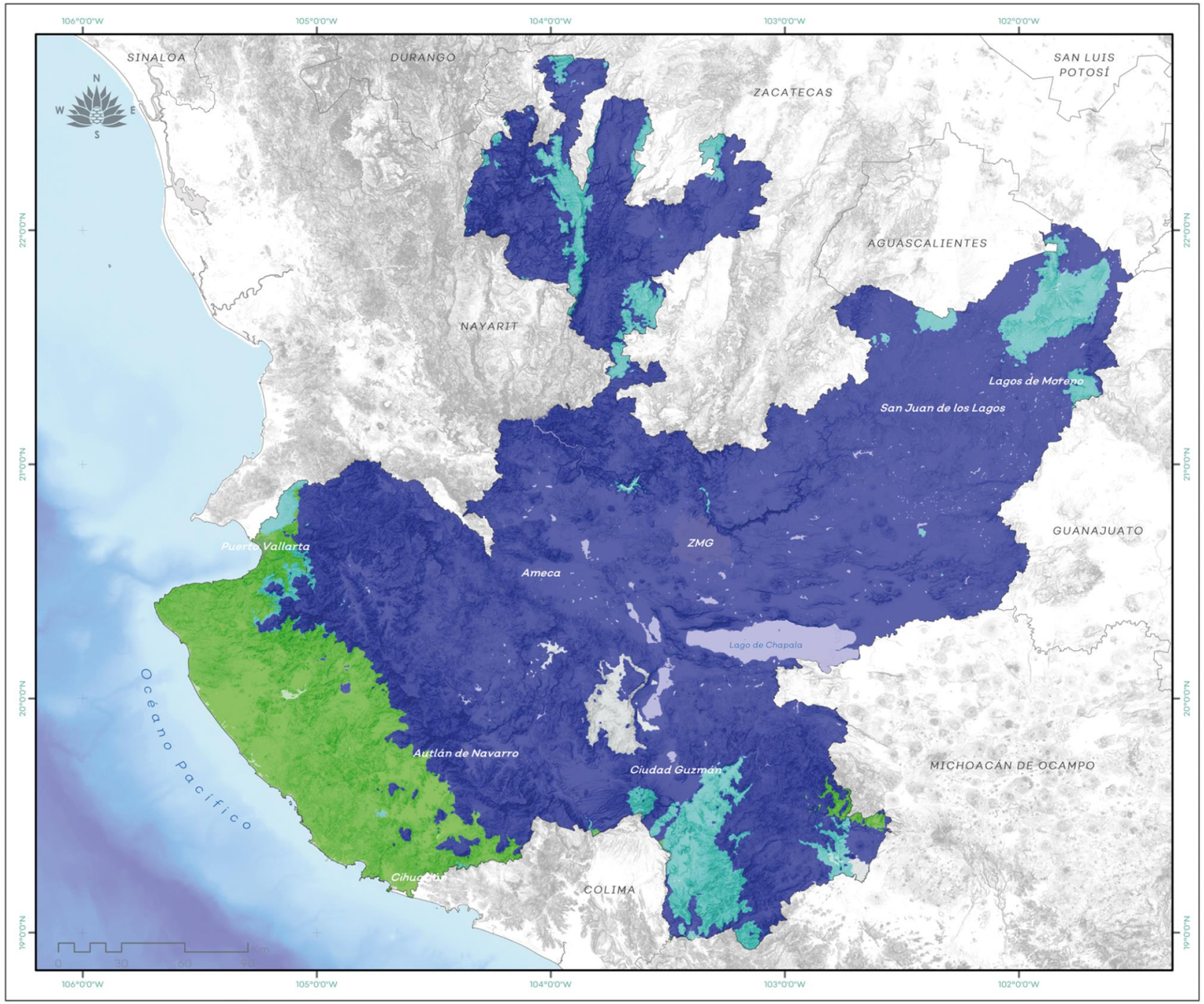
Precipitación máxima de los meses más lluviosos

Las precipitaciones máximas para los meses más lluviosos en el estado están en un rango de 97 mm en las zonas más áridas hasta los 500 mm en las regiones más húmedas como se puede observar en el Mapa MF-07e.

Las zonas con mayor precipitación están asociadas a las sierras de occidente y sur en lo que corresponde a la Sierra Madre del Sur; en promedio reciben de 200 mm en sus partes bajas hasta los 450-500 mm en las partes más altas. La Sierra El Tigre en la región Sureste es la que alcanza los 500 mm de lluvia en el mes más lluvioso, al norte y suroeste de la localidad de Santa María del Oro, por su parte, la Sierra Cacoma alcanza a recibir 470 mm al sur cerca del poblado de Alcihuatl y La Atalaya en el municipio de Villa Purificación.

En la región Centro en el municipio de Zapotitlán recibe hasta 290 mm en el Bosque de los Colomos en la zona metropolitana y al noreste en el Cerro Amatitlán. La región Valles también recibe la misma cantidad de precipitación máxima en las coladas del sur sureste del Volcán de Tequila.

La región Altos Sur, por su parte, recibe una precipitación máxima de 280 mm en las cercanías a la localidad de Arandas, mientras que, en Tepatitlán de Morelos la máxima es de 260 mm. La región Norte tiene precipitaciones máximas de 230 mm en su parte más al sur. La región de Lagunas tiene precipitaciones máximas de 200 mm. La región Altos Norte se considera la más seca durante su mes más lluvioso, al extremo noreste del estado, recibiendo menos de 120 mm.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07d

Distribución espacial de los meses en los que hay mayor precipitación

- Junio
- Julio
- Agosto
- Septiembre

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



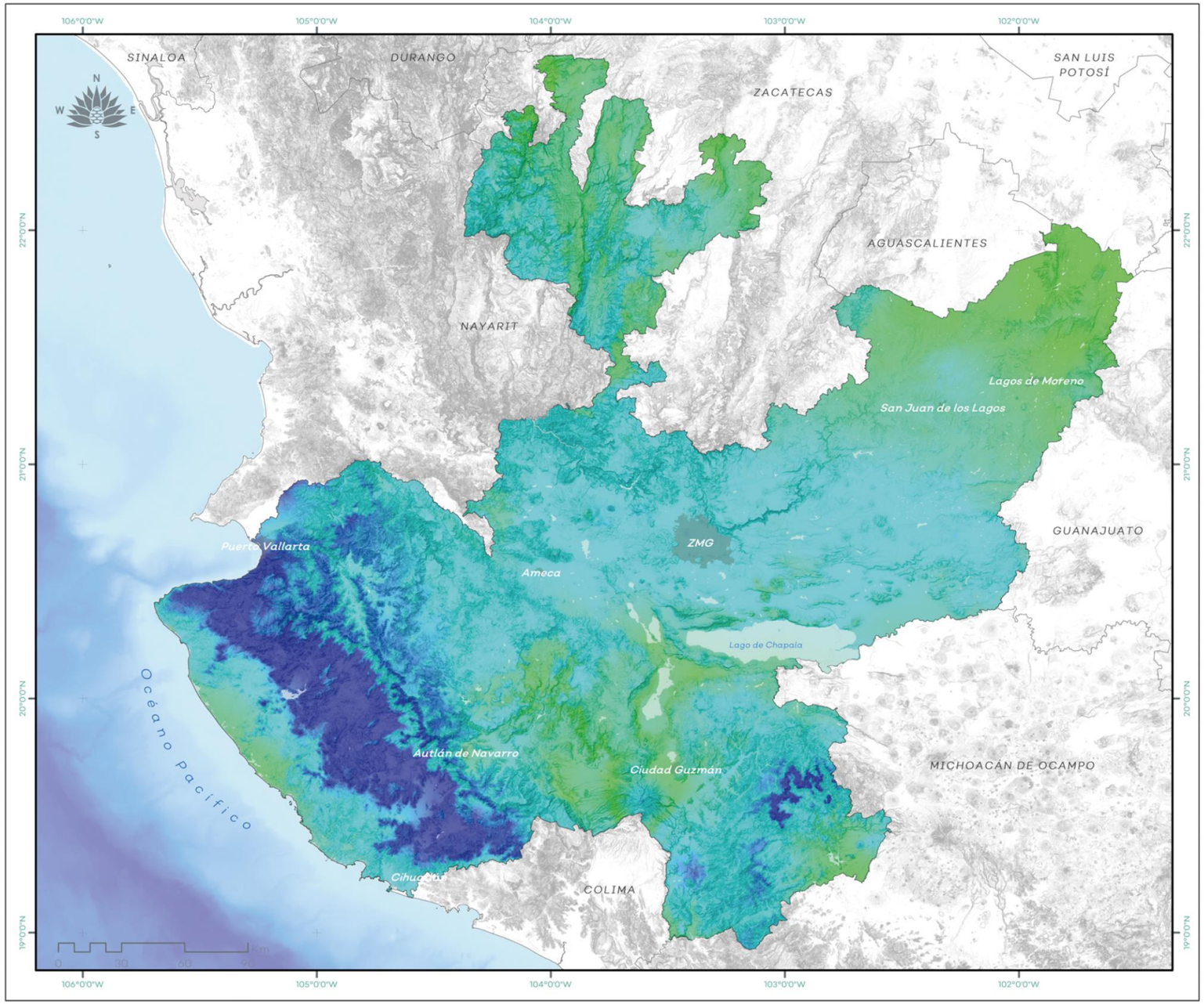
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Climas 1902-2011 (Modificación Köeppen - García - INEGI). Mes más lluvioso. 2022. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07e

Precipitación máxima anual acumulada (mm)

501
420
339
259
178
97

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. Climas 1902-2011 (Modificación Köeppen - García - INEGI). Precipitación máxima. 2022. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Temperaturas extremas

Podemos definir la temperatura como una medida del calor o energía térmica promedio de la atmósfera, esta varía conforme la cantidad de luz solar que es absorbida por la superficie de la Tierra y la cantidad de calor que los gases de efecto invernadero irradian en la atmósfera. La variación y redistribución en la misma se debe a los procesos de circulación atmosférica y oceánica los cuales determinan los patrones de temperaturas regionales.

El análisis de temperaturas extremas se realizó a partir de un registro de 37 estaciones ubicadas dentro del estado de la red meteorológica del Servicio Meteorológico Nacional para un periodo de 30 años que va desde 1988 hasta 2018.

De forma general el rango de temperaturas mínimas va desde los 11°C en las regiones más cálidas hasta los -10°C en las regiones más frías. Por su parte, el rango de temperaturas máximas a nivel estatal va desde los casi 3°C en las zonas más frías, hasta los 50°C en las zonas más calientes y áridas del estado.

Temperaturas mínimas

De acuerdo con el análisis realizado se determinó que el estado tiene un rango de temperaturas mínimas de 11°C en las zonas más cálidas hasta -10°C en las regiones más frías como se puede observar en el Mapa MF-07f.

La zona con las temperaturas más frías se localiza en la región Valles entre las localidades de Mitlán, El Salvador, Potrero de los Rivera, El Olvido y El Cóbano al norte del Río Grande de Santiago donde las temperaturas mínimas alcanzan los -10o C.

La región Norte las temperaturas mínimas se encuentran al noroeste de la localidad de Santa María de los Ángeles y Colotlán donde se registran temperaturas mínimas de -9.5°C, mientras que, en las llanuras donde se ubica San Martín de Bolaños las temperaturas mínimas registradas son de -3.8°C.

La región Altos Norte por su parte tiene temperaturas mínimas de -10°C a -6°C. Durante los meses de invierno las localidades menos frías se ubican al sur en los límites con la región Altos Sur, por su parte, la localidad de Teocaltiche y sus alrededores registra las temperaturas mínimas de -10°C. Las localidades de Ojuelos de Jalisco, Lagos de Moreno y San Juan de los Lagos registran temperaturas mínimas promedio de -7.5°C.

En la región Altos Sur las temperaturas mínimas de -8°C están al noreste en los límites con Altos Norte, mientras que, al suroeste las temperaturas mínimas son de -2.3°C.

Jalostotitlán tiene una temperatura mínima promedio de -6.8°C. Tepatitlán de Morelos y Arandas registran mínimas de -4.6°C promedio.

En la región Ciénega las temperaturas más frías están asociadas al límite noreste y en las sierras que colindan con la región centro en el Cerro el Copo de -5.8°C, mientras que la Laguna de Chapala y sus alrededores registran temperaturas mínimas de -1°C.

La región Centro registra las temperaturas mínimas en los extremos; de -6.4°C en el Cerro el Copo al sureste y de -7°C en el límite occidente con la región Valles al noroeste. En la Zona Metropolitana de Guadalajara las temperaturas más frías están ubicadas en las proximidades de La Primavera con -2°C promedio; mientras que, al noreste en las cercanías a la Barranca de Oblatos son de -0°C.

La región de Lagunas tiene un rango de temperaturas mínimas de -1o C en la zona de las lagunas hasta de -10°C en las partes altas de la Sierra de Tapalpa.

Al sureste las temperaturas más frías de -3°C se encuentran en las partes altas de las sierras y lomeríos, mientras que, en la localidad de Chapala las temperaturas mínimas son de 2°C.

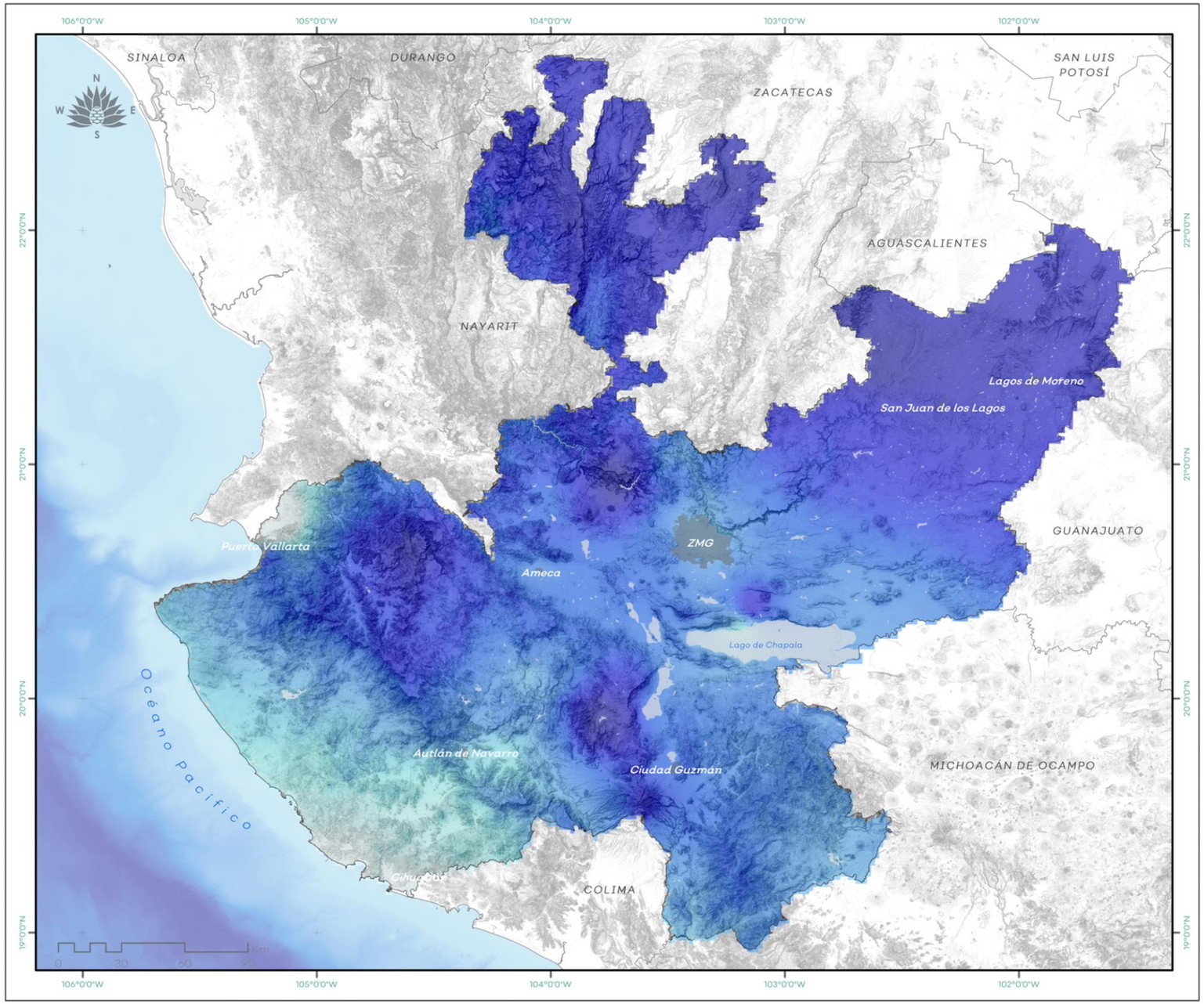
La región Sur tiene las temperaturas más frías de -7°C en la punta del Volcán de Colima. Ciudad Guzmán registra temperaturas mínimas de -3°C. En su parte sureste en los límites con Michoacán de Ocampo las temperaturas mínimas son de -0°C.

En la región Sierra de Amula el rango de temperatura mínima va desde -5°C en las partes altas de las sierras al occidente hasta de 2°C en las llanuras de Autlán de Navarro y El Grullo.

En occidente en la región Costa Sierra Occidental las temperaturas mínimas son de hasta -9°C en las partes altas de la Sierra Jolapa. En la zona de Puerto Vallarta se registran las temperaturas mínimas más elevadas de 10.° C en los meses fríos.

En la región Costa Sur el rango de temperaturas mínimas va de -3°C en las partes altas de las Sierras de las Costas de Jalisco hasta de 5°C en las costas del sur en los límites con Colima, en Barra de navidad, Cihuatlán y San Patricio.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07f

Temperatura mínima (°C)

11
6
2
-2
-6
-10

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SMN. Estaciones climatológicas estatales. Periodo 1988-2018.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Temperaturas máximas

El estado de Jalisco tiene un rango de temperaturas máximas de 33°C hasta 50°C en los meses más cálidos como se observa en el Mapa MF-07g.

La región Norte se considera muy extrema ya que presentan temperaturas mínimas muy bajas al igual que temperaturas máximas muy altas que alcanzan los 50°C en algunas partes.

La región Altos Norte alcanza temperaturas de hasta 45°C al sur en los límites con la región Altos Sur; Lagos de Moreno ha registrado temperaturas máximas de casi 42o C, mientras que, San Juan de los Lagos ha registrado temperaturas máximas de casi 41°C.

En la región Altos Sur las temperaturas máximas de hasta 48°C se asocian a los lomeríos y sierras del límite sur con Guanajuato, mientras que al norte la máxima es de 40°C. En Tepatitlán de Morelos la temperatura máxima es de 4°C.

Al Centro del estado no hay una variación considerable de temperaturas máximas, el rango de temperaturas máximas es de 41 a 45°C.

La región Valles tiene un rango de temperaturas máximas de 40-47°C.

La región Ciénega tiene un rango de temperaturas máximas de 40-50°C.

En la zona de Lagunas las temperaturas máximas alcanzan los 43.5°C en las sierras.

En la región Sureste las temperaturas máximas de hasta 49°C se registran en las sierras al sur de Mazamitla. En los alrededores del Lago de Chapa se tiene temperaturas máximas de 38-40°C.

Al Sur del estado se han registrado temperaturas máximas de hasta 49o C en el área del Volcán de Colima. Ciudad Guzmán alcanza temperaturas máximas extremas de 43°C.

En la región Sierra de Amula las temperaturas más altas oscilan de 36 a 45°C generalmente. En Juchitlán las máximas temperaturas son de 36°C, mientras que, en Autlán de Navarro y El Grullo alcanza los 40-41°C.

En la Costa Sierra Occidental las temperaturas extremas llegan a alcanzar los 44°C en las sierras del sureste de Mascota. En Puerto Vallarta las temperaturas máximas alcanzan los 39°C.

La región Costa Sur tiene las temperaturas menos extremas del país ya que la máxima temperatura es de 40-41o C asociada a las partes altas de la sierra. Las costas tienen temperaturas máximas de 36-38°C.

Imagen MF-3. Altas temperaturas en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jal.

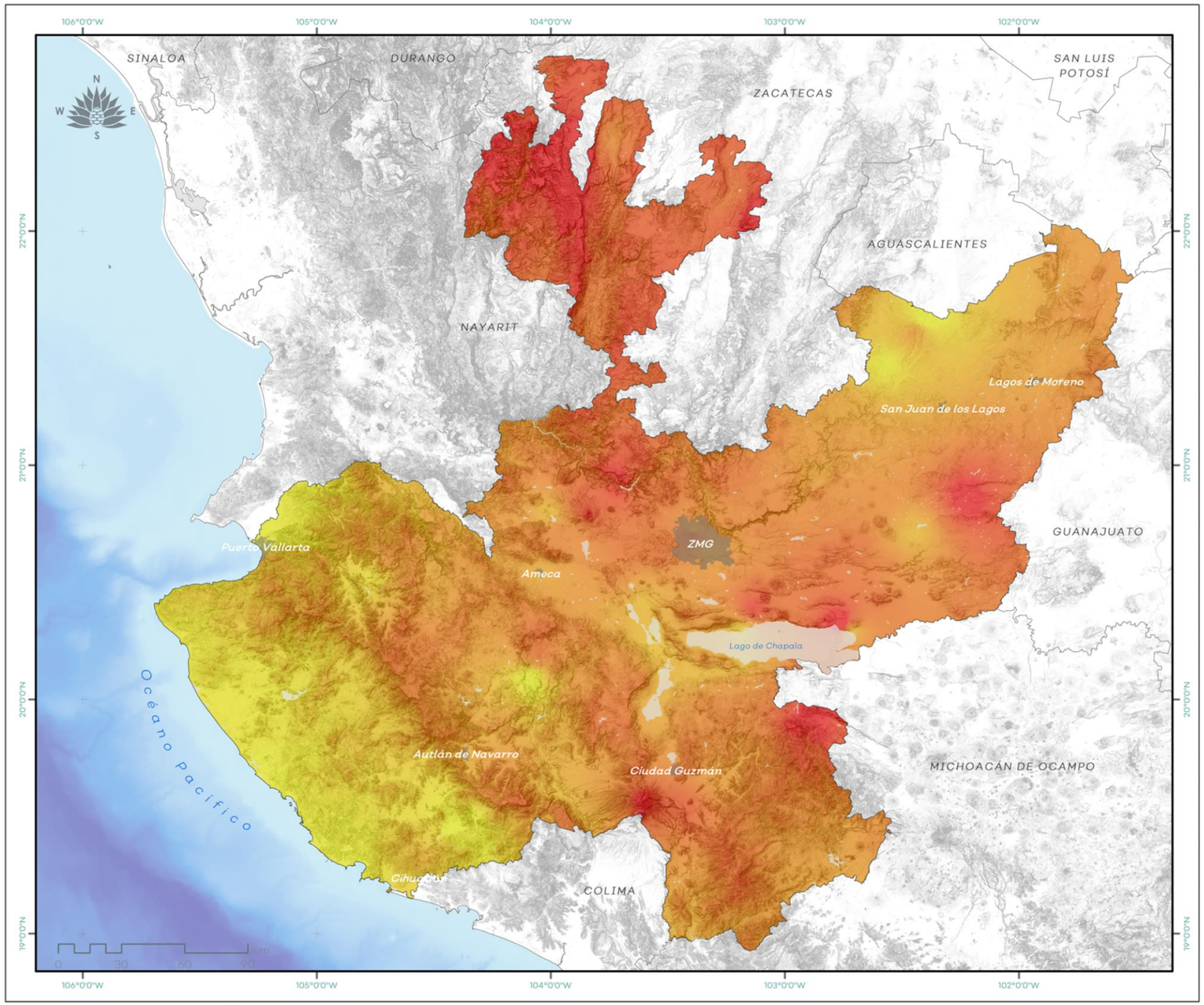


Fuente: Carolina Solís, Periódico debate; 2020.

Imagen MF-4. Nevadas causadas por frente fríos



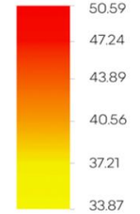
Fuente: El Diario NTR Periodismo Crítico



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Clima
MF-07g

Temperatura máxima (°C)



Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SMN. Estaciones climatológicas estatales. Periodo 1988-2018.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

4.9. Erosión

La erosión se define como el conjunto de procesos por el cual se produce la separación de los productos del intemperismo de los materiales no consolidados. La erosión puede ser de tipo planar o lineal; la primera hace referencia al transporte de material por pequeñas distancias sin una dirección fija, mientras que la erosión lineal hace referencia a una remoción o transporte con una dirección fija, en una superficie bien delimitada. Los agentes principales son el agua superficial y subterránea, hielo, viento, acción del mar, organismos y el hombre. La intensidad de la erosión depende de los siguientes factores: topografía, clima, litología, estructuras geológicas, actividad tectónica, etc. (Lugo-Hubp, 2011).

A partir de información obtenida de las organizaciones CONABIO y SEMARNAT se realizó un análisis de erosión, donde se determinó su origen y tipo de erosión, así como, el grado de erosión.

De forma general podemos definir que el estado tiene un mayor grado de erosión en la parte central y noreste del estado, esto se debe a que son zonas con mayor desarrollo urbano e industrial, así como donde se realiza la mayoría de las actividades agrícolas. Se identificaron cinco causas principales de erosión:

- Actividades agrícolas
- Deforestación
- Sobrepastoreo
- Urbanización
- Actividades industriales

Generalmente el grado de erosión es multifactorial, por tal motivo, existe más de una causa presente, como se puede observar en el Mapa MF-08. De acuerdo con los resultados del análisis se determinaron 5 tipos principales de erosión, así como, sus derivados:

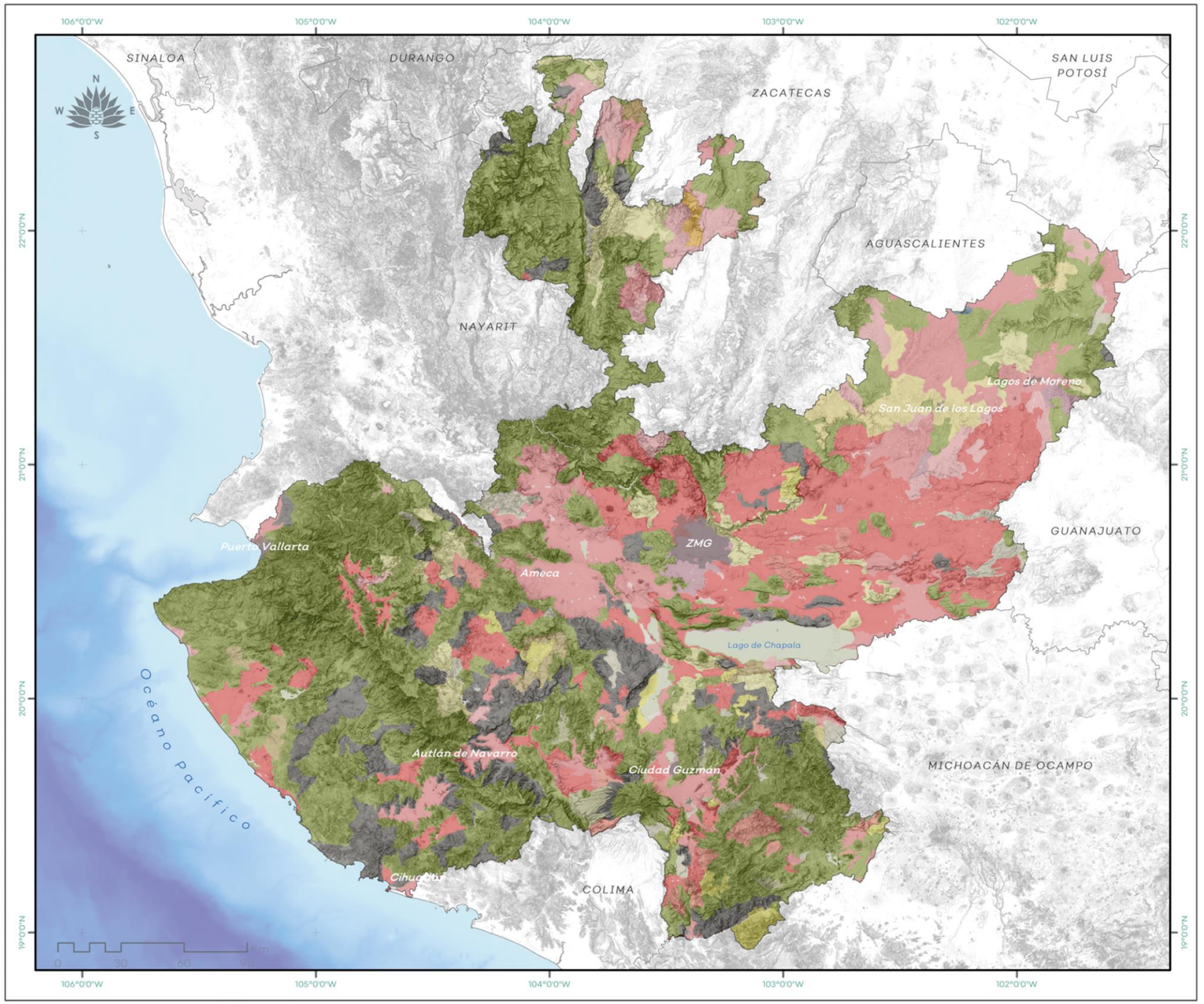
- Química
  - Degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.
  - Degradación química por polución.
- Hídrica
  - Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial.
  - Efectos de la erosión hídrica fuera del sitio.
  - Erosión hídrica con deformación del terreno.
- Física
  - Degradación física por compactación.
  - Degradación física por pérdida de la función productiva.
- Eólica con pérdida de suelo

Los Mapas MF-08a y MF-08b muestran la distribución espacial de los tipos generales y específicos de erosión respectivamente. La erosión de tipo química causada por la reducción de la fertilidad y materia orgánica es la más abundante; seguido de la erosión hídrica *in situ*. Las principales zonas urbanas se caracterizan por tener erosión física, mientras que, la erosión eólica es un producto de las regiones de Ojuelos de Jalisco, Lagunas y al noreste de la Zona Metropolitana de Guadalajara en las localidades de Cuquío, Cuacuala, Juchitlán, San Miguel del Monte, Palos Altos, entre otras localidades.

A partir de las causas y tipos de erosión se determinó el grado de erosión como se observa en el MF-08c. Se determinó que las zonas urbanas tienen un grado de erosión Extremo debido a la alta densidad poblacional e industrialización; principalmente la Zona Metropolitana de Guadalajara, Puerto Vallarta, Ciudad Guzmán, Tepatitlán de Morelos y las localidades al norte de la Laguna de Chapala (Chapala, Ajijic y San Juan Cosalá).

La degradación más pronunciada se localiza solamente en partes de las regiones del Norte y Altos Norte. En la región Norte las causas principales de esté grado de erosión es debido a la deforestación y remoción de la vegetación principalmente para su posterior uso agrícola, así como, un sobrepastoreo. Las principales zonas afectadas son las localidades de Huejuquilla el Alto, Mezquitic y al sur de Totatiche en el límite con Zacatecas de tipo hídrico con deformación del terreno, mientras que, el extremo más al norte en San José de Maderas y Ortega es de tipo hídrico con pérdida de suelo superficial. En el extremo noreste de la región Altos Norte, las localidades afectadas principalmente son las comunidades de Salitrillo de chinampas, Matancillas, Chinampas, Francisco Primo de Verdad, Comanja de Corona y La Cruz, donde las causas principales son la deforestación y remoción de la vegetación, sobrepastoreo y actividades agrícolas. Los tipos de erosión son hídricos con deformación del terreno y pérdida del suelo, así como eólica.

Se puede apreciar la degradación Moderada en todas las regiones del estado, sin embargo, existe una mayor concentración en el Eje Neovolcánico especialmente en la Subprovincia Chapala. Por su parte el territorio que sufre erosión tiene un grado Ligero.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erosión
MF-08

Causas de la erosión

- Sin erosión percibible
- Actividades agrícolas
- Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación
- Actividades agrícolas / Sobrepastoreo
- Actividades agrícolas / Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación
- Actividades agrícolas / Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico
- Actividades industriales
- Deforestación y remoción de la vegetación
- Sobrepastoreo
- Sobrepastoreo / Actividades agrícolas
- Sobrepastoreo / Actividades agrícolas / Deforestación y remoción de la vegetación
- Sobrepastoreo / Deforestación y remoción de la vegetación
- Sobrepastoreo / Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico
- Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico
- Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico / Deforestación y remoción de la vegetación
- Sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico / Sobrepastoreo
- Urbanización

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



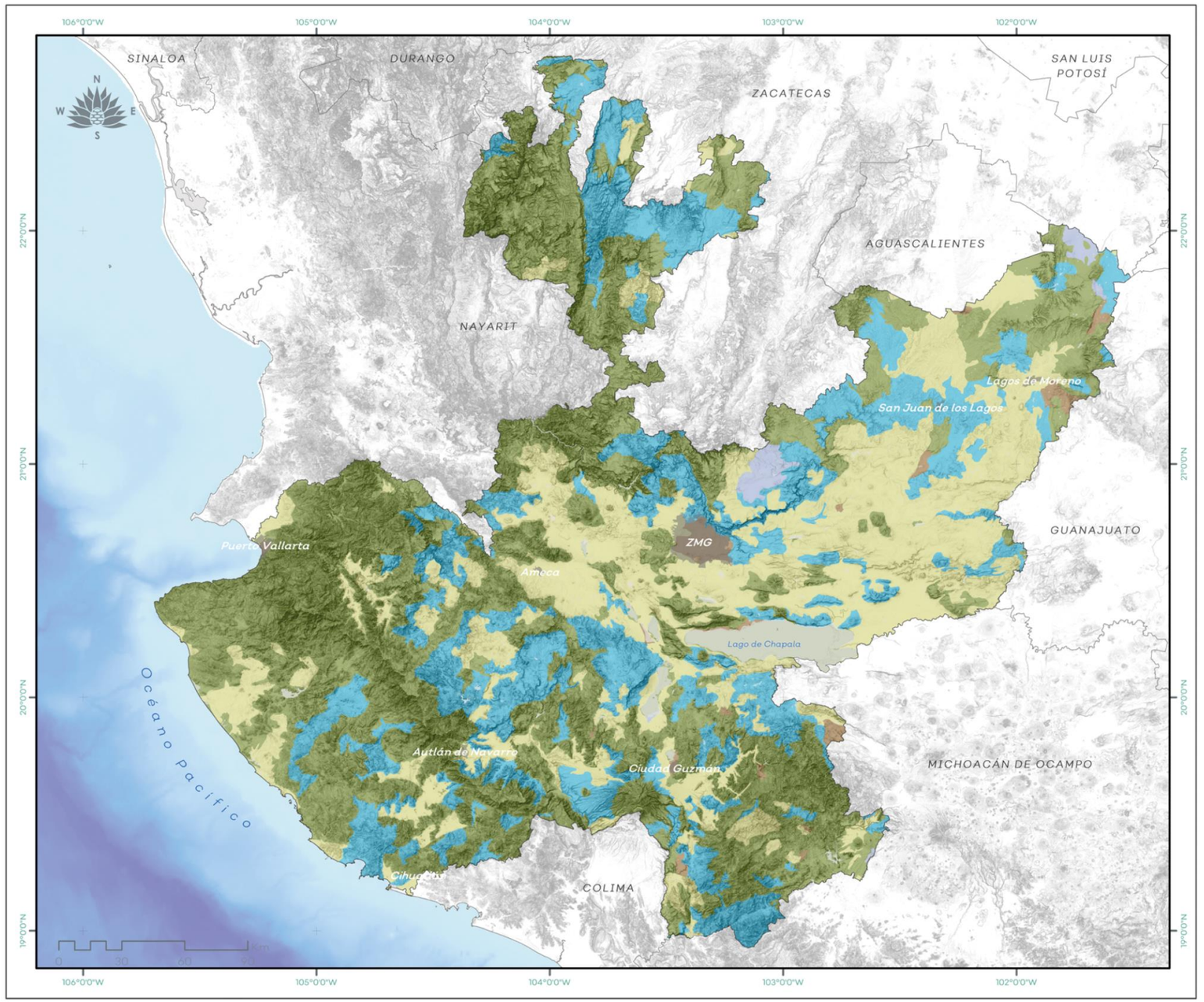
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. SEMARNAT. Degradación del suelo en la República Mexicana. Causas de la erosión. Escala 1:250,000. 2012. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erosión
MF-08a

Tipos generales de erosión

- Sin erosión percibible
- Química
- Hídrica
- Física
- Eólica

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



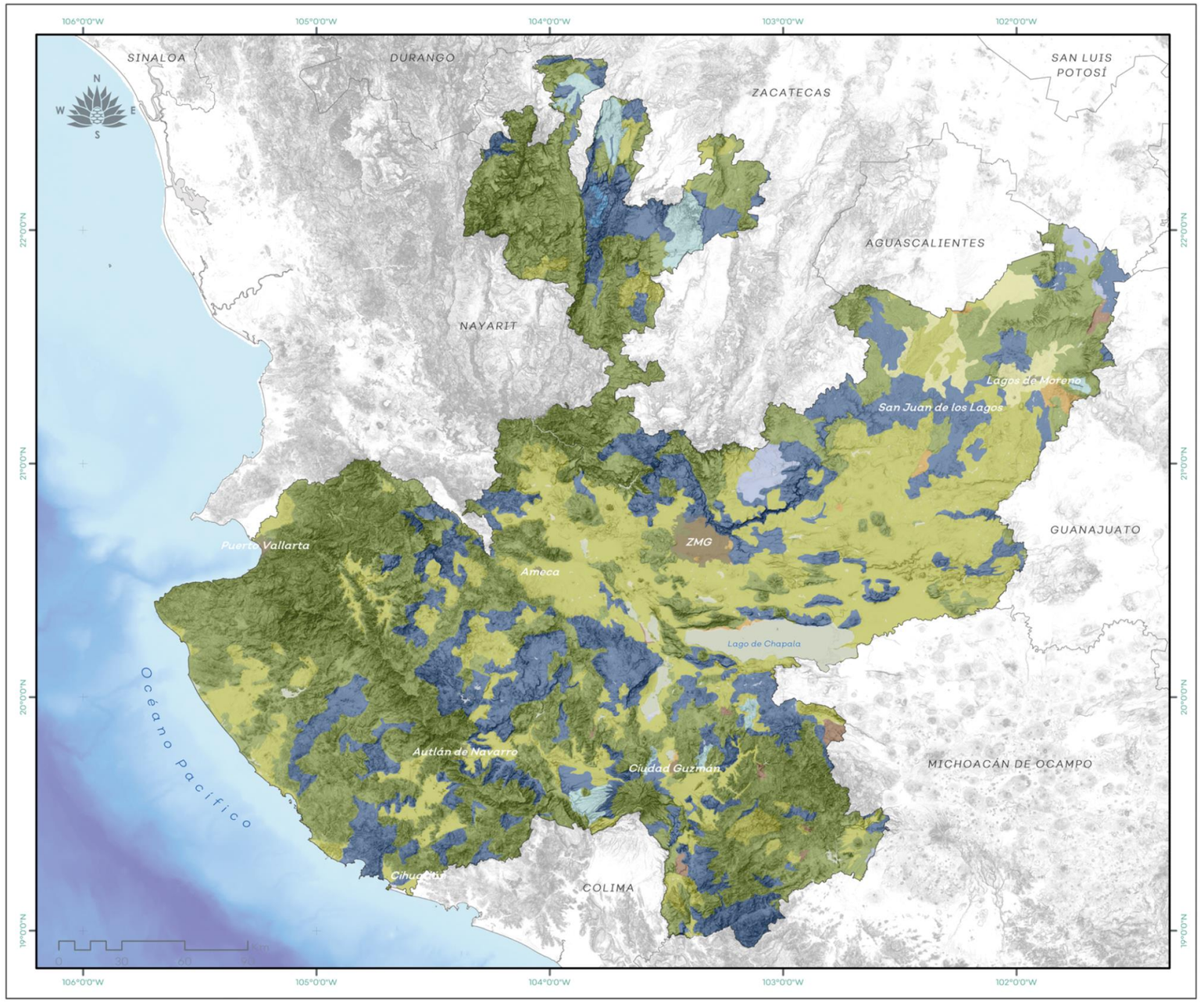
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. SEMARNAT. Degradación del suelo en la República Mexicana. Tipos de erosión. Escala 1:250,000. 2012. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erosión
MF-08b

Tipos específicos de erosión

- Sin erosión percibible
- Degradación química por reducción de fertilidad y contenido MO
- Degradación química por polución
- Efectos de la erosión hídrica fuera del sitio
- Erosión hídrica con deformación del terreno
- Erosión hídrica con pérdida del suelo superficial
- Degradación física por compactación
- Degradación física por pérdida de la función productiva
- Erosión eólica con pérdida del suelo superficial

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



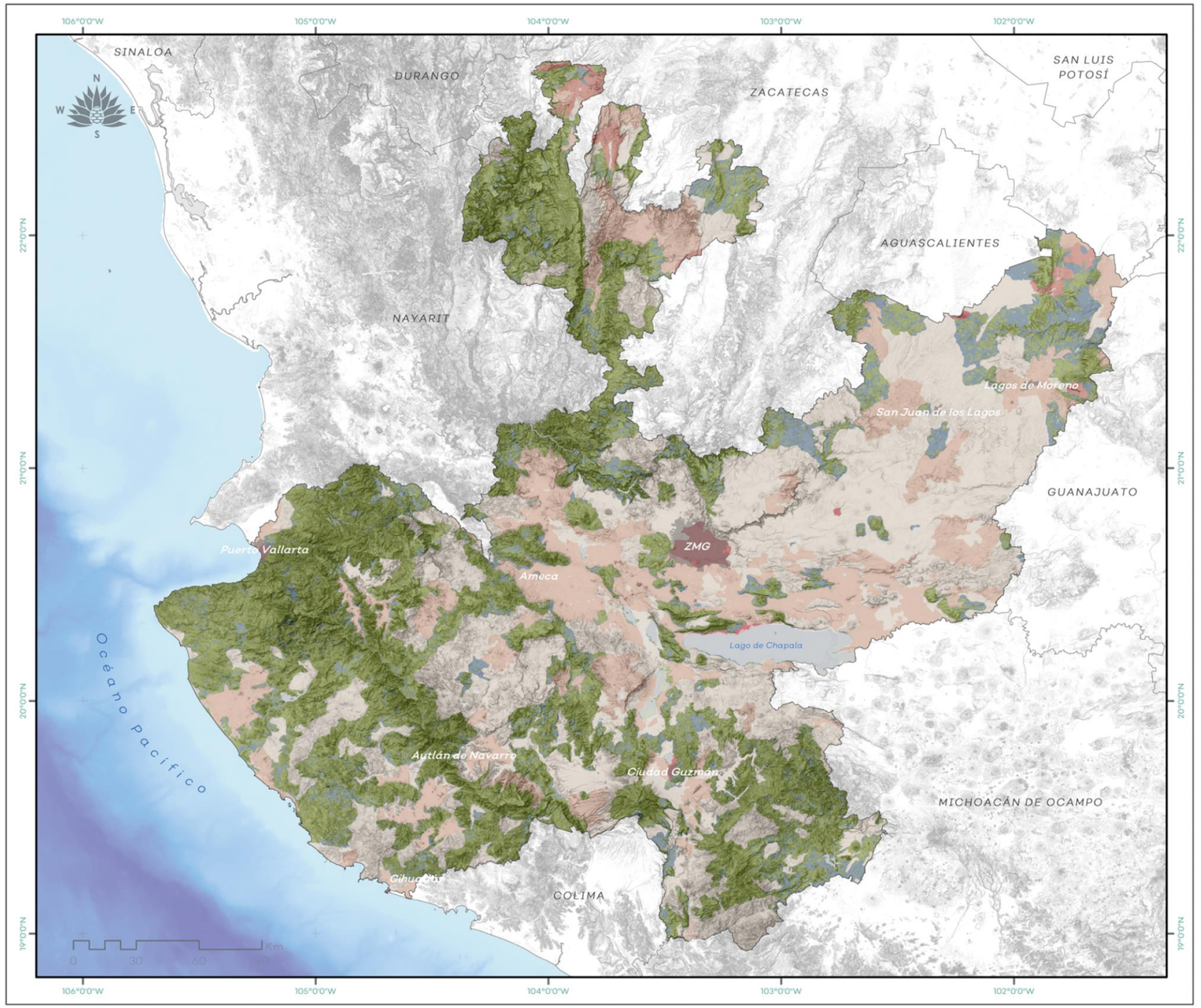
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SEMARNAT. Degradación del suelo en la República Mexicana. Tipos de erosión. Escala 1:250,000. 2012.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erosión
MF-08c

Grado de la erosión

- N/A
- Áreas Forestales
- Ligero
- Moderado
- Fuerte
- Extremo

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SEMARNAT. Degradación del suelo en la República Mexicana. Grado de erosión. Escala 1:250,000. 2012.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Análisis de la erosión por subcuenca

De acuerdo con las necesidades del estudio, se requiere un análisis de los índices de erosión detallado; de tal forma que, en esta sección se describe de forma independiente la distribución de las áreas erosionadas a nivel de subcuenca, así como sus orígenes y el tipo de erosión resultante.

El estado de Jalisco está distribuido dentro de 7 regiones hidrológicas las cuales se dividen en 19 cuencas; a su vez están subdivididas en 84 subcuencas hidrológicas cada una con diferentes factores determinantes de la erosión, dentro de los más importantes es la cantidad de lluvia que recibe anualmente, pérdida de suelo, geomorfología, cantidad de vegetación, etc., los cuales determinan diferentes tipos y grados de erosión independientes entre cada subcuenca.

Región Hidrológica 12 Lerma-Santiago

La Región Hidrológica 12 del Río Lerma-Santiago abarca casi la mitad del estado cubriendo casi en su totalidad las regiones Norte, Altos Norte, Altos Sur, Centro, Ciénega, Lagunas y Valles. Es una de las regiones más importantes por su aporte hídrico a las principales zonas urbanas del estado; está constituido por 9 cuencas hidrológicas las cuales a su vez se subdividen en 53 subcuencas.

El análisis realizado determinó que es la región hidrológica con el mayor grado erosivo en gran parte de sus subcuencas del centro y noreste del estado. Alcanza a tener grados erosivos Fuertes y Extremos en áreas de gran interés económico. A continuación, se realiza el análisis de forma individual de cada una de sus cuencas y subcuencas.

Cuenca del Río Lerma-Salamanca (RH12B)

Esta subcuenca se localiza en el límite sureste de la región de los Altos, colindando con el Estado de Guanajuato; está constituida por dos subcuencas las cuales presentan un grado erosivo Ligero a Moderado principalmente, con muy pocas áreas de nula erosividad.

Subcuenca del Río Turbio–Presa Palote (RH12Be)

La subcuenca ubicada sobre una meseta con valles presenta un grado de erosión Ligero casi en su totalidad principalmente originando una degradación química por la declinación de la fertilidad y la reducción de materia orgánica; causado principalmente por actividades agrícolas y el sobrepastoreo de las comunidades de San Diego de Alejandría, Santa Teresa y San José del Caliche. En su parte noreste el grado de erosión es Moderado debido al aumento en la población causando una degradación física por pérdida de la función productiva por urbanización; las localidades mencionadas son El Refugio, La Venta, Rancho JI (Fraccionamiento Valle de los Reyes), La Rosa de Castilla (Ejido Jaramillo de Abajo). Solo una, de meseta, ubicada entre el grado ligero y moderado se considera sin erosión perceptible.

Subcuenca del Río Turbio–Manuel Doblado (RH12Bf)

Esta subcuenca ubicada sobre una meseta basáltica principalmente se define por un grado de erosión Ligero, a excepción de las zonas circundantes a la localidad de Allende donde se considera Moderado. Las causas principales de la erosión son el sobrepastoreo y la actividad agrícola. Se pueden definir dos tipos de degradación: el más abundante asociado a la declinación de la fertilidad y pérdida de materia orgánica en donde el relieve es más bajo, mientras que en las partes altas es de tipo hídrico asociado a la acción de las corrientes superficiales que causan una pérdida del suelo. Solamente una pequeña área no presenta un grado de erosión.

Cuenca del Río Lerma - Lago de Chapala (RH12C)

La Cuenca se localiza en la región Ciénega principalmente en el límite con el Estado vecino de Michoacán. Está constituida por cuatro subcuencas, es una región con extenso grado erosivo que va de Ligero a Moderado donde solo una pequeña región de sierras y mesetas no presenta ningún grado erosivo.

Subcuenca del Río Angulo- Río Briseño (RH12Ca)

El grado de erosión que presenta esta cuenca es de Ligero a Moderado principalmente casi en su totalidad; solamente una pequeña parte en el límite con Michoacán de Ocampo no presenta un grado de erosión, ya que se considera una zona de área forestales.

Las principales causas son la actividad agrícola y sobrepastoreos sobre sus llanuras, mientras que, en la zona de mesetas escalonadas es causado por la deforestación. La degradación es de tipo química asociada a la pérdida de material orgánico y su declive en la fertilidad del suelo.

Subcuenca del Río Briseñas-Lago Chapala (RH12Cb)

La subcuenca presenta un grado de erosión Moderado en toda su zona de llanuras causado principalmente por la actividad agrícola y el sobrepastoreo. La degradación es química causada por una disminución de materia orgánica y nutrientes causando que los suelos se vuelvan menos fértiles. La pequeña porción de sierra al norte de la localidad de Jamay tiene un grado Moderado de erosión causado por la acción del agua de escurrimiento lo cual propicia la perdida de suelo.

Subcuenca del Río Duero (RH12Cc)

La subcuenca del Río Duero perteneciente a la región Ciénega; tiene un grado de erosión Moderado causando una degradación química producto de la falta de material orgánico y una disminución en su fertilidad edáfica debido a la actividad agrícola.

Subcuenca del Rio Huascato (RH12Ce)

La subcuenca con un relieve de mesetas y lomeríos principalmente presenta un grado de erosión Ligero a Moderado principalmente, debido al incremento de actividades agrícolas y sobrepastoreo de las localidades de El Maluco, Palo Blanco El Rosario, Huáscato, Agua Blanca, Rosales, y demás rancherías. Se presenta una degradación química principalmente, así como, hídrica debido a la perdida de fertilidad y suelo.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Cuenca del Lago de Chapala (RH12D)

La Cuenca del Lago de Chapa abarca dos de las regiones más afectadas por los procesos erosivos correspondientes a zonas urbanas altamente pobladas. Debido a las características geomorfológicas y climatológicas de la zona presentan un grado Moderado y Extremo principalmente, así como Ligero. Las zonas con nula erosión son muy escasas y están asociados a las partes altas de las sierras que las delimitan. De tal forma que se puede subdividir en 5 subcuencas descritas a continuación:

Subcuenca del Lago Chapala (RH12Db)

El grado de erosión que presenta la subcuenca es Ligero a Moderado principalmente; sin embargo, al norte del Lago de Chapala en lo que corresponde a las localidades de Chapala, Santa Cruz de la Soledad, Ajijic, San Juan Cosalá y partes de Jocotepec el grado es Extremo.

Las causas de erosión al sur de la laguna en las sierras y lomeríos son debido a la deforestación y remoción de la vegetación para su uso agrícola y sobrepastoreo creándose así erosión hídrica en las partes más alta con pérdida de suelo, mientras que en las partes próximas a la laguna se produce una erosión química.
Por su parte en las zonas con mayor población al norte de la laguna se produce una erosión de tipo física causada por la urbanización y el cambio de uso de suelo. La degradación física propicia la perdida de la función productiva del suelo.

Subcuenca de San Marcos (RH12Dc)

El grado de erosión que presenta está cuenca es Ligero en las partes bajas donde existen llanuras aluviales causada por un sobrepastoreo y un incremento en las actividades agrícolas de esta forma propicia una degradación química debido a que ha disminuido la fertilidad de los suelos y por ende el porcentaje de material orgánica; las localidades de Zacoalco de Torres, El Briseño y General Andrés Figueroa se determinó la erosión de tipo física causado por la compactación de sedimentos para la construcción de infraestructura y viviendas. En las partes altas el grado aumenta a Moderado causado por la deforestación y remoción de la vegetación causando una erosión hídrica donde los escurrimientos superficiales arrastran el material suelto.

Subcuenca Laguna Sayula (RH12Dd)

El grado de erosión es Moderado en las llanuras aledañas a la laguna donde se ven afectadas las localidades de Sayula, Amacueca, Atoya, entre otas, principalmente; mientras que, en las sierras de relieve intermedio se define como Ligero afectando a las localidades de Usmajac, Concepción de Buenos Aires y Toluquilla principalmente; y la parte más altas de las sierras y lomeríos al sur no presentan una erosión perceptible.

Las principales causas son el sobrepastoreo y el incremento de las actividades agrícolas causando una degradación química en las partes bajas por la pérdida de materia orgánica y fertilidad del suelo, mientras que en las partes de sierras se debe a la deforestación lo cual propicia una erosión hídrica con pérdida de suelo por el escurrimiento. Además, se presenta una erosión de tipo eólica en las lagunas lo cual promueve las tormentas de polvo.

Subcuenca Lago Zapotlán (RH12De)

La subcuenca no presenta un grado de erosión perceptible en las partes altas de las sierras que delimitan la subcuenca debido a que son zonas forestales, la zona de lomeríos al sur en las faldas del Volcán de Colima y la parte superior de la llanura donde se ubican las localidades de San Andrés Ixtlán y San Sebastián del Sur el grado de erosión es Ligero. Por su parte las faldas de la sierra al occidente y la llanura donde se ubica la laguna tienen un grado Moderado. La zona urbana de Ciudad Guzmán por su parte es Extremo.

Las causad de erosión son la urbanización asociada a la Ciudad de Guzmán, así como, actividades agrícolas y sobrepastoreo en el resto de la subcuenca. De tal forma que se pueden apreciar tres tipos de erosión: en la zona urbana se aprecia una degradación física por perdida de la función productiva del suelo; en la llanura ocurre una degradación química por la reducción de materia orgánica y su disminución en la fertilidad del suelo; en los lomeríos del sur ocurre una erosión hídrica la cual produce una pérdida de suelo; mientras que en las faldas de las sierras de occidente la erosión hídrica causa una deformación del terreno.

Cuenca del Río Santiago-Guadalajara (RH12E)

La Cuenca del Río Santiago-Guadalajara está constituido por 10 subcuencas las cuales cubren la porción central del estado, presentan una alta densidad poblacional que propicia una demanda alta del uso de suelo dando como resultado una de las zonas extensa con el mayor grado erosivo correspondiendo a la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Subcuenca Lago de Chapala – Río Corona (RH12Ea)

De acuerdo con el análisis se determinó que las zonas de montaña alta no presentan un grado de erosión debido a que son zonas forestales lo cual disminuye el riesgo a la erosión, sin embargo, las sierras bajas pueden presentar un grado de erosión Ligero producto de la deforestación y un incremento de las actividades agrícolas y de sobrepastoreo. Las sierras del norte sufren una degradación química por la disminución de materia orgánica y fertilización; mientras que, las del sur en el límite con el Lago de Chapala sufren una erosión de tipo hídrica donde las lluvias causan una perdida excesiva de material suelto.

Por su parte las llanuras de la cuenca tienen un grado de erosión Moderado debido al incremento poblacional de Poncitlán y comunidades aledañas las cuales han incrementado las actividades agrícolas y el sobrepastoreo; de tal forma que la zona ha sufrido una degradación química principalmente debido a la pérdida de nutrientes del subsuelo.

Subcuenca Río Corona – Río Verde (RH12Eb)

Está subcuenca es una de las más importantes del estado debido a su gran tamaño y a que alberga aproximadamente la mitad sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Las zonas montañosas

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

de La Primavera, y las sierras que limitan al sur de la subcuenca no presentan una erosión perceptible debido a que son zonas forestales.

La zona norte compuesta por lomerios presenta un grado de erosión Extremo causado por el incremento poblacional de la Zona Metropolitana lo cual causa una degradación física excesiva por la pérdida de la función productiva de los suelos urbanos.

La parte de la subcuenca que abarca el Valle de la Barranca de Huentitán en el límite noreste presenta un grado Ligero de erosión producto de la deforestación y remoción de la vegetación para el sobrepastoreo causando una erosión hídrica donde los suelos desnudos circundantes fluyen hacia la barranca por el escurrimiento de las aguas superficiales.

La porción central de la subcuenca constituida por la llanura aluvial presenta un grado de erosión Ligero a Moderado principalmente causado por la urbanización al norte y por las actividades agrícolas y el sobrepastoreo al sur. El tipo de erosión producto es una degradación química en la que el suelo pierde su cantidad de materia orgánica produciendo así una disminución en su fertilidad.

Subcuenca Río Verde – Presa Santa Rosa (RH12Ec)

La subcuenca cuenta con un grado de erosión Extremo en los lomeríos del sureste asociado a la urbanización de la Zona Metropolitana de Guadalajara produciendo así una degradación física donde el cambio de uso de suelo promueve la pérdida de la función productiva del suelo.

Las sierras, mesetas y valles de toda la porción central y norte de la subcuenca presentan un grado de erosión Ligero principalmente, asociado al sobrepastoreo y el incremento de las actividades agrícolas. La erosión hídrica se asocia principalmente al límite oeste de la Barranca de Huentitán, mientras que, la degradación química es el producto de la erosión en las sierras y mesetas. Las zonas afectadas son la localidad de Tesistán y sus alrededores, así como El Arenal, Huaxtla y Santa Cruz del Astillero al suroeste. El fondo de la barranca, así como, las partes altas de las sierras no presentan una erosión percibible.

Subcuenca Presa Santa Rosa – Río Bolaños (RH12Ed)

De acuerdo con los resultados del análisis se determinó que la porción norte correspondiente a una geomorfología compuesta por cañones los cuales no presenta un grado de erosión pereptible, al igual que en el límite sur en el Volcán de Tequila, mientras que, al sur de los cañones en los lomeríos, mestas y llanuras si presenta un grado de erosión.

La región de Tequila en la porción sureste de la subcuenca presenta un grado de erosión Ligero causado principalmente por el incremento de la actividad agrícola tequilera y el sobrepastoreo; dando como resultado una erosión de tipo hídrica al norte de Tequila, mientras que, al sur ocurre una degradación química; causando una disminución del grosor de la capa edáfica con un menor contenido de materia orgánica debido al monocultivo y menos fértil. Por su parte las localidades de Hostotipaquillo, La Estanzuela y Labor de Guadalupe al noroeste de la subcuenca presentan un grado de erosión Moderado causado por el exceso de actividad agrícola, de tal forma que produce una degradación química en la cual está volviendo la tierra infértil.

Subcuenca Río Zula (RH12Ee)

Está subcuenca presenta erosión casi en su totalidad causado por deforestación de las sierras y lomeríos para su posterior uso excesivo de actividades agrícolas especialmente la agricultura tequilera, así como, el sobrepastoreo; originando una degradación química e hídrica las cuales causan una pérdida de suelo en las partes de las sierras por el escurrimiento fluvial y en los lomeríos y valles una pérdida de material orgánico causando suelos poco fértiles.

Las principales zonas urbanas como son Arandas, Atotonilco el Alto y parte de Ocotlán presentan un grado de erosión Moderado, mientras que, los lomeríos de San José de Gracia y El Tule al oeste de Arandas presentan un grado Ligero.

Subcuenca Río La Laja (RH12Ef)

Al igual que la mayoría de las subcuencas de esta región hidrológica, la mayor parte de la subcuenca presenta grados de erosión de Ligera a Moderado especialmente en las zonas urbanas (Zapotlanejo, La Laja, etc.), a excepción de las sierras del límite sur donde no hay presencia de una erosión perceptible.

Las principales causas de la erosión son la deforestación de las sierras, el incremento de actividades agrícolas y el sobrepastoreo. En la parte de los valles del norte la erosión es de tipo hídrica con una pérdida de suelo considerable causado por el escurrimiento. Mientras que en las sierras causa una degradación química donde los suelos se vuelven menos fértiles y disminuye el porcentaje de materia orgánica.

Subcuenca Río Calderón (RH12Eg)

Se puede determinar que el 90% de la subcuenca presenta un grado de erosión principalmente Ligero causado por la deforestación de las sierras del sur, el incremento de las actividades agrícolas y de sobrepastoreo en los valles, lomeríos y sierras que constituyen toda la subcuenca. Solamente las partes altas de las sierras no presentan una erosión visible.

Existen dos tipos principales de erosión en la subcuenca; en el valle del oeste es de tipo hídrica causando una pérdida de suelo por los mismos procesos, mientras que, las sierras y lomeríos presentan una degradación química la cual consiste en la perdida de material orgánico y disminución de la fertilidad del suelo.

Subcuenca Río Gigantes (RH12Eh)

Se estima que el más del 90% de la subcuenca presenta un grado de erosión Ligero afectando las comunidades de Ixtlahuacán del Río, Cuquio, Cuacuala, Juchitlán, entre otras localidades más pequeñas.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Las principales causas de la erosión son el sobrepastoreo y las actividades agrícolas, así como, la deforestación de los valles y sierras del sur. El 50% de la erosión es de tipo eólica afectando a las localidades del noreste, mientras que, al suroeste es de tipo hídrica en los valles y química en los lomeríos; todas aumentando la perdida de suelo y disminuyendo su fertilidad.

Subcuenca Río Cuixtla (RH12Ei)

La subcuenca presenta un Ligero a Nulo grado de erosión, ya que es una región de sierras principalmente con muy poca densidad población, no existe una demanda alta de uso y cambio de suelo. Solamente las áreas aledañas a las localidades de La Lobera y El Malacate al sur de la subcuenca presentan un grado Ligero causado por la deforestación para uso agrícola. El tipo de erosión es de tipo hídrico con pérdida de material suelto desnudo a causa de las corrientes de escorrentía.

Subcuenca Río Chico (RH12Ej)

La subcuenca presenta un 90% de nula erosión perceptible debido a su geomorfología de sierras principalmente y valles, así como, a una baja densidad poblacional, propiciando una estabilidad de la cubierta edáfica. Solamente la porción sureste donde se ubican las localidades de El Tepetate y Atemanica existe un grado Ligero de erosión causado por la deforestación, actividades agrícolas y el sobrepastoreo. El tipo de erosión es hídrico.

Cuenca del Río Santiago-Aguamilpa (RH12F)

Esta cuenca se localiza en el límite con Nayarit abarcando solamente tres pequeñas subcuencas en el estado, de las cuales una no presenta ningún grado erosivo, la segunda solamente una pequeña fracción y solamente una subcuenca presenta un grado erosivo Moderado casi en su totalidad.

Subcuenca Río Bolaños – Río Huaynamota (RH12Fa)

La subcuenca está constituida por cañones donde solamente se ubica la comunidad de Mesa de Flores en el límite del estado, de tal forma que la demanda del suelo es muy baja propiciando que no exista un grado de erosión perceptible.

Subcuenca Río Barranquitas (RH12Fe)

La subcuenca está posicionada sobre sierras principalmente, un cañón al noreste y un valle donde se ubican las localidades de El Saucillo, La Venta de Mochitiltic y Santo Tomás. Presenta un grado de erosión Moderado (35% de la superficie) en la porción este de la cuenca en las localidades de Santo Tomás y El Tequesquite, causado por la actividad agrícola de las poblaciones mencionadas. Se determina que la degradación del suelo es de tipo química.

Subcuenca Lago Magdalena – Lago Palo Verde (RH12Fg)

Se determinó que el 95% de la subcuenca presenta un grado de erosión. Las sierras de occidente presentan un grado Ligero de erosión causado por el sobrepastoreo, de tal manera, que produce una erosión hídrica con pérdida de suelo desnudo por el escurrimiento. Las llanuras aluviales presentan un grado erosivo Moderado causado por la intensa actividad agrícola y dando como resultado una degradación del suelo (perdida de material orgánico y disminución en la fertilidad) de tipo química.

Todas las localidades ubicadas dentro de la subcuenca (Magdalena, San Juanito de Escobedo, Palo Verde, Etzatlán, San Pedro, Santa Rosalía, entre otras) están situadas sobre suelos con una erosión Moderada.

Cuenca del Río Verde (RH12I)

La cuenca del Río Verde abarca todo el límite noreste del estado y está constituida por 11 subcuencas hidrológicas las cuales de forma general presentan un grado erosivo Ligero a Moderado en casi toda su extensión, solamente muy pocas zonas de sierras no presentan ningún grado erosivo. También presentan varias zonas específicas con un grado Fuerte causado por la urbanización y actividades agrícolas principalmente.

Subcuenca Río Aguascalientes (RH12Ib)

Ubicada en la región Altos Norte está constituida por un sistema de sierras y llanuras. Presenta un grado de erosión Ligero en su parte central afectando principalmente a las localidades de Belén del Refugio, José de Jesús Aguirre y San José de la haciendita, mientras que, al sur el grado es Moderado afectando principalmente a la localidad de El Mirador. Por su parte las sierras del norte no presentan una erosión perceptible, a excepción de la zona urbana de Villa Hidalgo donde se percibe un grado Moderado.

Las principales causas que originan la erosión son la deforestación al norte en la zona de Villa Hidalgo propiciando una erosión hídrica; actividad agrícola al centro propiciando una degradación química por polución y disminución en la fertilidad del suelo; mientras que, en el sur existe una sobrexplotación de la vegetación para uso doméstico y un sobrepastoreo causando también erosión hídrica.

Subcuenca Río Verde Grande (RH12Ic)

La subcuenca presenta un grado de erosión Ligero a Moderado principalmente. La zona de cañones que cruzan la subcuenca no presenta ningún grado de erosión. Las principales causas de la erosión son la deforestación y sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico, el sobrepastoreo de tierras llanas y las actividades agrícolas.

De tal forma que los principales tipos de erosión son hídricos en los márgenes del Río Verde y una degradación química en las proximidades a Mezcala y El Zapotillo Cañadas de Obregón donde el exceso de agricultura a promovida una disminución de la fertilidad de los suelos.

Subcuenca Río Tepatitlán (RH12Id)

La subcuenca presenta un grado Ligero de erosión en toda su extensión, aunque en la zona urbana de Tepatitlán de Morelos aumenta a Extremo debido a la alta densidad poblacional y sus actividades.

Las causas de la erosión como se mencionó previamente es la urbanización de la cabecera municipal; así como, el incremento de las actividades agrícolas y el sobrepastoreo ya que estas son las actividades económicas principales de la región.

El resultado de esta actividad humanas es la degradación química del suelo en la que las actividades de monocultivos causan la perdida de materia orgánica dando así suelos menos fértiles. Entre Tepatitlán de Morelos y Acatic en la Presa la Lagunilla y los ríos que conectan ocurre una erosión de tipo hídrica en la que la perdida de suelo se debe a los escurrimientos superficiales de suelo desnudo.

Subcuenca Río del Valle (RH12Ie)

Los resultados del estudio dan como resultados un grado de erosión Ligero casi en su totalidad de la subcuenca causado por el incremento de actividad agrícolas y el sobrepastoreo. El resultado de esta actividad es una degradación química que promueve suelos pobres.

Las principales zonas urbanas afectadas son Valle de Guadalupe, Pegueros y Capilla de Guadalupe.

Subcuenca Río San Miguel (RH12If)

La subcuenca presenta un grado de erosión de Ligero a Moderado en las principales zonas urbanas de Jalostotitlán y San Miguel el Alto.

La erosión de los valles donde se ubica Jalostotitlán es causada por la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico y el sobrepastoreo. La meseta que se encuentra entre Jalostotitlán y San Miguel el Alto tiene erosión causado por la intensa actividad agrícola de ambos poblados, mientras que, en la zona de San Miguel el Alto presenta erosión causada por la urbanización.

El tipo de erosión en los valles es de tipo hídrico causando una pérdida de suelo por las aguas de escorrentía, mientras que, en la meseta la erosión es de tipo química que promueve una degradación del suelo. La degradación física por perdida de la función productiva está asociada a la zona urbana de San Miguel el Alto.

Subcuenca Río Lagos (RH12Ig)

De acuerdo con los resultados del análisis se determinó que las sierras y mesetas al noreste de Lagos de Moreno no presentan ningún grado de erosión, mientras que, los valles donde se ubica San Juan de los Lagos y las mesetas del sur de la subcuenca presentan un grado Ligero causado por la sobreexplotación de la vegetación, deforestación y actividades agrícolas. Por tal motivo se determinó que la erosión es de tipo hídrica en las zonas aledañas a los causes, así como una degradación química en zona de agricultura.

Por su parte la zona urbana de Lagos de Moreno al centro de la subcuenca presenta un grado de erosión Moderado de tipo químico causado por polución y urbanización de la zona urbana, así como, actividades agrícolas en los alrededores. En el límite noreste de la subcuenca en las localidades de Vaquerías, Emiliano Zapa y Guadalupe Victoria también se presenta un grado de erosión Moderado causado por la deforestación de zonas forestales para el uso agrícola. Estas actividades promueven una erosión de tipo hídrica principalmente, así como, eólica ya que la región tiene la presencia de vientos fuertes.

La subcuenca también presenta un grado de erosión Fuerte en la sierra donde se ubican las localidades de Comanja de Corona y La Cruz al sureste de la subcuenca, causada por la deforestación de las zonas forestales, así como, el sobrepastoreo. El relieve propicio que el escurrimiento de aguas superficiales intensifique la erosión hídrica en la cual produce una deformación del terreno.

Subcuenca Río Teocaltiche (RH12Il)

La subcuenca está constituida por un a sierra en su límite norte la cual no presenta ningún grado de erosión, por su parte casi en su totalidad está constituida por un relieve de lomeríos y al sur una pequeña llanura por donde drena la cuenca a través del Río Teocaltiche.

La parte más al norte de los lomeríos presentan un grado erosivo Moderado afectando a los poblados de Tepusco, Los Yañez y Mechoacanejo causado por la actividad agrícola principalmente de zonas deforestadas. En los lomeríos del sur se presenta un grado erosivo Ligero en donde se ve afectada la comunidad de El Soyatal y la zona urbana de Teocaltiche, donde la causa de la erosión es la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico y el sobrepastoreo lo cual produce una erosión hídrica en la que las aguas de escorrentía arrastran los suelos en todos los lomeríos. La llanura ubicada al sur de Teocaltiche presenta un grado erosivo Ligero causada por la intensa actividad agrícola, produciendo una degradación química por polución.

Cuenca Río Juchipila (RH12J)

La cuenca del Río Juchipila abarca solamente pequeñas áreas de cuatro subcuencas, dispersas en las regiones del Norte, Centro y Altos Norte, de las cuales solo dos presentan un grado erosivo.

Subcuenca del Río Juchipila-Malpaso (RH12Ja)

En la Región Norte la subcuenca presenta un grado erosivo Ligero afectando a la comunidad de Sauz de los Márquez, la principal causa es la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico, así como, la deforestación. Esto produce una erosión hídrica del terreno donde el suelo es lavado y transportado fuera de su lugar de origen.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Subcuenca del Río Juchipila-Moyahua (RH12Jc)

La subcuenca se ubicada en el límite con Zacatecas está constituida por sierras y cañones. Presenta un grado erosivo Ligero el cual afecta a las zonas rurales de Quelitán, El Jagueycito, Agua Colorada y Los Puentes.

La principal causa de la erosión es la actividad agrícola y el sobrepastoreo como factor secundario, esto se ve reflejado en una degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.

Cuenca Río Bolaños (RH12K)

Está cuenca se localiza en la región Norte del estado, está constituida por 9 subcuencas. Se puede aprecia un grado erosivo Ligero a Moderado en ciertas localidades de la región, mientras que, en zonas despobladas no se aprecia ningún grado erosivo. Las subcuencas Río Chico (RH12Kh) y Río Jeréz (RH12Ki) no presentan una erosión perceptible.

Subcuenca Río Valpara (RH12Kb)

Ubicada en el extremo norte del estado en los límites con el Estado de Zacatecas está constituida por un valle en la porción central, limitada en sus lados este-oeste por una meseta. Presenta un grado erosivo en casi toda su extensión, a excepción de la meseta que del lado este donde no se aprecia erosión. La meseta este también presenta un grado erosivo Ligero en ciertas áreas causada por las diferentes actividades agrícolas las cuales causan que los suelos se vuelvan menos fértiles y reduzcan su cantidad de materia orgánica. La localidad de Mesa del Fraile se ve afectada por esta erosión.

El límite norte presenta un grado erosivo Moderado causado por la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico y la deforestación propiciando una erosión hídrica en la que ocurre perdida de suelo.

Por su parte el valle presenta un grado erosivo Fuerte asociada a las actividades agrícolas principalmente y la deforestación y remoción de la vegetación de las planicies de inundación del río Mezquitic, originando una erosión hídrica en la que el terreno se deforma por toda la perdida de material suelto. La localidad afectada es San Juan de Navarrete.

Subcuenca Río Bolaños Alto (RH12Kc)

La subcuenca de forma general está constituida por un valle al norte, un cañó principal y una llanura al sur por donde viaja el Río Bolaños, los límites están constituidos por mesetas y un lomerío al sur donde no se observa erosión.

El cañón presenta un grado erosivo Ligero de lado izquierdo, a Moderado de lado derecho principalmente, done la localidad afectada es San Lorenzo de Atziqueltán causado principalmente por la deforestación, así como el sobrepastoreo.

Al norte de la subcuenca en el valle se presenta un grado de erosión Fuerte donde se ven afectadas las localidades de Mezquitic y Nostic. Las causas son las actividades agrícolas principalmente en las planicies de inundación del río causando así una erosión hídrica donde se pierde el suelo, así como, la deforestación en los límites del valle donde la erosión hídrica modifica y deforma el terreno.

En la meseta donde se ubican las localidades de Villa Guerrero, Temastián, San Rita y Ojo de Agua de Cardos se presenta un grado erosivo Moderado, asociado al sobrepastoreo y la deforestación, lo cual promueve al igual que en los valles una erosión hídrica donde se pierde el suelo por la acción del agua.

Al sur de la subcuenca en la llanura también se aprecia un grado erosivo Moderado causado por el sobrepastoreo y la deforestación originando una erosión hídrica. Las localidades afectadas son Huilacatitlán, El Tepec, Bolaños y La Playa.

Subcuenca Río Bolaños Bajo (RH12Kd)

La subcuenca está constituida principalmente por una llanura la cual está rodeada por un cañón principalmente, el límite de la subcuenca tiene un relieve de sierras.

Se determinó que solamente la parte superior del valle presenta un grado erosivo Moderado afectando las comunidades de Chimaltitán, Agua Caliente, La Gloria y San Martín de Bolaños. Las principales causas son el sobrepastoreo y la deforestación lo cual promueve la erosión hídrica con pérdida de suelo superficial.

Por su parte en la sierra se aprecia un área considerable con un grado Ligero de erosividad afectando a la comunidad de Tepizuac; las causas principales son las actividades agrícolas y deforestación lo cual produce una erosión hídrica en ciertas partes y química en otras.

Subcuenca del Río Carbonera (RH12Ke)

La subcuenca está constituida por un lomerío y un sistema de cañones al noroeste que no presentan erosión perceptible, al centro y sur los cañones y mesetas presentan un grado de erosión Ligero causado por las actividades agrícolas y la deforestación lo cual promueve una degradación química del suelo y una pérdida de suelo por la erosión hídrica. Las principales localidades afectadas son San Juan de los Potreros, Los Cerritos, Chanacate y Cocuasco.

En el límite noreste se defina una mesta la cual presenta un grado de erosión Moderado afectando a las comunidades de Santa Rita y Agua Zarca causado por actividades agrícolas principalmente y una deforestación; propiciando así, una erosión hídrica la cual deforma el terreno.

Subcuenca Río Tlaltenango (RH12Kf)

La subcuenca presenta un grado erosivo casi en su totalidad, se puede dividir un grado Ligero al norte del Río Cartagena, mientras que al sur aumenta a Moderado y Fuerte.

En el valle del río la erosión de grado Moderado es causada por la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico lo cual propicia una erosión hídrica donde el terreno de la planicie se deforma. Las localidades afectadas Agua Gorda, Totolco, Cartagena y Casa Llanta.

El valle al norte del río presenta un Ligero grado erosivo causado por las actividades agrícolas y la deforestación lo cual propicia una erosión hídrica donde ocurre una pérdida de suelo superficial.

La zona de lomeríos al sur del valle presenta una erosión Moderada causada por las actividades agrícolas y la deforestación los cuales promueven una erosión hídrica en la que ocurre una deformación del terr2eno. La comunidad de Totatiche se ve afectada por estos fenómenos.

Subcuenca Río Colotlán (RH12Kg)

La subcuenca está constituida por cañones y lomeríos presentando un grado erosivo Moderado causado por la deforestación de zonas naturales, actividades agrícolas y el sobrepastoreo lo cual propicia una erosión hídrica en la que se pierde la capa superficial de suelos y produce una deformación del terreno.

El lado este de la subcuenca está conformada por mesetas las cuales no presenta una erosión apreciable generalmente, a excepción de su límite suroeste donde se presenta un grado Ligero causado por las actividades agrícolas y la deforestación produciendo una erosión hídrica con pérdida de suelos superficiales; así como un grado Moderado causado por la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico lo cual promueve una erosión hídrica que causa una deformación del terreno, la localidad de Mesa de Flores se ve afectada por estos procesos. En el extremo noreste se cuenta con un grado Ligero causado por las actividades agrícolas de las comunidades de San José de los Márquez y San Rafel de Díaz lo cual promueve una degradación química producto de la declinación en la fertilidad y disminución del contenido de materia orgánica.

Subcuenca Rio Tepetongo (RH12Kj)

De forma general la cuenca está delimitada al oeste por una meseta la cual no presenta ningún grado erosivo, mientras que, la parte central de su valle presenta un grado Ligero de erosión, afectando a las comunidades de Las Bocas, Huejucar y Achimec causado por las actividades agrícolas de las mismas localidades, de tal forma, que se promueve una degradación química en la que hay una reducción del contenido de materia orgánica y una disminución de su fertilidad.

Cuenca del Río Huaynamota (RH12L)

La cuenca está constituida por 5 subcuencas las cuales constituyen el límite oeste de la Región del Norte, de acuerdo con el análisis se determinó que en gran medida no se percibe una erosión ya que la región tiene una baja tasa de población.

Subcuenca Río San Juan (RH12Lb)

La subcuenca está constituida por una meseta la cual solamente presenta un grado erosivo Fuerte sobre el cauce del Río San Juan causado por el sobrepastoreo y la deforestación. La erosión es de tipo hídrica donde se pierde suelo superficial por el escurrimiento de aguas superficiales.

Subcuenca Río Atengo (RH12Lc)

De forma general la subcuenca no presenta ningún grado erosivo, solamente la porción noreste donde se ubican las comunidades de San Nicolás de Acuña, La Soledad y Tenzompa presentan un grado erosivo que va de Ligero a Fuerte causado por las actividades agrícolas lo cual propician una pérdida de suelo a partir de una erosión hídrica.

Subcuenca Río Huichol (RH12Lf)

La subcuenca está constituida por una meseta principal, cañones y un valle. El 90% de la subcuenca no presenta una erosión apreciable, a excepción del valle y parte de la meseta presentan un grado Ligero de erosión afectando a las comunidades de Tuxpan de Bolaños, la Mesa del Pino y Mesa de los Sabinos producto de una deforestación y remoción de la cubierta vegetal principalmente, así como las actividades agrícolas y sobrepastoreo de las comunidades de La Mesa del Pino y Mesa de los Sabinos; todas las actividades propician la perdida de materia orgánica y hacen que los suelos se vuelvan menos fértiles a partir de una degradación química.

Subcuenca Río Huejuquilla (RH12Lg)

De forma general la subcuenca está constituida por un valle rodeado por mesetas. El valle presenta un grado erosivo que va de Moderado a Fuerte afectando a casi todas las localidades de la región, especialmente a Huejuquilla el Alto, Rancho Colorado y San José de Maderas. El principal promotor de la erosión es la deforestación en toda la subcuenca, así como, las actividades agrícolas del valle y el sobrepastoreo en las mesetas.
En el valle la deforestación y actividades agrícolas producen una deformación del terreno a partir de la erosión hídrica. Mientras que en las mesetas la erosión hídrica causa la pérdida del suelo superficial.

Región Hidrológica 13 Río Huicicila

La región hidrológica se ubica en el límite noroccidente del estado abarcando la parte de la Bahía de Banderas que corresponde al estado. Cuenta con una sola cuenca llamada RH13A Río Cuale-Pitillal la cual a su vez está subdivida en tres subcuencas.

A partir del estudio se determinó que dos de las tres subcuencas (RH13Aa y RH13Ab) no presentan ningún grado erosivo perceptible debido a que son zonas con una muy baja densidad poblacional y a que la cubierta edáfica no se ve amenazada. Por su parte la subcuenca RH13Ac solamente el límite norte presenta un grado erosivo en la zona urbana de Puerto Vallarta.

Cuenca Río Cuale – Río Pitillal (RH13A)

Subcuenca del Río Cuale (RH13Ab)

La subcuenca está constituida por un sistema de sierras principalmente en las cuales el Río Cuale presenta un grado erosivo Extremo y Moderado en su desembocada hacia la Bahía de Banderas en la zona urbana de Puerto Vallarta.

La causa de la erosión Extrema es por el incremento poblacional lo cual promueve una degradación física en la que los suelos de la llanura de inundación pierden su función productiva. El límite norte que colinda con la llanura de inundación del Río Ameca presenta una degradación ligera acusada por la actividad agrícola, produciendo una degradación química con una afectación a los suelos de cultivo.

Región Hidrológica 14 Río Ameca

La región hidrológica del Río Ameca está constituida por tres cuencas hidrológicas, las cuales en conjunto forman 8 subcuencas. De forma general se determinó que la Cuenca de la Presa La Vega – Río Cocula es la más afectada con un grado Moderado en la mayoría de sus subcuencas, por su parte la Cuenca del Río Ameca-Ixtapa es la que presenta el menor grado de erosión.

Cuenca Presa La Vega – Río Cocula (RH14A)

Localizada al oeste de la zona metropolitana de Guadalajara, está constituida por dos subcuencas cada una cuenca con una llanura aluvial con un grado erosivo Moderado principalmente el cual produce una degradación química, alrededor se posicionan sierras y lomeríos.

Subcuenca Río Cocula (RH14Aa)

La subcuenca del Río Cocula está constituida por una llanura, lomeríos del lado oeste y está delimitada por un sistema de sierras. A partir del estudio se determinó que todo el valle y los lomeríos presentan un grado erosivo Moderado mientras que la sierra en sus partes bajas presenta un grado Ligero y en las altas no presenta erosión apreciable.

La única causa de la erosión en el valle y lomeríos es el exceso de actividades agrícolas, lo cual promueve que los suelos se vuelvan infértiles y disminuya su cantidad de materia orgánica. Las principales ciudades que se ven afectadas es la parte este de la Ciudad de Ameca, La Vega, Buenavista, San Martín Hidalgo y todas las otras comunidades rurales de la región.

Las sierras presentan erosión hídrica por la deforestación y remoción de la vegetación en la mayoría de ellas, así como, por las actividades agrícolas y el sobrepastoreo en las localidades de Juan Gil Preciado, Buenavista y Estipac.

Subcuenca Rio Salado (RH14Ab)

Geomorfológicamente la subcuenca está definida por una llanura en la parte más baja la cual está rodeada por un caño al noreste, mientras que oeste está definida por lomeríos. Los límites de la subcuenca son sierras. La erosión es ligera en partes de la llanura y la sierra baja del este, mientras que los cañones, el lomerío y parte de la sierra presentan un grado de erosión Moderado. Las zonas con nula vegetación solamente están confinado a las partes altas de la sierra.

Se pueden definir tres causas principales de la erosión: en los cañones es causada por las actividades agrícolas y sobrepastoreo de la localidad de Los Ruiseñores, mientras que en el valle y lomerío es causado solamente por las actividades agrícolas, por su parte en las sierras bajas es por la deforestación. Todas estas causas promueven una degradación química por declinación de la cantidad de materia orgánica y una disminución en la fertilidad.

Las principales zonas urbanas que se ven afectadas por un grado Ligero son: Teuchitlán y la Estanzuela; por su parte el resto de las localidades en la subcuenca están afectadas Moderadamente, siendo las más importante Ahualulco de Morelos, EL Refugio y Tala.

Cuenca del Río Ameca - Río Atenguillo (RH14B)

La cuenca está subdividida en dos subcuencas principales en las cuales se presenta un grado de erosión que va de Ligero a Moderado principalmente en los valles, llanuras y partes bajas de las sierras.

Subcuenca Río Atenguillo (RH14Ba)

La subcuenca presenta un grado de erosión Ligero en las sierras y parte del cañón del norte de la subcuenca, mientras que en los valles presenta un grado de erosión Moderado.

Las causas de la erosión Ligera son la deforestación, sobrepastoreo y actividades agrícolas lo cual produce una erosión hídrica en la zona de cañones debido a que el agua de escorrentía se lleva los suelos, mientras que en las sierras ocurre una degradación química.

Por su parte en los valles la principal causa de la erosión es la deforestación lo cual resulta en una erosión hídrica, así como, actividades agrícolas y sobrepastoreo en menores cantidades lo cual degrada el suelo.

Las principales comunidades afectadas son La Laja y Cuyutlán con un grado Ligero; mientras que, Atenguillo, Mixtlán y Los Volcanes con un grado Moderado.

Subcuenca Río Ameca- Pijinto (RH14Bb)

La subcuenca ubicada en el límite norte en los límites con Nayarit presenta un grado de erosión Ligero en las llanuras aluviales del norte de la localidad de San Marcos, así como en parte de la sierra, por su parte la llanura aluvial donde se ubica Ameca presenta un grado Moderado. La mayoría de las sierras presente en la región no presentan un grado erosivo.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

En las llanuras donde se ubican las localidades de Ameca al sur y San Marcos al noreste, la principal causa erosiva son las actividades agrícolas, mientras que, en los cañones y partes de la sierra es la deforestación. Esto da como resultado una degradación química en los valles lo cual empobrece el suelo y una erosión hídrica en los cañones y sierras causado por la pérdida de material suelto.

Cuenca Río Ameca-Río Ixtapa (RH14C)

Está cuenca está constituida por tres subcuencas en las cuales se presenta erosión solamente en los valles de dos de las cuencas y en la llanura aluvial de la otra. Sus sistemas de sierras no presentan ningún grado de erosión.

Subcuenca Río Talpa (RH14Ca)

La subcuenca es de tipo endorreica en la que en el centro se localiza el valle de Talpa de Allende el cual presenta una erosión Moderada, la cual está rodeada por un sistema de sierras las cuales no presentan ningún grado de erosión.

La principal causa de la erosión es la actividad agrícola, seguida de un sobrepastoreo, dando una degradación química de los suelos del valle lo cual le disminuye al suelo de materia orgánica y reduce la cantidad de materia orgánica.

Subcuenca Río Mascota (RH14Cb)

La subcuenca está constituida por un valle principal el cual presenta un grado de erosión Moderado al sur en las localidades de Guayabitos y Mirandilla, así como Ligero al norte en la localidad de Mascota, además de, una meseta al norte de la región donde se acentúan los poblados de Navidad y Juanacatlán Grande las cuales presentan un grado erosivo ligero. Este valle está rodeado por un sistema de sierras y cañones los cuales no presentan ningún grado erosivo.

La principal causa de erosión en el valle es la intensificación de la actividad agrícola, así como el sobrepastoreo; esto propicia una degradación química de los suelos por la pérdida de materia orgánica y fertilidad debido a los cultivos.

Por su parte en la meseta el sobrepastoreo es la actividad principal erosiva, además de la deforestación. Esto causa una erosión hídrica con pérdida del suelo superficial.

Subcuenca Río Ameca-Ixtapa (RH14Cc)

La subcuenca está constituida principalmente por una sierra la cual tiene mesetas intermontanas al centro y sureste. De igual manera presenta un valle al límite norte que corresponde a la corriente del Río Ameca y en la costa una llanura de inundación.

El valle y la llanura de inundación presentan un grado Moderado en su parte más próxima a los cuerpos de agua y ligera en las partes elevadas.

La principal causa de la erosión son las actividades agrícolas de las localidades al noreste de Puerto Vallarta, propiciando una degradación química por declinación de la fertilidad y reducción del contenido de materia orgánica.

Región Hidrológica 15 Costa de Jalisco

La región hidrológica cubre las costas del estado, está formada por tres cuencas y siete respectivas subcuencas. De forma general la geomorfología de la región está constituida por sierras las cuales no presentan ningún grado de erosividad, así como, llanuras costeras y valles los cuales si presentan un cierto grado de erosión causado principalmente por las diferentes actividades humanas.

Cuenca Río Chacala-Purificación (RH15A)

La cuenca está subdividida en dos subcuencas por cada rio, se ubica en el límite sur del estado y colinda con el Estado de Colima. De forma general presenta un grado de erosión que va de Ligero a Moderado en todos sus valles y llanuras costeras.

Subcuenca Río Chacala (RH15Ab)

La subcuenca compuesta principalmente por sierras y valles no presenta ningún grado erosivo en las sierras, mientras que, en los valles y la llanura costera presenta un grado ligero a Moderado especialmente en la llanura costera.

La causa de erosión principal es el incremento de actividades agrícolas principalmente en la llanura costera, por su parte en los valles es la deforestación, sobrepastoreo y actividades agrícolas. De tal manera que han causado una erosión química con una disminución en la fertilidad de la llanura costera, mientras que, en los valles es hídrica. Las principales localidades afectadas son Cihuatlán con un grado Moderado en la llanura costera, así como, diferentes rancherías y poblados agricultores que se ubican en los valles.

Subcuenca Río Purificación (RH15Ac)

A partir del análisis se determinó que las sierras que delimitan la subcuenca no presentan ningún grado de erosión visible, sin embargo, parte de las sierras bajas internas sí presentan un grado Ligero a la erosión. La zona de valles intermontano donde se ubican las principales zonas urbanas como son La Huerta, Tecomates y La Resolana presentan un grado Moderado, al igual que las llanuras costeras donde se ubican las comunidades de Emiliano Zapata, San Patricio Melaque y Barra de Navidad.

En los valles la principal causa de la erosión es el incremento de actividades agrícolas dando como resultado una erosión química en la que los suelos disminuye su contenido de materia orgánica y su fertilidad; en las sierras es la deforestación lo cual causa una erosión hídrica donde el suelo es lavado por las corrientes superficiales, mientras que, en la llanura costera las causas son el sobrepastoreo y actividades agrícolas de tal manera que ocurre una combinación de degradación hídrica y química donde los suelos se empobrecen y son arrastrados de la zona.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Cuenca Hidrológica del Río San Nicolás-Cuitzamala (RH15B)

Está cuenca está posicionada en la costa sur del estado, la constituyen dos subcuencas las cuales presentan un bajo grado erosivo en los valles y llanuras, y no presentan erosión apreciable en sus sierras.

Subcuenca Río Cuxmala (RH15Ba)

La subcuenca generalmente presenta nula erosión perceptible en las sierras, sin embargo, en la zona de lomeríos en su parte noreste presenta un grado Ligero en las localidades de Jirosto, Llano del Oro y Espinos de Judío, mientras que, en las localidades de Villa Purificación, San Miguel y Paso Real aumenta a Moderado, causado por una mayor población. En la llanura costera la erosión es Ligera afectando a la localidad de Emiliano Zapata.

Tanto en la llanura costera como en los lomeríos la erosión es causada por la deforestación promoviendo una erosión hídrica donde se pierde una cantidad considerable de suelos de tierras altas por el escurrimiento, en las localidades de Villa Purificación, San Miguel y Paso real la erosión es causada por las actividades agrícolas y el sobrepastoreo dando como resultado una disminución de materia orgánica lo cual promueve los suelos infértiles, denominada degradación química.

Subcuenca Río San Nicolás (RH15Bb)

Está subcuenca presenta un grado de erosión ligero en los valles formados entre las sierras de nula erosión, el cual es causado por la deforestación principalmente y da como resultado una erosión hídrica en la que el suelo de las pendientes se lava ya que esta desprovisto de vegetación. Las localidades afectadas son Llano Grande, Cimarronas, La Atalaya, Pabelo, Mezcales y La Naranja.

Por su parte las llanuras costeras presentan un grado de erosión Moderado causado por las actividades agrícolas y el sobrepastoreo, lo cual resulta en una degradación química en la que declina la cantidad de materia orgánica y disminuye la fertilidad de los suelos. Las localidades afectadas son Chamela, Pérula, Quémaro y José MaríaMorelos.

Cuenca Hidrológica del Río Tomatlán – Tecuán (RH15C)

Está subcuenca está asociada al límite costero norte delimitadas por grandes sistemas de sierras sin erosión visible, entre los cuales se aprecian varios valles con un grado erosivo Ligero y en la costa se observan llanuras costeras y lomeríos Moderadamente erosionados. Se puede subdividir en tres subcuencas

Subcuenca Río Tomatlán (RH15Ca)

La subcuenca no presenta ningún grado de erosión en la mayoría de todas sus sierras. Por su parte los valles que se ubican entre la misma presentan un grado de erosión Ligero causado por las actividades agrícolas, sobrepastoreo y la deforestación. Las localidades afectadas son El Corrido, Tequesquite, El Mapache y El Tigre.

La llanura costera por su parte presenta un gado de erosión Moderado, de igual manera, causado por las actividades agrícolas y el sobrepastoreo. Las principales localidades afectadas son Campo Costa, Tomatlán y todas las comunidades rurales que se encuentran en la planicie del Río Tomatlán.

El tipo de erosión resultante en toda la subcuenca es una degradación química propiciando suelos menos fértiles con una disminución de materia orgánica.

Subcuenca Río Mismaloya (RH15Cb)

La subcuenca presenta un grado de erosión Moderado en su planicie costera donde se afectan las comunidades de La Cruz de Loreto, Vicente Guerrero, La Gloria, entre otras.

Por su parte las sierras no presentan ningún grado de erosión, mientras que el valle situado entre estás presenta un grado de erosión Ligero donde se ve afectada la localidad de Paulo.

Las causas de la erosión en ambos casos son las actividades agrícolas y el sobrepastoreo, originando una degradación química en la que disminuye la cantidad de material orgánica en los suelos, haciéndolos menos fértiles.

Subcuenca Río Tecuán (RH15Cc)

La subcuenca está constituida principalmente por sierras abruptas la cual no a permitido un gran desarrollo urbano en la región; por tal motivo no presenta ningún grado de erosión en la zona, a excepción de sus llanuras costeras en las que se presenta un Ligero grado erosivo.

Las actividades agrícolas son las principales causas de la erosión, además de una deforestación y remoción de vegetación. Esto promueve una degradación química con pérdida de materia orgánica y fertilidad.

Las principales localidades afectadas son Aquiles Serdán, Naranjitos (Arroyo Seco), Maito y Villa del Mar.

Región Hidrológica 16 Río Armería – Río Coahuayana

Al sur del estado podemos encontrar la región hidrológica 16 que abarca gran parte del Volcán de Colima y sus principales ríos. Se puede dividir en dos cuencas principales para cada río, las cuales se subdividen a su vez en seis subcuencas.

Cuenca Río Coahuayana (RH16A)

Está cuenca está constituida por 3 subcuencas y se posiciona de lado este del Volcán de Colima. Está constituida por un relieve de valles y llanuras con un grado erosivo que va de Ligero a Moderado, rodeado de un sistema de sierras en las que generalmente no se presenta erosión visible.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Subcuenca Río Ahuijullo (RH16Aa)

La subcuenca presenta un grado de erosión Ligero en gran medida, causado principalmente por la extensa deforestación, además de, actividades agrícolas y sobrepastoreo. El tipo de erosión principal es hídrico causado por el escurrimiento superficial el cual arrastra los suelos.

Las principales localidades afectadas son Pihuamo, Ahuijullo con un grado erosivo Ligero; sin embargo, en el límite sur de la subcuenca las localidades de Barreras, Colomos y El Guayabo tiene un grado Fuerte causado por la actividad agrícola lo cual resulta en una degradación química de los suelos pobres en materia orgánica.

Subcuenca Río Tuxpan (RH16Ab)

La subcuenca presenta un grado de erosión Ligero en todo su valle y en los lomeríos del norte, además de que, en las zonas urbanas y sus planicies agrícolas se intensifica a un grado Moderado. Las sierras que corresponden a la cuenca no presentan erosión aparente.

Las principales zonas urbanas como son Zapotiltic, El Cortijo y Tuxpan presentan un grado Moderado, mientras que, Tamazula de Gordiane, Tecalitlán y El Zapatero es Ligero.

De forma general la causa principal de la erosión en el Valle es por las actividades agrícolas, además de que en Tamazula de Gordiano la sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico se intensifica. En la región entre Tuxpan y Tecalitlán otros factores son el sobrepastoreo y deforestación. Las partes altas de los valles sufren de erosión hídrica propiciado por la deforestación y el escurrimiento superficial de las mismas zonas, mientras que, en las partes más baja de los mismo la degradación es química ya que las tierras de cultivos se ven afectadas por los monocultivos.

La zona de lomeríos donde se ubica la localidad de Mazamitla y El Zapatero la principal causa es la deforestación de zonas forestales. La degradación en la zona de lomeríos principalmente es hídrica con modificación del relieve, así como, química en la que ocurre una pérdida del sustrato edáfico.

Subcuenca Río Coahuayana (RH16Ac)

Esta subcuenca abarca parte del flanco este del Volcán Colima en la que el Río Coahuayana es el principal, de forma general la llanura y valle donde se ubica el río son donde se presenta un gado de erosión ligero, a excepción de la zona entre Veintiuno de Noviembre y San José del Tule donde se intensifica hasta a Moderado.

Las principales causas de la erosión son las actividades agrícolas y el sobrepastoreo especialmente de las localidades de Atenquique y Platanar.

Debido a que es una zona con un relieve complejo y abrupto existen diferentes tipos de erosión, de las cuales las principales son hídrica causada por las corrientes superficiales que arrastran los sedimentos; física por compactación debido a la agricultura del valle y química con una disminución en la fertilidad de los suelos.

Cuenca Río Armería (RH16B)

La cuenca está subdivida por tres subcuencas donde el relieve está formado por valles y llanuras rodeadas por sierras, al norte se aprecian mesetas mientras que la subcuenca del sur, parte del flanco oeste del Volcán de Colima cuenca con lomeríos. Lo valles, llanuras, lomeríos y partes bajas de las sierras presentan un rango de erosión de Ligero a Moderado principalmente.

Subcuenca Río Armería (RH16Ba)

La subcuenca se considera el flanco oeste del Volcán de Colima en la que las partes altas de la misma no presenta un ningún grado de erosión, sin embargo, las partes bajas de lomeríos, el valle y la llanura presentan un grado erosivo Moderado y Ligero. El límite occidente correspondiente a la sierra tampoco presenta ningún grado erosivo.

Las principales localidades afectadas son Zapotitlán de Vadillo, Santa Elena, Las Canoas y Copala.

Las causas de la erosión son la deforestación, sobreexplotación de la vegetación para uso doméstico, actividades agrícolas y el sobrepastoreo. De tal forma que resulta una erosión hídrica principalmente asociada a la deformación del terreno debido a las fuertes corrientes superficiales que bajan del volcán, llevándose todo el material suelto, de igual manera, en las localidades de Alista, San Isidro y San José del Carmen ocurre una degradación química en la que los suelos se están disminuyendo su fertilidad.

Subcuenca Río Tuxcaso (RH16Bb)

De forma general el corazón de la cuenca es una sierra la cual no presenta ningún grado de erosión aparente, ya que existe una muy baja densidad poblacional, sin embargo, en los límites constituido por mesetas y valles al norte y por lomeríos, llanuras y valles al sur presentan un grado de erosión Ligero principalmente, aunque en la meseta del norte donde se localizan las comunidades de Atemajac de Brisuelas, Tapalpa y Chiquilistlán aumenta a Moderado.

Las principales causas de la erosión son la deforestación, sobrepastoreo y actividades agrícolas; las cuales resultan en una erosión hídrica principalmente la cual produce una pérdida considerable de suelos. En menores dimensiones también se aprecia una degradación química.

Subcuenca Río Ayuquil (RH16Bc)

La subcuenca del Río Ayuquil presenta no presenta un grado de erosión en las partes altas de la sierra, mientras que, en las partes bajas presenta un grado Ligero. Por su parte los valles donde se ubican las principales comunidades (Autlán de Navarro, El Grullo, Tenamatlán y Atengo presentan un grado Moderado.

Se determinó que las principales causas de la erosión son la deforestación de los valles y las partes bajas de las sierras, así como el sobrepastoreo y las actividades agrícolas.

El tipo de erosión resultado es una erosión hídrica y una degradación química principalmente lo cual causa una disminución de los suelos por el acarreo y su empobrecimiento de nutrientes.

Región Hidrológica 18 Río Balsas, Cuenca Río Tepalcatepec (RH18J)

La porción de la región hidrológica que abarca el estado es en su extremo sur en los límites con Michoacán de Ocampo, incluye seis subcuencas las cuales pertenecen a la misma Cuenca del Río Tepalcatepec. De forma general está constituida por un sistema de sierras y una gran llanura aluvial en el extremo sureste.

Subcuenca Río Bajo Tepalcatepec (RH18Ja)

La subcuenca se localiza en el límite sur del estado, colindando con el Estado de Michoacán de Ocampo. Debido a que es una zona con muy poca población, presenta un Ligero grado de erosión en las mismas, sin embargo, casi en su totalidad no presenta erosión visible.

La localidad de Tazumbos presenta una degradación de tipo eólica donde el suelo erosionado es causado por las actividades agrícolas. Por su parte las rancherías de Rancho Nuevo y Benito Juárez presentan una degradación química causada por la actividad agrícola.

Subcuenca Río Alto Tepalcatepec (RH18Jb)

Esta subcuenca generalmente no presenta ningún grado de erosión, solamente se llega a apreciar el fenómeno en muy pocas zonas con un grado de erosión ligero asociado a la deforestación y el sobrepastoreo principalmente.

Los tipos principales de erosión son: física por compactación, hídrica y química.

Subcuenca Río San Jerónimo (RH18Jc)

Localizada al sur del estado es una subcuenca compuesta por sistemas de sierras y lomeríos con una baja densidad poblacional en los que se determinaron tres regiones con un Ligero grado erosivo. Las primeras dos son las más extensas y se localizan en la zona urbana de Jilotlán de los Dolores y otra de mayor extensión al norte de la localidad; las causas principales son la sobreexplotación de la vegetación y las actividades agrícolas de la región. De tal forma que se origina una química de los suelos poco fértiles. Por otro lado, la localidad de Huichitila causa una erosión por el sobrepastoreo y las actividades agrícolas lo cual promueve que el suelo se compacte, pierda materia orgánica y disminuye su fertilidad.

Subcuenca A. Tepalcatepec (RH18Jd)

La subcuenca presenta un grado Ligero de erosión principalmente en las sierras del sur donde se localiza la localidad de Ticuilucan causado principalmente por la deforestación, el sobrepastoreo y las actividades agrícolas. Ya que la subcuenca está llena de ríos secundarios promueven la erosión hídrica de suelos lo cual causa un déficit de este.

Subcuenca Río Itzícuaro, (RH18Jf)

Se considera la subcuenca más pequeña asociadas a la Cuenca del Río Tepalcatepec, a pesar de su tamaño contiene varias localidades lo cual deja un grado erosivo en su totalidad que va desde Ligero a Moderado. En toda su extensión las causas erosivas son la deforestación, sobrepastoreo y la agricultura.

Las localidades afectadas de Mazamitla, El Manzanillo y Valle de Juárez tienen una erosión hídrica con pérdida de suelo. Las localidades del centro como son Quitupán y Lázaro Cárdenas están afectadas por la degradación química del suelo causando que disminuya su contenido de materia orgánica y su fertilidad. Por su parte al sur de la subcuenca en lo que corresponde a las localidades de Ramón Corona, Llano Largo y Lagunillas presentan una degradación física donde el suelo se compacto y de esta forma promueve la disminución en la vegetación.

Subcuenca Río Quitupan (RH18Jg)

A partir del estudio se determinó que la subcuenca constituida por sierras no presenta erosión visible casi en su totalidad, esto se debe a que es una zona con muy baja densidad poblacional; solamente el límite norte presenta un grado de erosión Ligero asociado a las actividades del sobre aprovechamiento de la vegetación y su deforestación para fines agrícolas de las localidades de Lázaro Cárdenas, Llano Largo y Lagunillas. Se puede definir el tipo de erosión hídrica con pérdida del suelo a partir de escurrimientos superficiales.

Región Hidrológica 37 El Salado, Cuenca San Pablo y Otras (RH37F), Subcuenca de la Presa San Pablo (RH37Fa)

El límite noreste del estado pertenece a la Región Hidrológica de El Salado, abarcando parte de la Cuenca San Pablo y Otras en la subcuenca de la Presa San Pablo.

La subcuenca está constituida por una llanura aluvial principalmente, así como, lomeríos y mesetas al límite sur. El análisis determinó que estás llanuras presentan un grado de erosión de Moderado a Fuerte causado por la deforestación y el exceso de uso de suelo para actividades agrícolas.

Las principales localidades afectadas son Ojuelos de Jalisco al sur de la subcuenca donde se presenta una erosión de tipo hídrica, Salitrillo de Chanampas, Moreniotos y Encinillas al norte con una erosión eólica principalmente, en ambos casos existe una pérdida de suelo abundante.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

5. Inventario de Vulnerabilidades

La magnitud de un desastre está condicionada por la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa de los sistemas expuestos en los que incide un fenómeno perturbador. En este contexto habrá de entenderse y priorizarse como sistemas expuestos a la población, bienes materiales, infraestructura estratégica y de servicios vitales que son susceptibles de ser dañados ante la presencia de un fenómeno perturbador.

Las limitaciones al desarrollo se relacionan con las precarias condiciones socioeconómicas y demográficas que influyen en la formación de recursos humanos como cimiento, el ejercicio de la ciudadanía, la organización social, la acumulación de activos familiares, o la construcción de capital social.

Para el análisis de este apartado, se deberá utilizar la metodología establecida en la "Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, Tomo Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social" de CENAPRED para la estimación del grado de vulnerabilidad y su respectiva cartografía.

5.1. Vulnerabilidad Social

De acuerdo con el CENAPRED, Guía básica para la elaboración de Atlas de Peligros y Riesgos, 2006, se entiende como vulnerabilidad a la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador natural o antropogénico, es decir el grado de pérdidas esperadas. En términos generales existen dos tipos de vulnerabilidad la social y la física las cuales se describen a continuación.

La Vulnerabilidad se esclarece como el grado de afectación procedente de la incidencia de algún fenómeno perturbador, la magnitud de un desastre depende en gran medida de la vulnerabilidad que presenta una población. Diferentes condiciones sociales, económicas, físicas y políticas contribuyen a la posible generación de afectaciones (Wilches-Chaux, 1993; Cardona, 2003).

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) define la vulnerabilidad social como la capacidad que tiene la sociedad para evitar daños a los bienes expuestos ante el impacto de un fenómeno perturbador y la capacidad de recuperarse del mismo. Además, la vulnerabilidad social ante un desastre estará definida por una serie de factores económicos, sociales y culturales, los cuales determinan en qué grado un grupo social tiene la capacidad para atender una emergencia, recuperarse y rehabilitarse ante un desastre.

Para obtener el grado de vulnerabilidad social ante un fenómeno perturbador, se utilizan una serie de variables socioeconómicas y una evaluación a la capacidad de respuesta y prevención, por parte de las autoridades gubernamentales, y otra a la percepción local de riesgo por parte de la población.

El análisis de la Vulnerabilidad Social del estado de Jalisco se basa en la metodología propuesta por el CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014), la cual considera las condiciones socioeconómicas de la población mediante indicadores de Vulnerabilidad.

Dentro del análisis de las condiciones socioeconómicas, se hace uso de diferentes indicadores, separados en grupos temáticos de Salud, Vivienda, Educación, Población, Empleo e Ingresos, con los cuales es posible obtener parte del grado de vulnerabilidad social a una escala municipal. Por otra parte, se hace uso de los mismos grupos temáticos con los indicadores disponibles a nivel de manzana urbana con el fin de identificar cómo es su comportamiento al interior de las zonas metropolitanas más importantes del estado, como lo son la Zona metropolitana de Guadalajara, Zona metropolitana de puerto Vallarta y Zona metropolitana de Ocotlán y proveer de información para la formulación de políticas de desarrollo social.

Condiciones socioeconómicas por indicadores de vulnerabilidad

Las condiciones socioeconómicas se analizan a través de 17 indicadores que integran cinco temáticas: Salud, Educación, Vivienda, Empleo e Ingresos y Población, acorde con la metodología del CENAPRED. Los indicadores se construyen con la información más actual, a nivel municipal del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020; el Índice Básico de las Ciudades Prósperas, publicado por INFONAVIT y ONU-Hábitat; y del Informe anual sobre la situación de pobreza y rezago social 2022, de la Secretaría del Bienestar.

Cada uno de los cinco componentes constituye el 10% del índice de Vulnerabilidad Social, en conjunto el 50%. El otro 50% se integra con la información adquirida por las capacidades de respuesta y percepción local presente en el municipio. Con base a la metodología del CENAPRED (SEGOB/CENAPRED, 2014), se asigna un grado de vulnerabilidad a cada uno de los indicadores a nivel municipal que integran los componentes de vulnerabilidad social.

Dentro del análisis espacial se integra una cartografía de cada una de las temáticas que integran a la Vulnerabilidad Social: Salud, Educación, Vivienda, Población y Empleo e Ingresos; en una sola cobertura relativa a las condiciones socioeconómicas presentes en el municipio. En la cartografía de la caracterización social, antes mostrada, se aprecia la representación espacial de los indicadores que integran la vulnerabilidad en el interior municipal, se clasificó conforme los intervalos y grados de vulnerabilidad establecidos por el CENAPRED en 2014 y en aquellos indicadores que se anexaron como personas con discapacidad, se utilizaron procesos estadísticos de cortes naturales para identificar el comportamiento de cada indicador en el territorio.

El valor de vulnerabilidad de los indicadores se clasifica en cinco categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo grado de vulnerabilidad, donde un alto grado representa peores condiciones socioeconómicas y un bajo grado mejores condiciones.

Clasificar la vulnerabilidad al interior del municipio facilita la toma de decisiones a nivel local al identificar zonas específicas con menor o mayor vulnerabilidad, ya que el asignar un solo valor municipal, no identifica las diferentes condiciones presentes en las localidades y manzanas del territorio.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Sin embargo, existen indicadores disponibles únicamente a escala municipal, como es el caso de: Médicos por cada 1,000 habitantes; Tasa de Mortalidad Infantil; Porcentaje de la PEA que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos; y la Dispersión poblacional, por tanto, el grado de vulnerabilidad se elabora con la información disponible en las fuentes oficiales.

De esta forma, las áreas identificadas con altos grados de vulnerabilidad requieren de la aplicación de políticas conducentes a la reducción de la vulnerabilidad de estos sectores y aumentar la capacidad de resiliencia de su población mediante la ejecución oportuna de programas sociales, infraestructura, etc. Conjuntamente, se necesitan enfocar esfuerzos, recursos de gestión y planeación para mejorar la prevención en lo referente a la acción civil y gubernamental.

Características sociales y económicas por componente temático

Este apartado muestra un análisis por componente temático, en el cual se presenta a nivel municipal la información estadística obtenida para cada indicador utilizado y clasificado conforme a los rangos establecidos por el CENAPRED. A nivel local se muestra un análisis espacial de cada componente temático mediante la integración de indicadores, resultando en una cartografía por componente temático a nivel de manzana.

Los componentes fueron representados espacialmente mediante la integración de los indicadores a nivel manzana urbana. La información se procesó en un Sistema de Información Geográfica (SIG), se integraron los indicadores de los distintos componentes clasificados en grados de vulnerabilidad conforme la metodología del cálculo de Vulnerabilidad Social propuesta por el CENAPRED en 2014.

5.1.1. Vulnerabilidad del sector salud

El presente componente revela el desarrollo socioeconómico y grado de vulnerabilidad presente en el estado, al valorar el acceso y la capacidad de atención a servicios básicos de salud que la población adquiere. Los indicadores que constituyen este componente son los siguientes: 1) Cobertura de servicios de salud (médicos por cada 1000 habitantes); 2) Porcentaje de población no derechohabiente; 3) Tasa de mortalidad infantil. A continuación, se presenta una tabla como resumen, en la que se identifican las fuentes de las variables que son empleadas y el proceso de construcción de cada uno de los indicadores.

Tabla: VUL-SOC-A 1. Indicadores del Componente Salud

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Cobertura de servicios de salud. Médicos por cada 1,000 habitantes	La proporción de médicos por mil habitantes se adquiere de la multiplicación del número de médicos por mil y se divide entre el total de la población.	ONU - Hábitat
Tasa de mortalidad infantil	Se puede definir para un periodo determinado, en este caso, el primer año de vida. El resultado se obtiene de dividir el número de defunciones de niños menores de un año en un periodo determinado, entre los nacidos vivos en el mismo periodo y el resultado se multiplica por 100.	ONU - Hábitat
Porcentaje de la población no derechohabiente	El porcentaje de la población no derechohabiente se obtiene dividiendo el total de la población no derechohabiente entre el total de la población y el resultado se multiplica por 100.	Censo de Población y Vivienda, INEGI 2020.

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014. Datos de CONAPO incluidos en Informe de Desarrollo Humano 2010-2015 y Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

La siguiente tabla identifica los valores de los indicadores en el municipio con su calificación de vulnerabilidad y la clasificación de cada factor en el sector salud, de acuerdo con la metodología establecida por CENAPRED, 2014.

Tabla: VUL-SOC-A 2. Valores de Indicadores del Componente Salud

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
Salud	Cobertura de servicios de salud. Médicos por cada 1,000 habitantes	De 0.20 a 0.39 médicos por cada 1,000 habitantes	Muy alto	1	1.89	0
		De 0.4 a 0.59 médicos por cada 1,000 habitantes	Alto	0.75		
		De 0.6 a 0.79 médicos por cada 1,000 habitantes	Medio	0.50		
		De 0.8 a 0.99 médicos por cada 1,000 habitantes	Bajo	0.25		
		Uno o más médicos por cada 1,000 habitantes	Muy bajo	0		
	Tasa de mortalidad infantil	De 17.2 a 27.1	Muy bajo	0	11.01	0
		De 27.2 a 37.0	Bajo	0.25		
		De 37.1 a 47.0	Medio	0.50		
		De 47.1 a 56.9	Alto	0.75		
		De 57.0 o más	Muy alto	1		
	Porcentaje de población no derechohabiente	De 17.63% a 34.10%	Muy bajo	0	29.4%	0
		De 34.11% a 50.57%	Bajo	0.25		
		De 50.58% a 67.04%	Medio	0.50		
		De 67.05% a 83.51%	Alto	0.75		
		83.52% o más	Muy alto	1		
Grado de Vulnerabilidad del Sector Salud			Muy Bajo			0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014. Datos de CONAPO incluidos en Informe de Desarrollo Humano 2010-2015 y Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

5.1.2. Vulnerabilidad del sector educativo

La educación con la que cuenta la población contribuye en el bienestar personal y en las acciones preventivas y reactivas que ésta presenta frente a riesgos a desastres. Los tres indicadores que este componente considera son: 1) Porcentaje de analfabetismo; 2) Porcentaje de la demanda en educación básica (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela); 3) Grado promedio de escolaridad (CENAPRED, 2014).

Las características educativas de la población de un determinado territorio influyen directamente en la adopción de conductas preventivas y de autoprotección, siendo esta característica indicativa en el conocimiento sobre fenómenos y riesgos. En la siguiente tabla se muestran los indicadores empleados para el desarrollo de este componente, su método de obtención y la fuente de donde se obtiene la información.

Dentro del análisis espacial los tres indicadores que integran este componente son: 1) Población analfabeta, 2) Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, 3) Grado promedio de escolaridad, ellos pueden observarse en “Fase I. apartado “Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos” de este documento.

Tabla: VUL-SOC-B 1. Indicadores del Sector Educativo

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de analfabetismo	Se obtiene dividiendo a la población analfabeta de 15 años y más entre el total de la población de ese mismo rango de edad. El resultado se multiplica por cien.	Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020.
Porcentaje de la demanda en educación básica. (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela)	Este indicador se estima dividiendo la matrícula de educación básica (primaria y secundaria) entre la población de 6 a 14 años, rango de edad de asistencia a dichos niveles educativos.	
Grado Promedio de Escolaridad	El INEGI elabora este indicador. Lo obtiene de dividir la suma de los años aprobados desde el primero de primaria hasta el último año alcanzado de las personas de 15 años y más entre el total de la población de 15 años y más. Considera a la población de 15 años y más, excluye a la población de 15 años y más con grados no especificados en algún nivel y a la población con nivel de escolaridad no especificado.	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

Los valores obtenidos para cada uno de los indicadores se muestran a continuación, además de todos los intervalos disponibles y la calificación correspondiente para el estado.

Tabla: VUL-SOC-B 1. Valores de indicadores del sector educativo

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07% a 15.85%	Muy bajo	0	2.89%	0
		De 15.86% a 30.63%	Bajo	0.25		
		De 30.64% a 45.41%	Medio	0.5		
		De 45.42% a 60.19%	Alto	0.75		
		60.20% o más	Muy alto	1		
	Porcentaje de la demanda en educación básica. (Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela)	De 42.72% a 54.17%	Muy alto	1	93.03%	0
		De 54.18% a 65.62%	Alto	0.75		
		De 65.63% a 77.07%	Medio	0.50		
		De 77.08% a 88.55%	Bajo	0.25		
		88.56% o más	Muy bajo	0		
	Grado promedio de escolaridad	De 1 a 3.2	Muy alto	1	9.9 años	0
		De 3.3 a 5.4	Alto	0.75		
		De 5.5 a 7.6	Medio	0.50		
		De 7.7 a 9.8	Bajo	0.25		
		De 9.9 o más	Muy bajo	0		
Grado de Vulnerabilidad del Sector Educación			Muy bajo			0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

5.1.3. Vulnerabilidad del sector vivienda

El componente de vivienda es utilizado derivado a la importancia de la dinámica social con el espacio, donde desarrolla gran parte de los medios de vida, además, las características de la vivienda infieren la calidad de vida que tienen las personas que en ella habitan. La vulnerabilidad de

una vivienda se refleja tanto en los materiales de construcción como en los servicios básicos con los que cuenta o bien, de los que carece.

Los indicadores que constituyen este componente para su respectivo análisis espacial son: 1) Porcentaje de viviendas con piso de tierra, 2) Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad, 3) Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada, 4) Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje. La distribución individual de sus valores absolutos se detalla en el apartado "Caracterización de los elementos Sociales y Demográficos" de la Fase I. de este estudio).

Los indicadores empleados para este componente se describen a continuación:

Tabla: VUL-SOC-C 1. Indicadores de Sector Vivienda

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de vivienda sin servicio de agua entubada	Este porcentaje se obtiene del total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.	Información del Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020.
Porcentaje de vivienda sin servicio de drenaje	Este indicador se adquiere del total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje. El resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien	
Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	Este indicador se obtiene del total de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica, el resultado se divide entre el total de viviendas y se multiplica por cien.	
Porcentaje de viviendas con piso de tierra	Este porcentaje se obtiene del total de viviendas con piso de tierra, el resultado se divide entre el total de viviendas habitadas y se multiplica por cien.	
Déficit de Vivienda	El déficit de vivienda se obtiene de la diferencia del total de hogares y el total de viviendas, que representa el número de viviendas faltantes para satisfacer la demanda de hogares. A este resultado se le suman las viviendas con piso de tierra. El resultado representa tanto las viviendas nuevas que se requieren, sumado a las viviendas que necesitan mejoramiento. El resultado se expresa en porcentaje.	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

Tabla: VUL-SOC-C 2. Valores de indicadores del sector vivienda

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0% a 19.96%	Muy bajo	0	0.70%	0
		De 19.97% a 39.92%	Bajo	0.25		
		De 39.93% a 59.88%	Medio	0.50		
		De 59.89% a 79.84%	Alto	0.75		
		79.85% o más	Muy alto	1		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje	De 0% a 20.96%	Muy bajo	0	0.74%	0
		De 20.97% a 40.71%	Bajo	0.25		
		De 40.72% a 60.46%	Medio	0.50		
		De 60.47% a 80.21%	Alto	0.75		
		De 80.22% o más	Muy alto	1		
	Porcentaje de viviendas sin servicio de electricidad	De 0% a 19.76%	Muy bajo	0	0.33%	0
		De 19.77% a 39.52%	Bajo	0.25		
		De 39.53% a 59.28%	Medio	0.50		
		De 59.29% a 79.04%	Alto	0.75		
		De 79.05% o más	Muy alto	1		
	Porcentaje de viviendas con piso de tierra	De 1.52% a 20.82%	Muy bajo	0	1.53%	0
		De 20.83% a 40.12%	Bajo	0.25		
		De 40.13% a 59.42%	Medio	0.50		
		De 59.43% a 78.72%	Alto	0.75		
		De 78.73% o más	Muy alto	1		

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
	Déficit de vivienda	De 1.63% a 13.72%	Muy bajo	0	1.53%	0
		De 13.73% a 25.81%	Bajo	0.25		
		De 25.82% a 37.90%	Medio	0.50		
		De 37.915 a 49.99%	Alto	0.75		
		De 50% o más	Muy Alto	1		
Grado de Vulnerabilidad del Sector Vivienda			Muy Baja			0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

5.1.4. Vulnerabilidad del sector empleo e ingresos

Este componente proporciona elementos acerca de la generación de ingresos para el sustento de las personas, categorizando la población en una situación de mayor o menor vulnerabilidad. También, es posible identificar la relación que hay entre las personas empleadas y desempleadas, las cuales juegan un papel importante al determinar la capacidad de respuesta económica ante una situación de incidencia por la eventualidad de un fenómeno perturbador.

El poder adquisitivo y los ingresos de una población revelan los grados de vulnerabilidad de ella ante un posible siniestro. El componente Empleo e Ingresos se conforma por los indicadores de: Porcentaje de la población económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos, razón de dependencia y tasa de desempleo abierto (Secretaría de Gobernación (SEGOB)/CENAPRED, 2014).

La vulnerabilidad por dichos indicadores se refleja a corto y largo plazo. En el corto plazo, frente a una emergencia la población más vulnerable es aquella con la capacidad de solamente satisfacer sus necesidades más básicas e inmediatas. A largo plazo, condiciones adversas en el ingreso de la población pueden mermar su capacidad de respuesta y prevención haciéndolos más vulnerables.

En la siguiente tabla se muestran los indicadores utilizados.

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Porcentaje de la población económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos.	Se obtiene de dividir la PEA que recibe hasta 2 salarios mínimos entre el total de la PEA y el resultado se multiplica por cien.	Medición Multidimensional de la Pobreza 2020 de CONEVAL
Razón de dependencia	Se obtiene de la suma del total de las personas que por su edad se consideran como dependientes (menores de 15 años y mayores de 64 años) entre el total de personas que por su edad se identifican como económicamente productivas (mayores de 15 años y menores de 64 años).	Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.
Tasa de desempleo abierto	Es necesario dividir el número de personas desocupadas entre la PEA y multiplicar el resultado por cien	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

Tabla: VUL-SOC-D 2. Valores de indicadores del sector empleo e ingresos

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
Empleo e Ingresos	Porcentaje de la población económicamente activa que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	De 0% a 34.50%	Muy bajo	0	9.29%	0
		De 34.51% a 50.59%	Bajo	0.25		
		De 50.60% a 66.68%	Medio	0.50		
		De 66.69% a 82.77%	Alto	0.75		
		De 82.78% o más	Muy alto	1		
	Razón de dependencia	De 30 a 57.69	Muy bajo	0	51%	0
		De 57.70 a 77.66	Bajo	0.25		
		De 77.67 a 97.63	Medio	0.50		
		De 97.64 a 117.60	Alto	0.75		

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
		De 117.61 o más	Muy alto	1		
	Tasa de desempleo abierto	De 0% a 3.09	Muy bajo	0	1.35%	0
		De 3.10 a 6.18	Bajo	0.25		
		De 6.19 a 9.27	Medio	0.50		
		De 9.28 a 12.36	Alto	0.75		
		De 12.37 o más	Muy alto	1		
Grado de Vulnerabilidad del Sector Empleo			Muy Bajo			0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

5.1.5. Vulnerabilidad del sector población

Los diversos grados de susceptibilidad y vulnerabilidad a afectaciones en caso de catástrofe se reflejan en las desigualdades económicas y sociales que posee determinada población, es significativo para la planeación territorial reconocer patrones de concentración y dispersión habitacional, así como la diversidad de prácticas culturales para poder establecer mecanismos de acción y fortalecimiento ante el riesgo a desastres.

Para este componente se busca identificar condiciones de dispersión de población y grupos étnicos minoritarios cuyas condiciones los cataloga como uno de los más marginados en el país (grupos indígenas). La siguiente tabla muestra los indicadores a utilizar y posteriormente los datos obtenidos para cada uno, así como su clasificación correspondiente.

Tabla: VUL-SOC-E 1. Indicadores del Sector Población

Indicador	Procedimiento de elaboración	Fuente de las variables empleadas
Densidad de población	Se obtiene de dividir el total de la población de un determinado territorio entre la superficie de este. El resultado indica el número de habitantes por kilómetro cuadrado.	Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.
Porcentaje de población de habla indígena	Se obtiene de dividir a la población de 5 años y más que habla alguna lengua indígena entre el total de la población de 5 años y más, el resultado se multiplica por cien. El INEGI establece que para considerar a una población predominantemente indígena al menos el 40% de la población debe hablar alguna lengua indígena	
Dispersión poblacional	La dispersión poblacional se calcula con el porcentaje de personas en el municipio, que habitan en localidades menores a 2,500 habitantes.	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

Tabla: VUL-SOC-E 2. Valores de indicadores del sector población

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
Población	Densidad de Población	De 1 a 99 habitantes por km²	Muy bajo	0	107.07 habitantes por km²	0.25
		De 100 a 499 habitantes por km²	Bajo	0.25		
		De 500 a 999 habitantes por km²	Medio	0.50		
		De 1,000 a 4,999 habitantes por km²	Alto	0.75		
		Más de 5,000 habitantes por km²	Muy alto	1		

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Estado	Calificación de Vulnerabilidad
	Porcentaje de población de habla indígena	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0	0.85%	0
		Más del 40% de la población	Predominante indígena	1		
	Dispersión poblacional	De 0 a 9.9%	Muy bajo	0	12.1%	0.25
		De 10% a 19.9%	Bajo	0.25		
		De 20% a 29.9%	Medio	0.50		
		De 30% a 39.9%	Alto	0.75		
		40% o más	Muy alto	1		
Grado de Vulnerabilidad del Sector Población			Muy Bajo			0.17

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014. Datos de CONAPO incluidos en Informe de Desarrollo Humano 2010-2015 y Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

5.1.6. Percepción del Riesgo

La comprensión que los habitantes del estado asumen acerca de las amenazas a las que se encuentran expuestos, el grado de preparación y experiencias de desastre existente en su comunidad ante la incidencia de algún fenómeno perturbador, entre otros aspectos concernientes al riesgo son características que se consideran dentro de la percepción local del riesgo.

La evaluación del nivel de percepción local de la población municipal se efectúa mediante la aplicación del cuestionario determinado en la metodología para medir la vulnerabilidad social del CENAPRED (2014). Para este efecto la autoridad municipal reportó que la percepción del riesgo de entre la población es de categoría:

Tabla: VUL-SOC-18 Calificación de la Percepción local del riesgo

Rangos con respecto a la suma de las respuestas	Capacidad de respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 2.0	Muy alta	0	0.45
De 2.1 a 4	Alta	0.25	
De 4.1 a 6	Media	0.5	
De 6.1 a 8	Baja	0.75	
Más de 8	Muy baja	1	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Para este ejercicio fue empleada la herramienta SIG-map desarrollada por Soluciones SIG S.A. de C.V. para facilitar la socialización de la encuesta de percepción del riesgo establecida por el CENAPRED, 2006.

Dicha encuesta se habilitó y puede ser consultada en el siguiente enlace: https://solucionessig.com.mx/VULNERABILIDAD/

La aplicación de la encuesta fue en corresponsabilidad con las autoridades del Estado de Jalisco.

El concentrado de las participaciones en la encuesta, y su georreferencia automatizada se puede consultar en el siguiente enlace:

https://soluciones.maps.arcgis.com/apps/dashboards/1bbd3dfc5b1549108f8f48473e5f51bd

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

5.1.7. Capacidad de Respuesta

La capacidad de respuesta expresa el nivel de preparación que se tiene ante una contingencia natural o social en un municipio (Pérez, L. A. y Ruiz, N., 2015). En esta evaluación, se empleó el cuestionario elaborado por el CENAPRED en su metodología para evaluar la vulnerabilidad social publicada en 2014.

Las capacidades de respuesta en cantidad y calidad contribuyen a la reducción de vulnerabilidad de determinada población, las respuestas que manifiestan una preparación más elevada se les asignó un valor igual a 0, atribuyéndole a una nula contribución a la valoración de la vulnerabilidad, en cambio las respuestas que revelan falta o limitantes en las capacidades de respuesta se valoran con 1 y otorgan un incremento a la evaluación de vulnerabilidad ante el posible impacto de fenómenos perturbadores.

Conforme a los resultados obtenidos en la aplicación de dicho cuestionario a la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco se obtuvo un puntaje de 0.09, lo que refleja una muy alta capacidad de respuesta y por consiguiente un grado muy bajo de vulnerabilidad en este aspecto, de acuerdo con el valor asignado según condición de vulnerabilidad del formato de la metodología del CENAPRED.

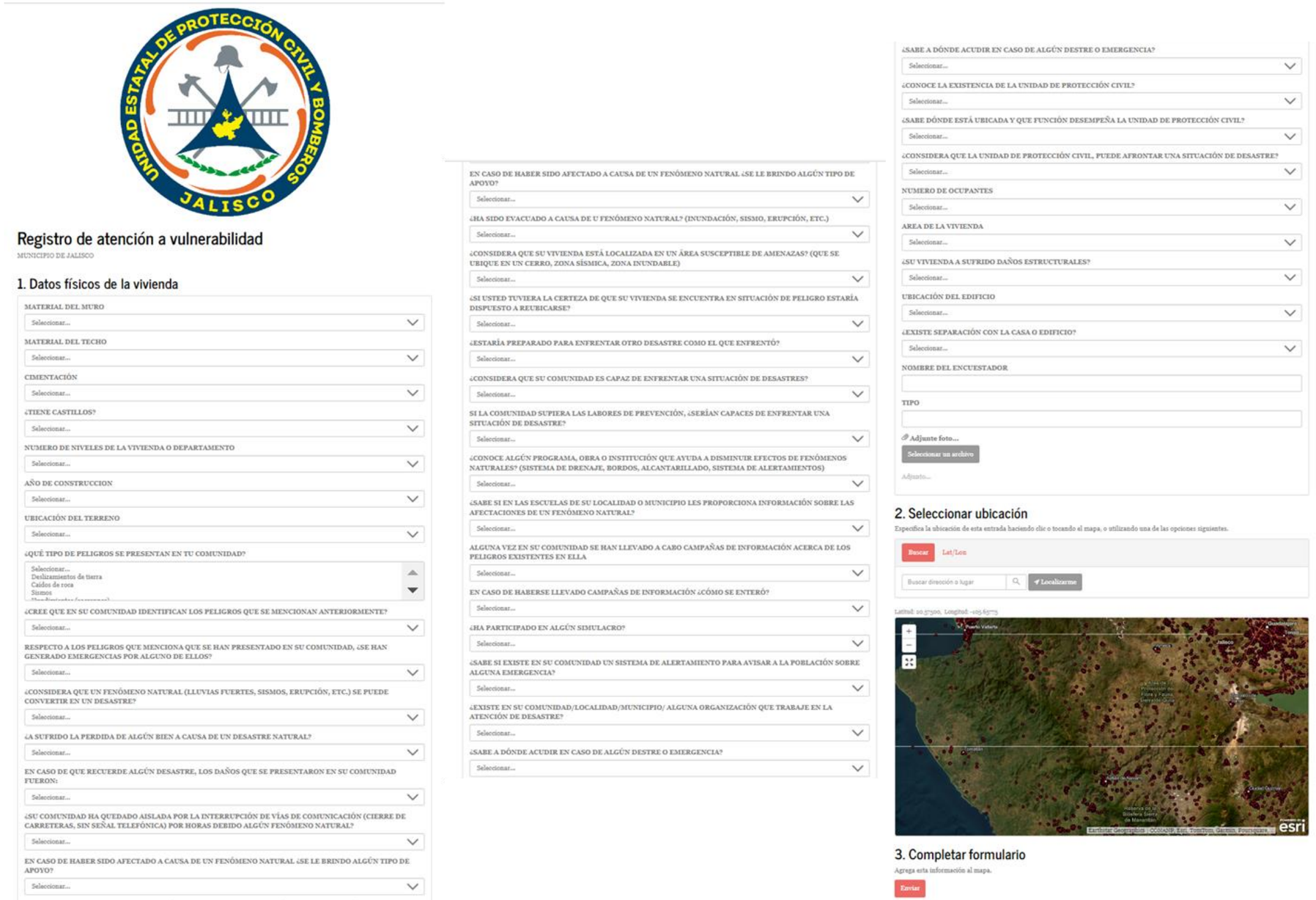
Tabla: VUL-SOC-19 Calificación del cuestionario de capacidad de respuesta

Rangos con respecto a la suma de las respuestas	Capacidad de respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad	Calificación
De 0 a 4	Muy alta	0	0.09
De 4.1 a 8	Alta	0.25	
De 8.1 a 12	Media	0.5	
De 12.1 a 16	Baja	0.75	
De 16 o más	Muy baja	1	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

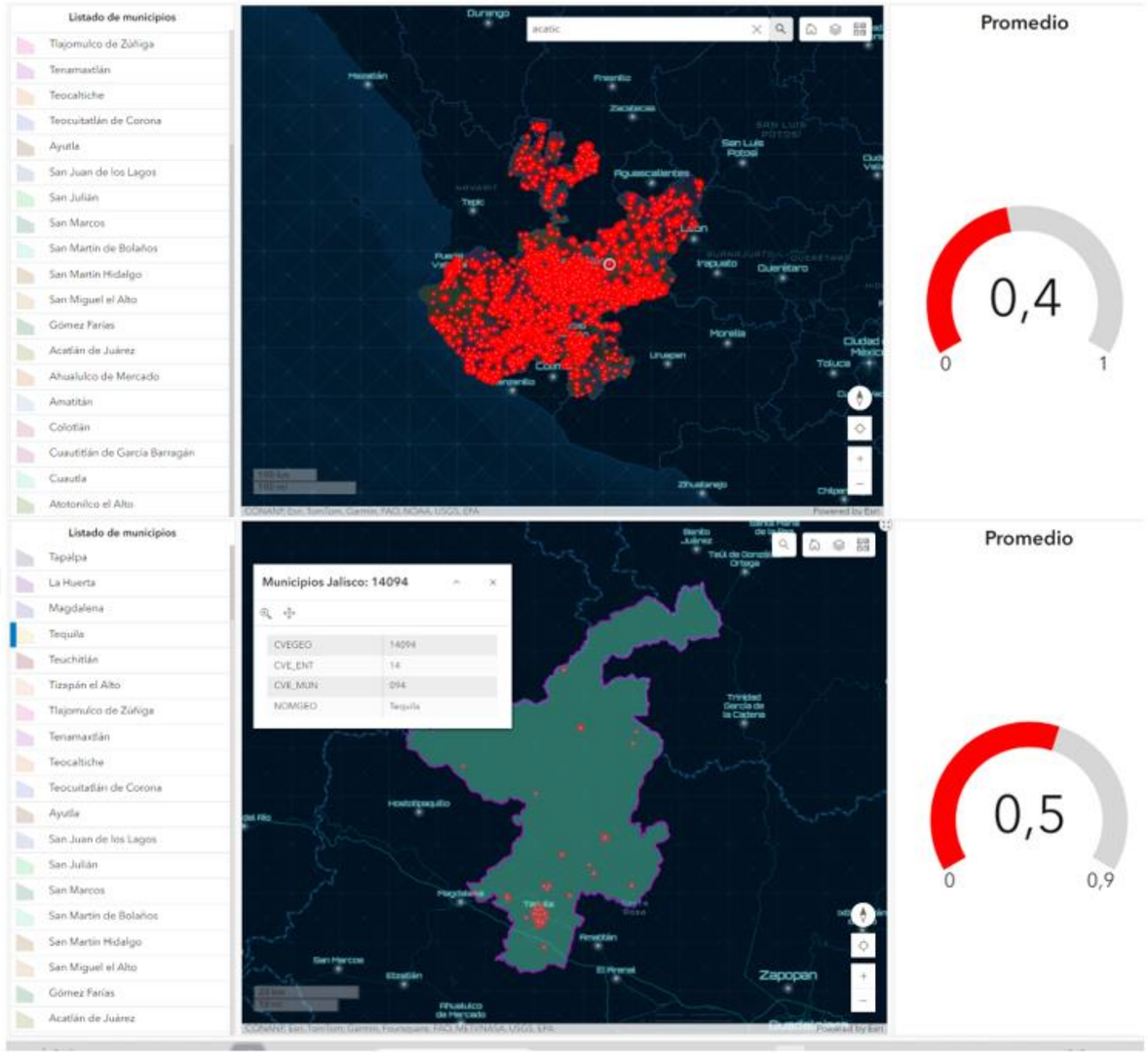
ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Imagen VUL-SOC-1. Encuesta digital de Percepción Local



Fuente: Desarrollado por Soluciones SIG SA de CV

Imágen VUL-SOC-2. Datos registrados en el Tablero de Vulnerabilidad



Fuente: Desarrollado por Soluciones SIG SA de C.V.

5.1.7.1. Evaluación de la Vulnerabilidad Social

Calificación de las características socioeconómicas

La calificación de las características socioeconómicas de vulnerabilidad de cada componente temático en el estado, estimada conforme con la metodología del CENAPRED, arroja los siguientes resultados:

Tabla: VUL-SOC-20 Resumen de indicadores de los componentes sociales a nivel municipal

Componente	Número de indicadores	Valor	Promedio
Salud	3	Muy Baja	0
Educativo	3	Muy Baja	0
Vivienda	5	Muy Baja	0
Empleo e Ingresos	3	Muy Baja	0
Población	3	Muy Baja	0
Total	17	0	
Calificación final de las características socioeconómicas del municipio		Muy Baja	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos de La anterior tabla es la primera parte de tres para la evaluación de la vulnerabilidad social del municipio, la cual tiene un gran peso con respecto a las demás, ya que representa el 50% de la evaluación.

Una vez que se obtuvieron todos los valores de cada componente, se procedió a integrar la cartografía de los 5 componentes temáticos en una sola, el cual nos indicará qué zonas del municipio son las de mayor vulnerabilidad tomando en cuenta todos los indicadores que se utilizaron en la cartografía anterior.

Es importante aclarar que los rangos de vulnerabilidad de las características socioeconómicas se establecen a nivel nacional considerando municipios rurales, por lo que en un territorio de las características del estado de Jalisco puede valorarse con un grado de vulnerabilidad Muy Bajo a nivel municipal sin reflejar todas las situaciones socioeconómicas relativas al contexto demográfico del estado.

Los valores de ponderación establecidos por CENAPRED, corresponden a una publicación realizada en 2006, por lo que dichas ponderaciones ya se encuentran rebasadas teniendo como referencia las metodologías publicadas por el CONEVAL, la cual se constituye actualmente como la principal institución federal que determina los indicadores para la evaluación de la vulnerabilidad y el desarrollo.

La anterior tabla representa la primera parte de tres para la evaluación de la vulnerabilidad social del municipio, la cual tiene un gran peso con respecto a las demás, ya que representa el 50% de la evaluación.

La construcción del indicador del Grado de Vulnerabilidad Social obedece a la siguiente ecuación:

GVS = (R1*0.5)+(R2*0.25)+(R3*0.25)
Dónde:

GVS: Grado de Vulnerabilidad Social (asociado a riesgos)
R1: Resultado de los indicadores socioeconómicos
R2: Resultados del cuestionario de capacidad de respuesta
R3: Resultado de la percepción local del riesgo.

Los valores obtenidos, se interpretan de la siguiente forma:

Tabla: VUL-SOC-21 Resumen de puntajes de contribución al índice de vulnerabilidad

	Puntaje	Porcentaje de contribución	Puntaje final
Indicadores socioeconómicos	0	50%	0
Percepción local del riesgo	0.45	25%	0.11
Capacidad de Respuesta	0.09	25%	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de CENAPRED, 2014

GVS = (0*0.5) +(0.5*0.25) +(0*0.25)
GVS= 0.18

Para determinar la categoría del grado de vulnerabilidad, el valor obtenido, se debe de cotejar respecto a los rangos de vulnerabilidad asignados por el CENAPRED, conforme a la siguiente tabla:

Tabla: VUL-SOC-22 Valor municipal de Vulnerabilidad

Rangos de valor	Categoría de Grado de Vulnerabilidad	Valor del Estado	
De 0 a 0.2	Muy bajo		
De 0.21 a 0.4	Bajo		
De 0.41 a 0.6	Medio	0.11	Muy bajo
De 0.61 a 0.8	Alto		
Mayor a 0.8	Muy alto		

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de CENAPRED, 2014

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Grado de Vulnerabilidad Social en Jalisco

Salud

Médicos por cada 1,000 habitantes	Tasa de mortalidad infantil	% de Pob. no derechohabiente
1.89 Muy bajo	11.01 Muy bajo	29.4 Muy bajo

Educación

% analfabetismo	% demanda en Edu. básica	Grado Prom. de escolaridad
2.89 Muy bajo	93.03 Muy bajo	9.9 años Muy bajo

Sector empleo e ingresos

% PEA con ingresos de menos de 2 SM	Razón de dependencia	Tasa de desempleo abierto
9.29 Muy bajo	51% Muy bajo	1.35% Muy bajo

Población

Densidad de población	% población de habla indígena	Dispersión poblacional
107.07 hab/km2	0.85 Muy bajo	12.1% Bajo

Vivienda

% de viviendas sin servicio de agua entubada	% de viviendas sin servicio de drenaje	% de viviendas sin servicio de electricidad	% de viviendas con piso de tierra	Déficit de vivienda
0.7 Muy bajo	0.74 Muy bajo	0.33 Muy bajo	1.53 Muy bajo	1.53% Muy bajo

Valor Global

Percepción del riesgo	Capacidad de respuesta	Grado de Vulnerabilidad Social
0.45 Medio	0.09 Muy Alto	Muy Bajo

5.1.8. Índice de Marginación

Citando al Consejo Nacional de Población (CONAPO), la marginación es un fenómeno estructural que se origina en la modalidad, estilo o patrón histórico de desarrollo, que se expresa, por un lado, en la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de la estructura productiva y en las regiones del país, y por el otro, en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios.

Los procesos que modelan la marginación conforman una precaria estructura de oportunidades sociales para los ciudadanos, sus familias y comunidades, y los expone a privaciones, riesgos y vulnerabilidades sociales que a menudo escapan al control personal, familiar y comunitario y cuya reversión requiere el concurso activo de los agentes públicos, privados y sociales.

No obstante, su carácter multidimensional, algunas de las formas, intensidades e implicaciones demográficas y territoriales de la marginación pueden ser aproximadas mediante medidas sintéticas. Dichas medidas analítico-descriptivas son sumamente útiles para la planeación del desarrollo, dado que permiten diferenciar unidades territoriales según la intensidad de las privaciones que padece su población, así como establecer órdenes de prioridad en las políticas públicas orientadas a mejorar la calidad de vida de la población y a fortalecer la justicia distributiva en el ámbito regional.

El índice de marginación es una medida-resumen que permite diferenciar entidades federativas y municipios según el impacto global de las carencias que padece la población, como resultado de la falta de acceso a la educación, la residencia en viviendas inadecuadas, la percepción de ingresos monetarios insuficientes y las relacionadas con la residencia en localidades pequeñas.

El índice de marginación considera cuatro dimensiones estructurales, identifica nueve formas de exclusión y mide su intensidad espacial como porcentaje de la población que no participa del disfrute de bienes y servicios esenciales para el desarrollo de sus capacidades básicas.

Educación

Durante la segunda mitad del siglo XX se desarrollaron esfuerzos considerables, primero, para erradicar el analfabetismo, y segundo, para alcanzar la universalidad de la educación básica, pues se consideraba como obligatoria bajo el precepto de garantía individual. Los resultados más notorios, sin duda, han sido la drástica reducción del analfabetismo y de las brechas en la escolarización femenina. No obstante, persisten grandes rezagos y desigualdades educativos que emergen durante la transición entre la primaria y secundaria, como el abandono escolar, siendo más visibles en la educación media superior y superior, como respuesta directa de las limitaciones socioeconómicas imperantes en un importante número de hogares. La baja escolaridad de las personas limita su desarrollo social, las priva y excluye de los procesos de desarrollo de la globalización que imperan actualmente en el país y el mundo.

Vivienda

La vivienda se reconoce como derecho humano a través del concepto de vivienda digna y decorosa en la CPEUM, lo cual impone una serie de condiciones que las viviendas deben tener para que se fomente el desarrollo de las personas y alcancen un nivel de vida adecuado. Una vivienda digna y decorosa debe contar, por ejemplo, con materiales de construcción apropiados a su contexto territorial, servicios básicos y espacios de calidad, así como un entorno apropiado que promueva la movilidad, el esparcimiento y la cohesión social de las personas. La precariedad en las viviendas es el elemento visual más claro de las privaciones socioeconómicas extremas en un espacio determinado.

Distribución de la población

La residencia en localidades pequeñas, dispersas y aisladas dificulta el aprovechamiento de las economías de escala de los servicios básicos, de la infraestructura y el equipamiento de carácter público, mismos que por razones de costo-beneficio tienden a concentrarse en las áreas urbanas. Esta situación crea una circularidad entre el tamaño pequeño de los asentamientos y la carencia de los servicios básicos.

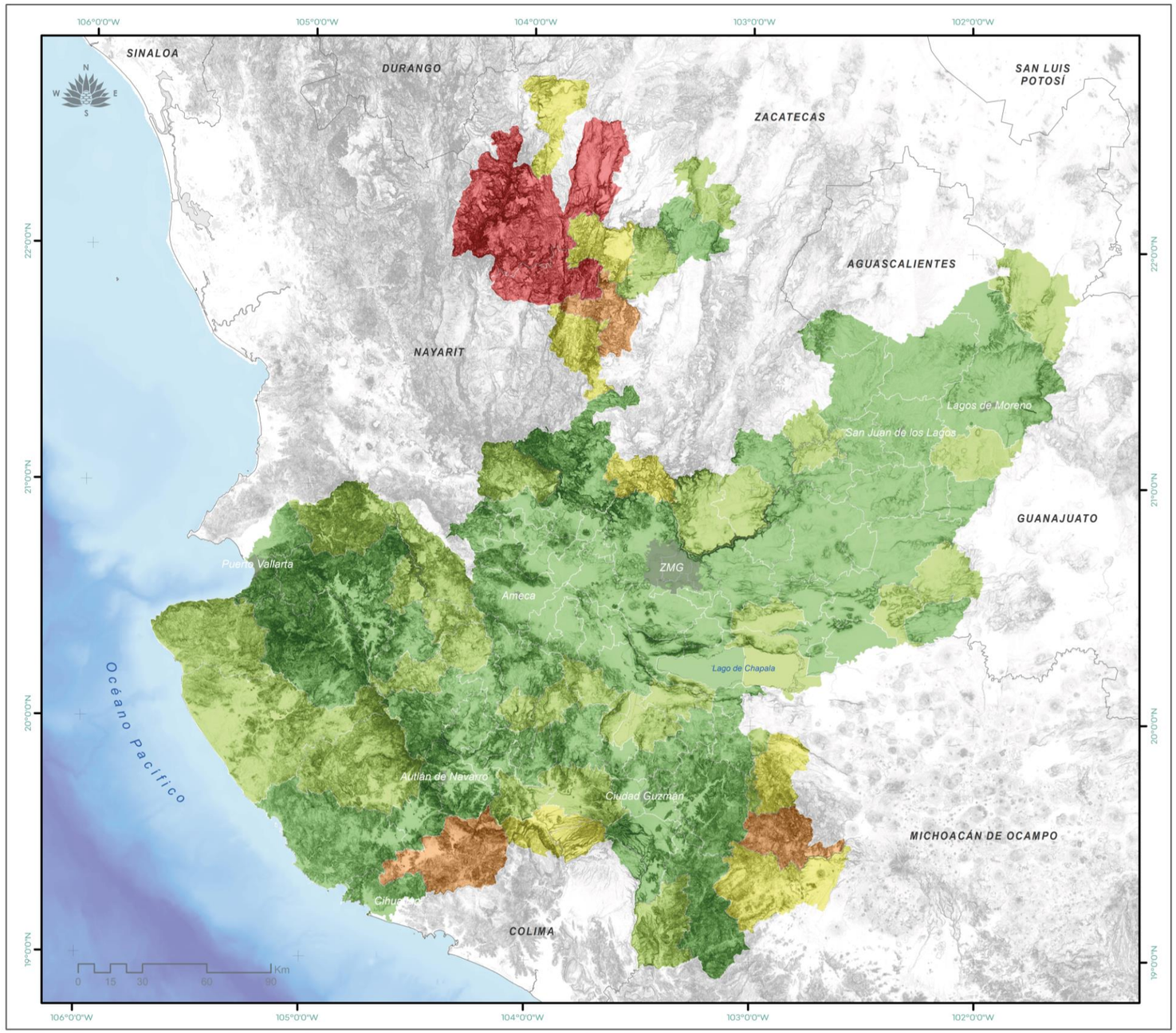
Ingresos monetarios

Los ingresos por trabajo son un reflejo del nivel de desarrollo de un país y de las capacidades de las personas para acceder a bienes y servicios. Un trabajo digno debe proveer un ingreso económico suficiente para cubrir las necesidades de alimentación, salud, vivienda, vestimenta, transporte, educación y esparcimiento. Sin embargo, el desarrollo y crecimiento económico de las últimas cuatro décadas agravó la desigualdad, incrementando la precariedad laboral y social, principalmente, entre los trabajadores con menor capital humano y social.

La estimación del índice de marginación publicado por CONAPO permite aproximarse al conocimiento de la actual desigualdad regional de las oportunidades sociales la cual se puede expresar a escala de municipio o colonia. Aunado a ello, en esta nueva estimación la técnica estadística utilizada permite comparar cardinalmente en el tiempo y entre estas unidades geográficas, la evolución de la marginación, lo cual se presenta como una invaluable herramienta analítica para la evaluación de la política pública en México.

Es en este contexto que dicho índice representa una ventaja métrica para la lectura de la vulnerabilidad social, ya que es un índice que se publica y mejora quinquenalmente.

En el mapa VUL-SOC-2, se presenta el grado de marginación de los municipios que constituyen al estado de Jalisco.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Social
Vul-SOC-1

Leyenda Temática
Grado

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Simbología

- Zonas Urbanas
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Índice de Marginación. CONAPO; 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

5.2. Vulnerabilidad Física

La comprensión de la vulnerabilidad física, según lo establecido por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) en 2021, es fundamental para la evaluación y gestión del riesgo. Esta vulnerabilidad se define como la probabilidad de daño que enfrenta un sistema expuesto ante un evento adverso y puede ser cuantificada mediante una función matemática o una matriz de vulnerabilidad, cuyos valores oscilan entre cero y uno. En esta escala, cero indica que el daño sufrido es nulo, mientras que uno señala que el daño es igual al valor del bien expuesto.

Gustavo Wilches-Chaux (1989) destaca que la vulnerabilidad física se relaciona principalmente con la ubicación de los asentamientos humanos en zonas de riesgo y con las deficiencias en las estructuras físicas diseñadas para mitigar los efectos de dichos riesgos. Esta perspectiva subraya la importancia de considerar las particularidades de cada fenómeno natural presente para evaluar de manera precisa la vulnerabilidad y tomar medidas adecuadas de prevención y preparación. En resumen, la comprensión de la vulnerabilidad física es esencial para desarrollar estrategias efectivas de reducción del riesgo y promover la resiliencia ante fenómenos perturbadores.

Para estimar los distintos niveles de riesgo existentes en las localidades, es fundamental evaluar la vulnerabilidad de cada fenómeno natural o antropogénico presente ante las diferentes obras construidas por el hombre, como lo son las viviendas.

5.2.1. Tipología de la vivienda

Para la definición de las condiciones del índice de vulnerabilidad física del municipio se realizó un análisis de la vulnerabilidad física en función de la tipología de vivienda con base en la clasificación de la tipología de la vivienda, de la metodología de la "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social" del CENAPRED.

La tipología de la vivienda se clasifica de acuerdo con el CENAPRED por el tipo de muros, techos, cimentación y número de niveles que tiene una vivienda, la tabla siguiente contiene la información técnica que considera en cada aspecto.

Tabla VUL FIS- A Tipos de vivienda con base en información técnica, clasificación de la tipología de la vivienda.

Tipo		Características de la vivienda	Foto representativa
1	Muros	Mampostería reforzada con castillos y dalas.	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero.	
		Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata corrida de concreto o mampostería.	
	Altura	Uno a cinco niveles.	
2	Muros	Mampostería reforzada con castillos y dalas.	
		Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
	Techo	Flexibles.	
	Cimentación	Zapata corrida de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
3	Muros	Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos.	
		Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente.	
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata corrida de mampostería.	
	Altura	Uno a cinco niveles.	
4	Muros	Mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos.	
		Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente.	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Zapata corrida de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
5	Muros	Mampostería simple.	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Zapata de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
6	Muros	Mampostería simple.	
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata de mampostería.	

Tipo	Características de la vivienda		Foto representativa
	Altura	Uno a tres niveles.	
7	Muros	Adobe.	
	Techo	Rígido.	
	Cimentación	Cuando existe, de mampostería.	
	Altura	Uno a dos niveles.	
8	Muros	Adobe.	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Cuando existe, de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
9	Muros	De madera con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera)	
		Estructura metálica con cubierta de lámina (asbesto, metálica o madera).	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Cuando existe, zapata de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	
10	Muros	Flexible.	
		Material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, bajareque (enramado cubierto de arcilla).	
	Techo	Flexible.	
	Cimentación	Cuando existe, zapata de mampostería.	
	Altura	Un nivel.	

SOLUCIONES SIG,2024 con base en el formato de CENAPRED..

De acuerdo con la información CENAPRED, en la primera etapa del trabajo, se realizó en campo el reconocimiento correspondiente de tipología de viviendas con el llenado de cédula de identificación de tipología de vivienda en las zonas de mayor grado de marginación según CONAPO y zonas vulnerables identificadas por la Unidad de Protección Civil y Bomberos del estado de Jalisco, este levantamiento de información se elaboró en un Sistema de Información Geográfica desarrollado para la recopilación de información y edición de polígonos de forma presencial llamado Aplicativo Web para edición en línea con ESRI donde se hizo el reconocimiento en campo de la tipología de vivienda según la condición del material estructural de las viviendas que se presentaban en las manzanas del municipio, así como la implementación de una encuesta con participación ciudadana masiva como prueba piloto propuesta por la empresa a nivel estatal para que las personas tuvieran acceso a la liga y poder recopilar información más puntual en todo el estado de Jalisco para, con ello, caracterizar la tipología de vivienda en el estado ampliando así el panorama de la vulnerabilidad física existente en el mismo, esta herramienta permitió llevar a cabo un mejor análisis que antes se encontraba limitado por la capacidad humana.

Imagen VUL-FIS-A.Captura de pantalla del registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Colector de ArcGIS.



SOLUCIONES SIG,2024

Imagen VUL-FIS-A-1.Capturas de pantalla del registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Colector de ArcGIS.



SOLUCIONES SIG,2024

Imagen VUL-FIS-A-2. Registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Colector de ArcGIS.



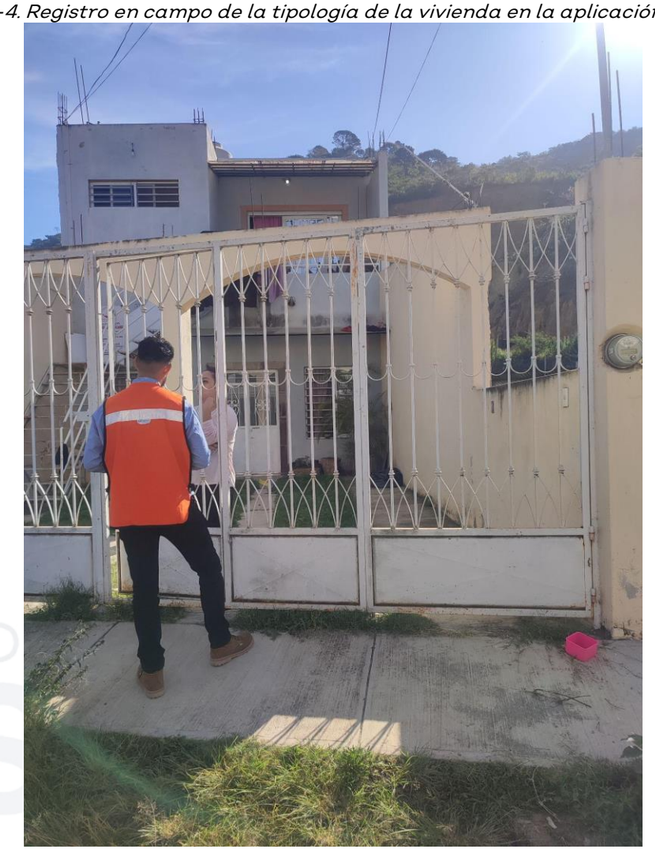
SOLUCIONES SIG,2024

Imagen VUL-FIS-A-3. Registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Colector de ArcGIS.



SOLUCIONES SIG,2024.

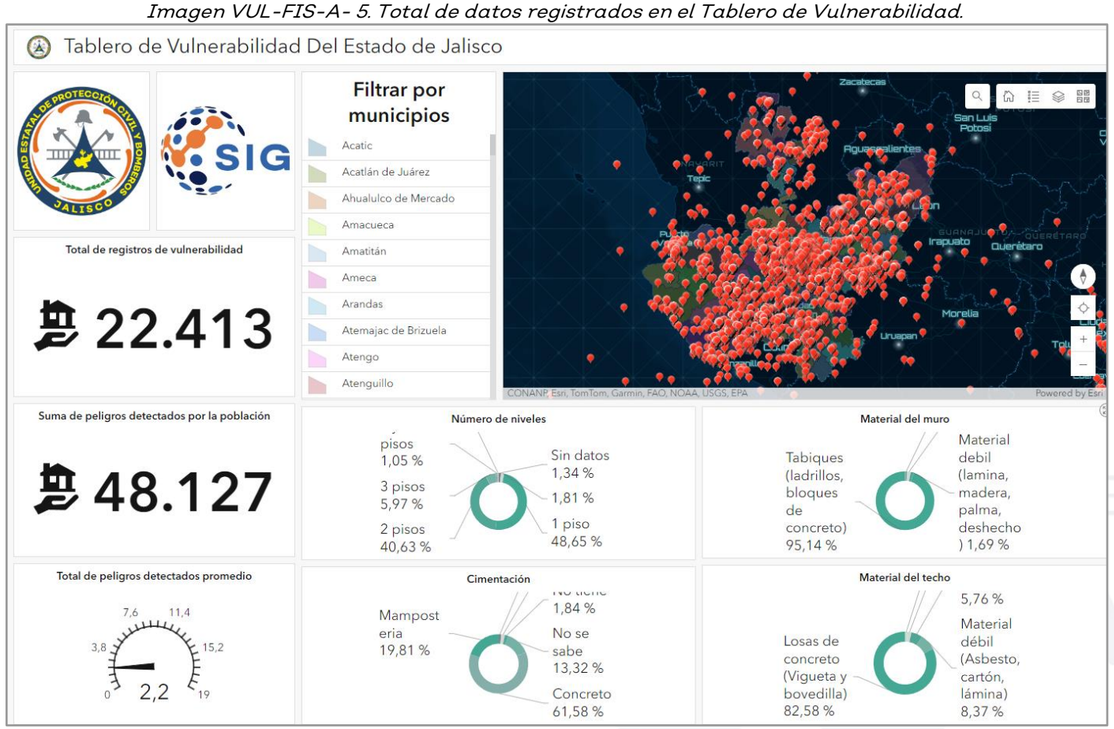
Imagen VUL-FIS-A-4. Registro en campo de la tipología de la vivienda en la aplicación Colector de ArcGIS.



SOLUCIONES SIG,2024

A continuación se muestra el tablero que permite observar la recopilación de datos obtenidos durante la jornada en el estado de Jalisco mostrando los datos originales sobre el registro de vulnerabilidad tanto los tomados por el equipo técnico así como los registrados gracias a la participación ciudadana.

Imagen VUL-FIS-A- 5. Total de datos registrados en el Tablero de Vulnerabilidad.



SOLUCIONES SIG,2024.

Para asegurar la calidad y precisión de los resultados de nuestra encuesta destinada a conocer los tipos de construcción predominantes en la región, se llevó a cabo un meticuloso proceso de limpieza de datos. Este proceso es esencial para garantizar que las decisiones basadas en estos datos sean fiables y representativas de la realidad actual.

- Primero, se eliminaron todos aquellos registros que no contaban con información en campos críticos para el análisis. Esto incluye datos esenciales como el tipo de materiales de muros y techos, cimentación , número de niveles y año de edificación. La ausencia de estos datos compromete la integridad del análisis, ya que no reflejan con precisión las características de las construcciones.
- Se corrigieron o eliminaron los registros con coordenadas geográficas incorrectas. Las coordenadas son fundamentales para realizar un mapeo preciso de las construcciones y entender su distribución geográfica. Los datos con coordenadas erróneas podrían llevar a conclusiones equivocadas sobre la localización de los tipos de construcción.
- Un aspecto a considerar es que las muestras representativas son esenciales para obtener una visión general de las características habitacionales en un área determinada por ello al seleccionar una muestra representativa a nivel municipal, se busca capturar la diversidad de viviendas y necesidades habitacionales en toda la región.
- La información resultante se presenta a nivel municipal se tomó en cuenta el mayor número de registros sobre una tipología específica de construcción por municipio; ésta será la categoría predominante representada en los datos. Este enfoque permite una visión más detallada y ajustada a la realidad de cada localidad, facilitando así la toma de decisiones y la planificación urbana.
- Cada paso del proceso de limpieza fue seguido por una validación y verificación para asegurar que los cambios fueran correctos y que no se eliminara información valiosa por error. Este control de calidad es vital para mantener la confiabilidad de la base de datos.

La clasificación a nivel municipal proporciona una visión más amplia y permite identificar tendencias generales.

Como resultado de este proceso de limpieza, ahora contamos con un conjunto de datos más robusto y representativo que servirá como una base sólida para el análisis posterior y la toma de decisiones relacionadas con la gestión integral del riesgo .

A continuación se presenta el tablero con los datos finales para los registros de vulnerabilidad física de acuerdo con la tipología de vivienda.

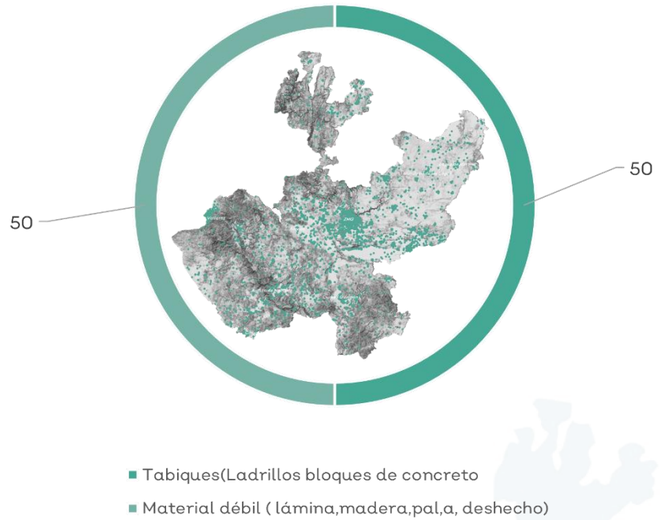
Imagen VUL-FIS-A- 6. Total de datos filtrados en el Tablero de Vulnerabilidad.



SOLUCIONES SIG,2024.

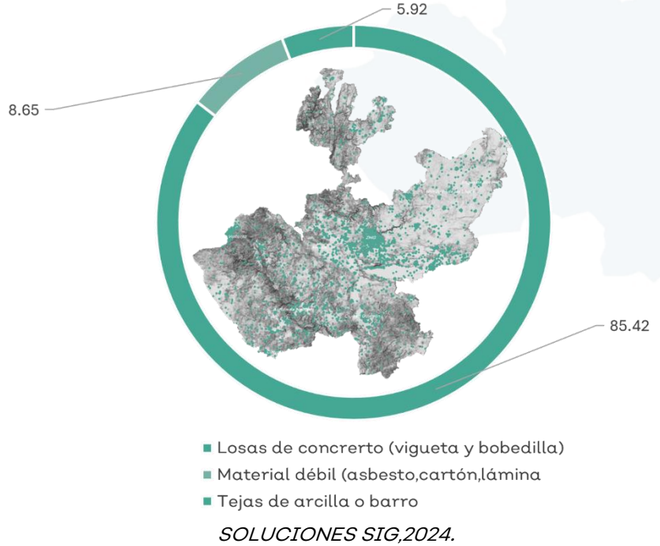
Los datos correspondientes a los elementos tomados en cuenta para realizar la clasificación de la tipología de vivienda en el estado se presentan en los siguientes gráficos.

Gráfica VUL-FIS-A-1. Porcentaje de tipo de muro en el estado de Jalisco.



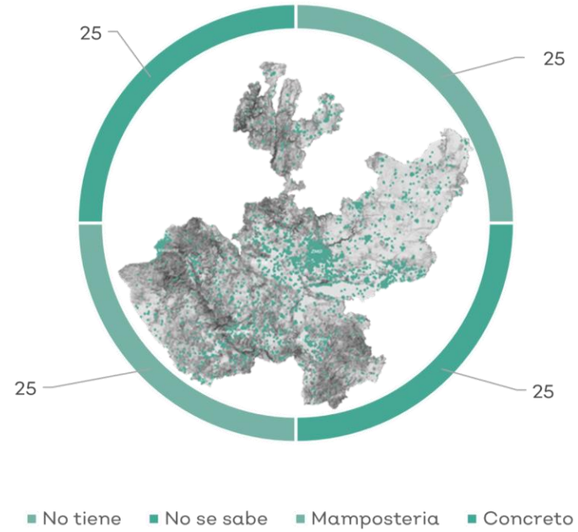
SOLUCIONES SIG,2024.

Gráfica VUL-FIS-A- 2. Porcentaje de tipo de techo en el estado de Jalisco.



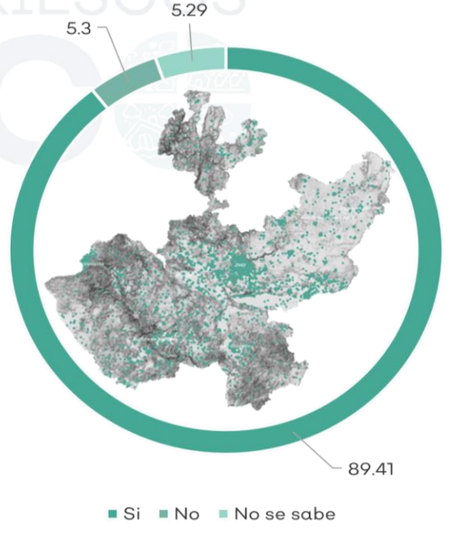
SOLUCIONES SIG,2024.

Gráfica VUL-FIS-A- 3. Porcentaje de tipo de cimentación en el estado de Jalisco.



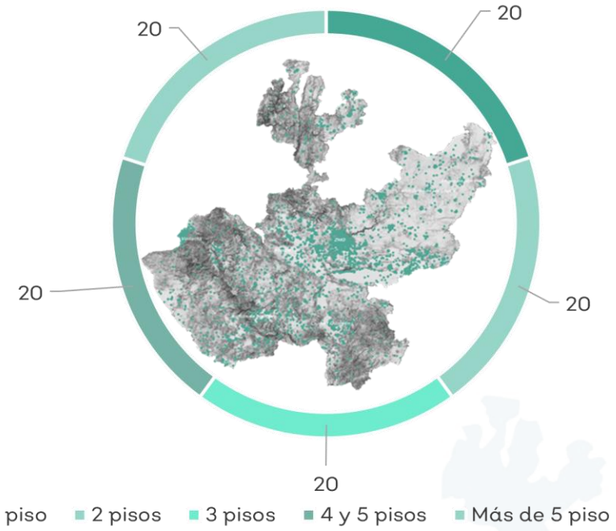
SOLUCIONES SIG,2024.

Gráfica VUL-FIS-A- 4. Porcentaje de si cuenta con castillos la viviend en el estado de Jalisco.



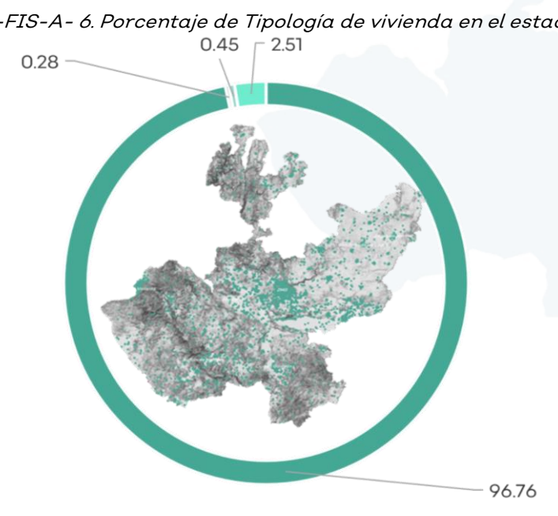
SOLUCIONES SIG,2024.

Gráfica VUL-FIS-A- 5. Porcentaje de número de niveles de la vivienda en el estado de Jalisco.



SOLUCIONES SIG,2024.

Gráfica VUL-FIS-A- 6. Porcentaje de Tipología de vivienda en el estado de Jalisco.



SOLUCIONES SIG,2024.

De acuerdo con los datos obtenidos a partir del trabajo de campo y la aplicación de la encuesta en el estado de Jalisco se refleja la situación de las viviendas consiste en que los materiales utilizados en la construcción de viviendas es un 50 % concreto y ladrillos para los muros y el otro 50% para materiales como madera, lámina, palma , entre otros, para los techos; el mayor porcentaje lo tienen las losas de concreto de vigueta y bovedilla con 85.42% y el porcentaje restante para Tejas de arcilla o barro con 5.92% y el 8.65% para materiales débiles como lámina de asbesto o cartón. Con lo que respecta al tipo de cimentación el porcentaje se encuentra igualmente dividido en 25% para los rubros de mampostería, cemento o no tiene y, finalmente, no se sabe. La información proporcionada para saber si las viviendas cuentan con castillos arrojan 89,41 % de viviendas que sí cuentan con este elemento, 5.3% que no cuentan con ellos y 5.29% se desconoce el dato y finalmente para el número de niveles se distribuye en 20% para todos los rubros que van de vivienda de 1 piso hasta más de 5 pisos.

En resumen, la conjugación de estos rubros proporcionó una visión integral de las viviendas en Jalisco, permitiendo su clasificación en diferentes tipologías a nivel municipal como lo muestra la gráfica y el mapa correspondiente, en donde en todo el estado predomina la tipología 1 con 96.79%, la tipología 5 con un 2.51 %, la tipología 4 con 0.45% y la tipología 2 con un 0.28%.

El análisis de los materiales utilizados en las viviendas podría revelar algunos patrones significativos. Por ejemplo, el alto porcentaje de viviendas construidas con concreto sugiere una preferencia por la durabilidad y resistencia, la presencia de ladrillos en aproximadamente el 25% de las viviendas indica una elección común y confiable y otros materiales, como madera y lámina, se utilizan en menor medida y pueden estar relacionados con factores económicos o climáticos.

La distribución del número de pisos es fundamental para la clasificación debido a que la mayoría de las viviendas son de un solo piso, lo que puede deberse a la cultura local o la topografía.

Alrededor del 20% de las viviendas tienen dos pisos, lo que sugiere una mayor densidad en ciertas áreas. Un pequeño porcentaje de viviendas tiene tres o más pisos, posiblemente asociado con edificios multifamiliares o comerciales.

También es importante tener en cuenta los factores como las preferencias culturales influyen en la elección de materiales y distribución de espacios y la disponibilidad de Materiales ya que la accesibilidad a ciertos materiales afecta el diseño.

Otro de los aspectos a considerar es que los ingresos promedio de los hogares en Jalisco influyen en su capacidad para acceder a viviendas adecuadas, la diversidad económica de la población se ve reflejada en su impacto en las opciones de vivienda.

Aunque no se muestra el panorama completo de Jalisco, la clasificación a nivel municipal es un primer paso. Los análisis posteriores pueden considerar la heterogeneidad dentro de cada municipio y explorar áreas específicas con mayor detalle.

Durante la prueba piloto, se identificaron aspectos adicionales que no están contemplados en las clasificaciones estándar del CENAPRED. Uno de estos aspectos relevantes es la mezcla de

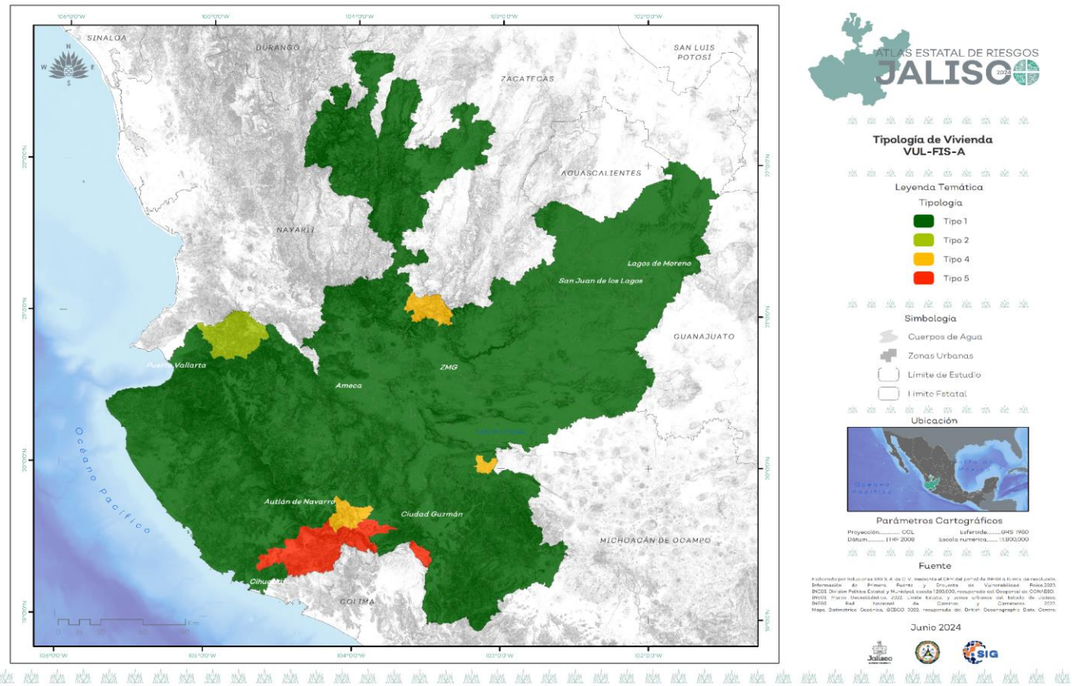
materiales en las viviendas. Se observó que algunas casas, originalmente construidas con adobe u otros materiales tradicionales, han sido complementadas con elementos más modernos.

Estos hallazgos sugieren que podría ser relevante considerar la heterogeneidad de materiales en futuros estudios.

La realización de esta prueba piloto proporcionó una visión inicial de las características habitacionales en Jalisco. Sin embargo, es importante reconocer que, para obtener datos más precisos a una escala local, como las manzanas, se requiere una mayor participación ciudadana y un mayor número de encuestas.

La participación activa de la comunidad es fundamental para recopilar información detallada sobre las viviendas, sus materiales, cimentación, techos y otros aspectos relevantes. A través de una mayor colaboración y participación, podremos obtener una representación más completa y precisa de las necesidades habitacionales en Jalisco.

Este ejercicio representó una muestra general a nivel estatal, por lo que, para estudios de mayor precisión, se requerirá un levantamiento específico de las zonas expuestas a los distintos tipos de amenaza.



5.2.2. Menaje en vivienda

La vulnerabilidad física debe ser analizada por cada tipo de fenómeno, debido a que cada uno se comporta y puede generar diferentes daños, por ejemplo, una casa de madera podría ser menos vulnerable ya que puede verse menos afectada por un sismo, y al contrario tendría una vulnerabilidad muy alta frente al peligro por huracanes o incendios.

Para el fenómeno hidrometeorológico por inundaciones se obtuvo el grado de vulnerabilidad planteando una adecuación a la manera recomendada por la guía para la estimación de la vulnerabilidad del CENAPRED, esto nos permite conocer la ubicación de las zonas donde se esperarían pérdidas mayores.

La medición de la vulnerabilidad por este fenómeno hidrometeorológico que se abordó en este apartado refiere solamente a los bienes que tiene la población dentro de sus viviendas, conocida como “menaje” o “enseres” ya que se infiere que no hay pérdidas de vidas humanas puesto que el fenómeno ocurre lentamente y las personas pueden ser desalojadas de tal modo que sus vidas no queden expuestas.

De acuerdo con CENAPRED para poder cuantificar la vulnerabilidad de la vivienda es importante conocer los materiales de construcción los cuales fueron previamente identificados en el mapa por tipología de vivienda que nos brinda información sobre el tipo de muro y techos y estos datos a su vez nos permite realizar la clasificación en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción con el objetivo de inferir su capacidad de respuesta ante una inundación y así estimar las el índice de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda cómo se muestra en la tabla VUL-FIS-B. Para estimar las funciones de vulnerabilidad se usa una serie de configuraciones de muebles y enseres menores; esto servirá posteriormente para llevar 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 y con ello determinar el índice de riesgo.

Tabla: VUL-FIS-B. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.

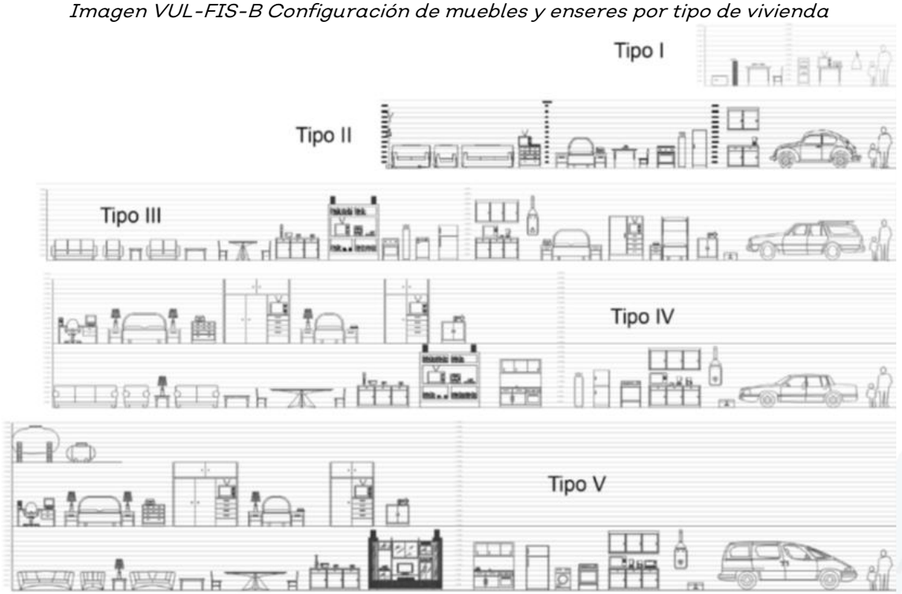
Tipo	Índice de Vulnerabilidad	Color propuesto
I	Alto	Rojo
II	Medio-alto	Naranja
III	Medio	Amarillo
IV	Medio-bajo	Verde
V	Bajo	Verde

SOLUCIONES SIG ,2024 con información de CENAPRED, 2006

Para la obtención de mapa de vulnerabilidad física por inundaciones se utilizó la información del CENSO 2020 del INEGI a nivel manzana y localidad el cual brinda información acerca del menaje disponible en la misma por la totalidad de viviendas la información que brinda el censo es sobre los siguientes enseres: refrigerador, televisor, horno de microondas, radio, lavadora, computadora, teléfono, tinaco, consola de videojuego, y automóvil esta información se conjugó con la tipología de vivienda para la posterior reclasificación en la tipificación de los hogares y con ello obtener el índice de vulnerabilidad, finalmente se ha realizado el cálculo de costo aproximado por localidad y manzana; con base en la de disponibilidad de bienes existentes en cada localidad o manzana esto

es posible ya que refiere el número total de enseres y estos se multiplican por el costo y al final se suman con lo que se obtuvieron costos promedio a través de datos de PROFECO, CONDUSEF e IA.

Imagen VUL-FIS-B Configuración de muebles y enseres por tipo de vivienda



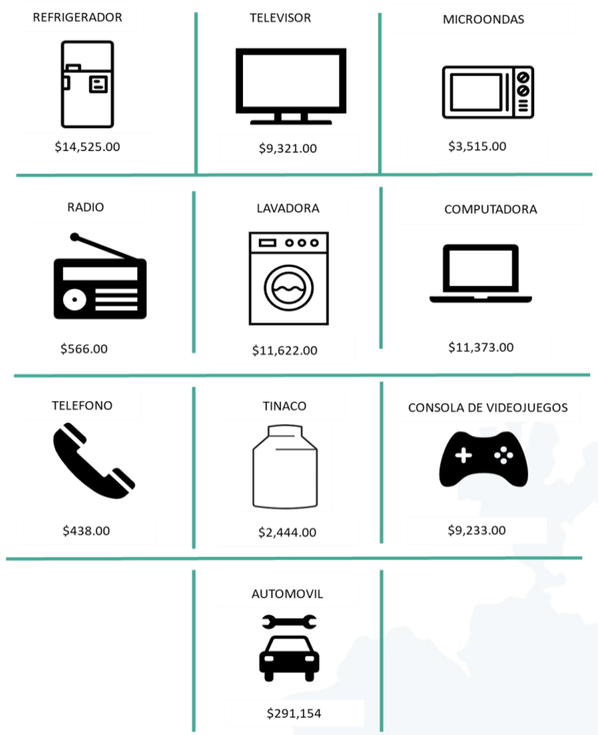
CENAPRED, 2006.

Tabla: VUL-FIS-3 Categoría de Vulnerabilidad a Inundaciones.

Tipo de vivienda	Índice de vulnerabilidad	Características
I	Alto	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.
II	Medio-Alto	Hogares de clase baja, la vivienda puede ser de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.
III	Medio	Hogares de 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.
IV	Medio-Bajo	Clase media, 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.
V	Muy Bajo	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.

SOLUCIONES SIG 2024, con información de CENAPRED, 2006.

Imagen VUL-FIS-B-1. Configuración de valores en enseres domésticos.



SOLUCIONES SIG,2024

El mapa VUL-FIS-B indica el índice de vulnerabilidad ante inundaciones representando la mayoría de viviendas entre los rangos Bajo y Medio-bajo, las características del tipo de vivienda que responden a la combinación de muros y techos, en el caso del estado de Jalisco, se clasificaron viviendas tipo IV y V en su mayoría las cuales se describen a continuación y se encuentran representadas en el mapa VUL-FIS-B1.

Vivienda tipo IV:

- Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).
- Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de teja.
- Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de lámina (cartón, plástico, asbesto o galvanizada).

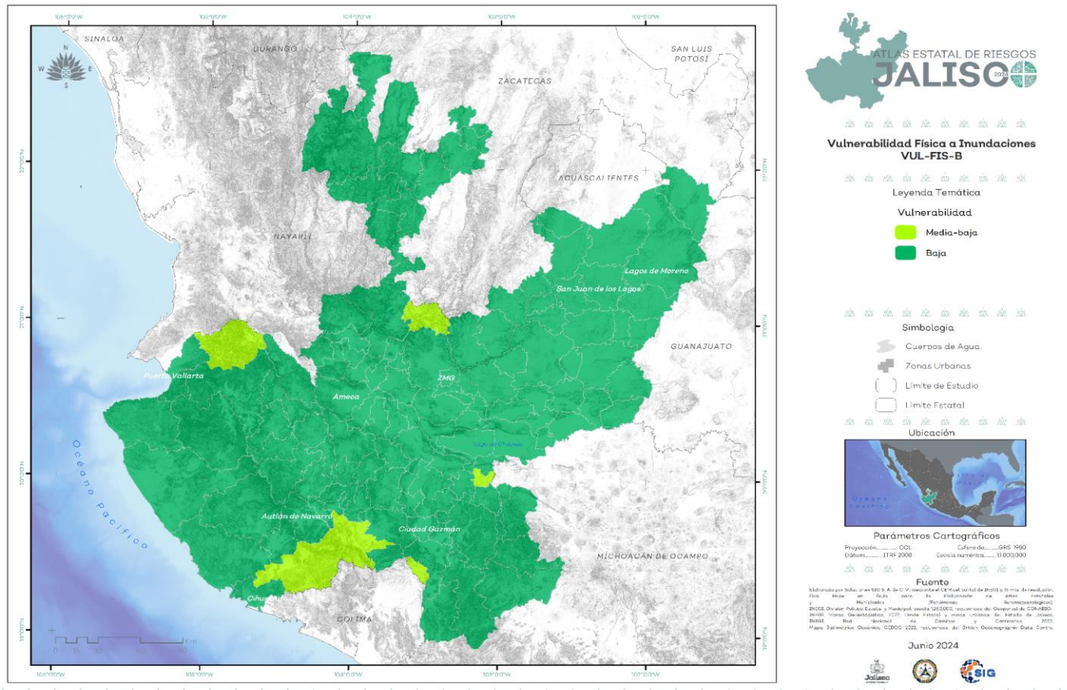
Vivienda tipo V:

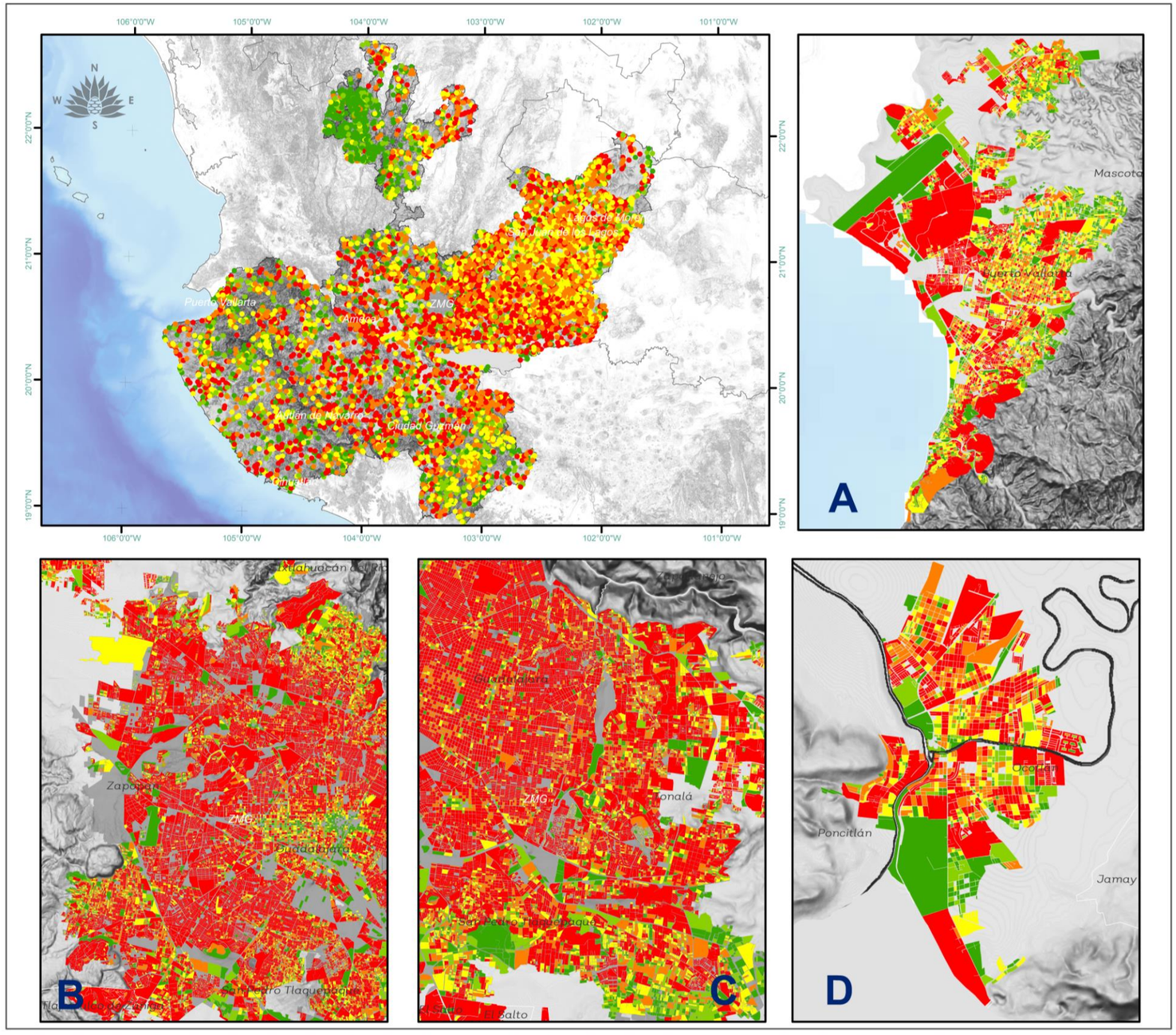
- Vivienda con muros de mampostería sin elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
- Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto sobrepuesta o vigueta y bovedilla.
- Vivienda con muros de mampostería con elementos de concreto y techo de losa de concreto ligado.

Finalmente, el mapa VUL-FIS-C muestra el costo aproximado a nivel localidad en función del menaje o enseres domésticos donde las localidades menos costosas tienen un rango de precios que van hasta $168,461 y la más costosa $266,050,002 de pesos.

Debido a la escala resulta complicado apreciar toda la información es por ello que el mapa muestra el contexto estatal y se han creado ventanas para poder apreciar dichos datos en el mapa se encuentran señaladas 4 ventanas correspondientes a las localidades de 4 municipios.

Ventana A: Puerto Vallarta
Ventana B: Zona Metropolitana de Guadalajara
Ventana C: Zona Metropolitana de Guadalajara
Ventana D: Ocotlán





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Costo por Localidad
VUL-FIS-C

Leyenda Temática

Costo

- Hasta $168,461
- Hasta $492,465
- Hasta $1,336,931
- Hasta $4,872,736
- Hasta $266,050,002
- 1,698 - 669,682
- 669,683 - 1,855,710
- 1,855,711 - 3,194,931
- 3,194,932 - 5,246,443
- 5,246,444 - 83,447,031

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:175,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Censo de Población y Vivienda,2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

5.2.3. Sector económico

En el presente apartado se describe la dinámica de concentración de unidades económicas en el Estado de Jalisco, utilizando como insumo la capa de puntos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI, 2020. El reconocimiento de estos sitios nos permite determinar qué actividades económicas pueden ser afectadas debido a la presencia de fenómenos naturales o antropogénicos.

Una Unidad Económica (UE) comprende un establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar, de manera permanente o delimitada por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios (DATA MÉXICO, 2023). En las UE se identifican las actividades económicas con el cual se desarrolla un proceso productivo, el cual a partir de un grupo de factores que se integran se puede obtener un producto o servicio específico (INEGI, 2020).

Las UE se concentran dentro de 20 Sectores, para este análisis se tomaron en cuenta sólo 19, descartando las Actividades Legislativas. En cada Sector se realizan diferentes actividades, la identificación de cada uno de estos se puede hacer a partir de un código particular, tal como se muestra en la Tabla VUL-ECO-1.

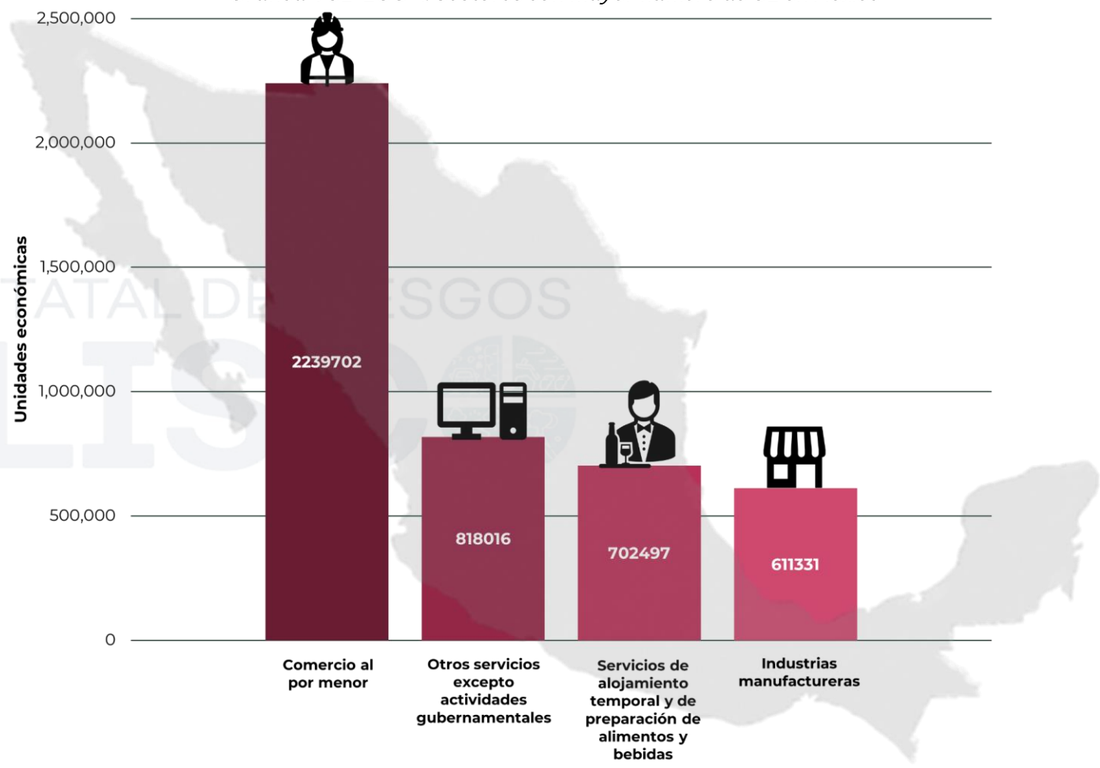
Tabla VUL-ECO-1. Sectores económicos

Código de actividad	Descripción de la actividad
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza
21	Minería
22	Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y de gas natural por ductos al consumidor final
23	Construcción
31-33.	Industrias manufactureras
43	Comercio al por mayor
46	Comercio al por menor
48-49	Transportes, correos y almacenamiento
51	Información en medios masivos
52	Servicios financieros y de seguros
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles e intangibles
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos
55	Corporativos
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de residuos, y servicios de remediación
61	Servicios educativos
62	Servicios de salud y de asistencia social
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos, y otros servicios recreativos
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

De los Sectores económicos mencionados anteriormente, México concentra mayor número de unidades económicas en los sectores del Comercio al por menor, Otros servicios excepto actividades gubernamentales, Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas e Industrias manufactureras, así como se muestra en la Gráfica VUL-ECO-1.

Gráfica VUL-ECO-1. Sectores con mayor número de UE en México



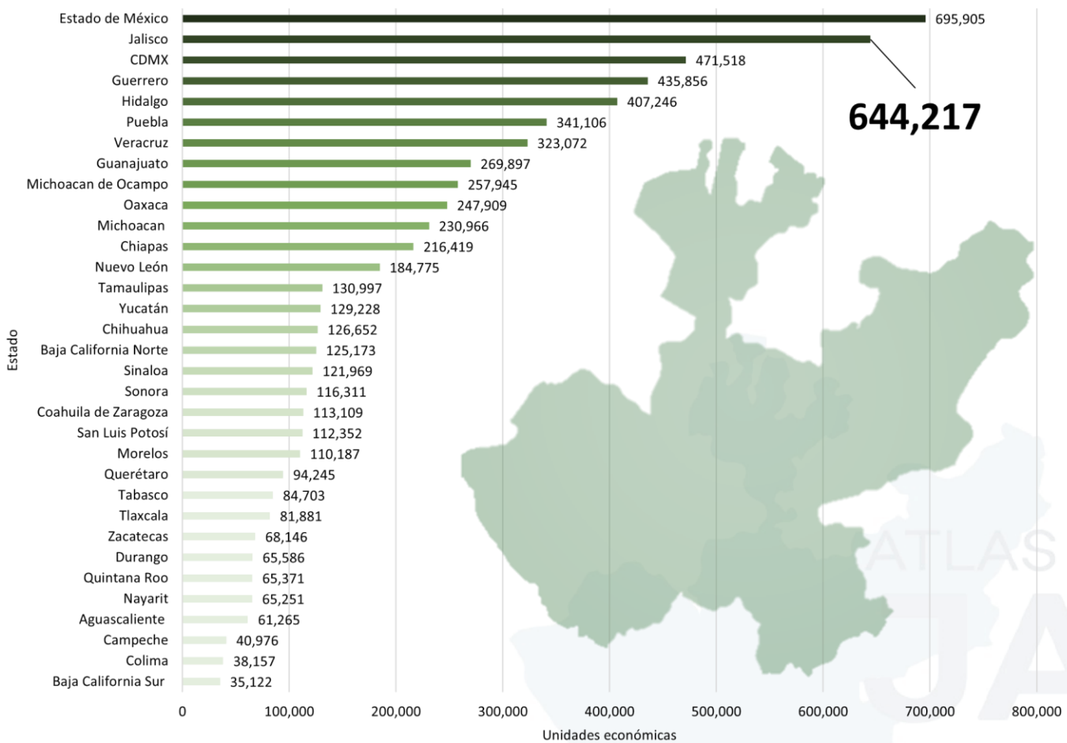
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

Posicionamiento del Estado de Jalisco en México

Este posicionamiento se hace con base en el total de unidades económicas que se tienen en cada uno de los Estados en México, la información se consultó en el mapa interactivo del DENUE. De acuerdo con la información revisada y comparada, el Estado de Jalisco se posiciona en segundo lugar con mayor número de UE, con un total de 644,217 sitios, solo por abajo del Estado de México el

cual cuenta con 51,688 unidades más, esta comparativa la podemos observar en la Gráfica VUL-ECO-2.

Gráfica VUL-ECO-2. Unidades económicas por Estado en México



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

Llas 644,217 UE se agruparon en cada uno de sus sectores pertenecientes, tal como se muestra en la Tabla VUL-ECO-2, donde se observa la clave del sector, la descripción de la actividad y finalmente el total de UE registradas en el DENUE, 2020.

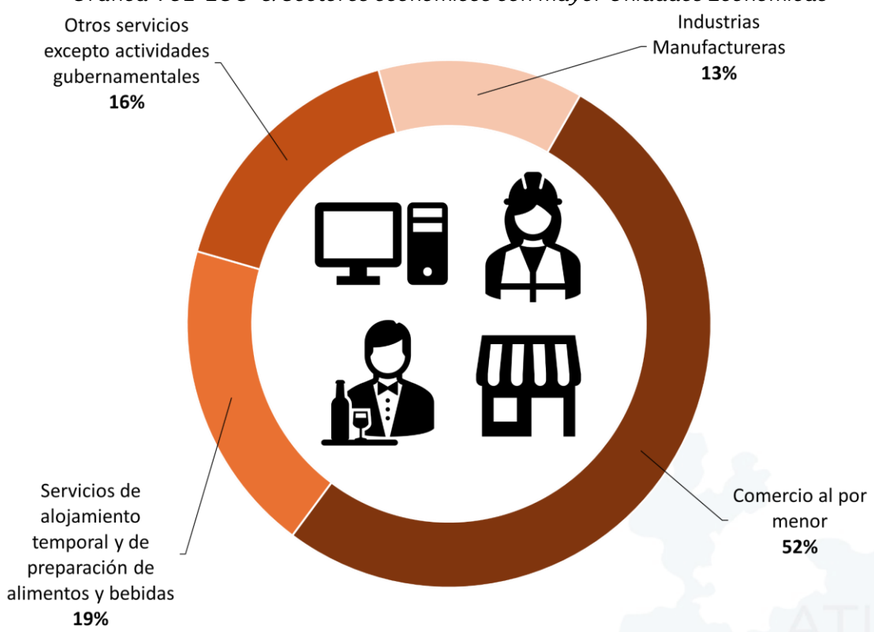
Tabla VUL-ECO-2. Unidas Económicas por Sector económico

Sector	Actividad	Unidades económicas
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	409
21	Minería	88
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor	434
23	Construcción	1,941
31-33	Industrias Manufactureras	37,562
43	Comercio al por mayor	15,021
46	Comercio al por menor	153, 730
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	2,740
51	Información en medios masivos	1,238
52	Servicios financieros y de seguros	6,842
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles	5,318
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	8,120
55	Corporativos	40
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y Servicios de Remediación	5,065
61	Servicios educativos	9,963
62	Servicios de salud y de asistencia social	16,156
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos	4,926
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	48,104
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	57,079

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

Con la información de la Tabla VUL-ECO-2 se puede entender que los cuatro sectores económicos con mayor número de UE pertenecen el Comercio al por menor, Otros servicios excepto actividades gubernamentales, Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas y así como las Industrias Manufactureras con 153, 730, 48, 104, 57, 079 y 37,562 UE respectivamente, en la Gráfica VUL-ECO-3 se observa el porcentaje de estos sectores económicos con respecto al total de UE.

Gráfica VUL-ECO-3. Sectores económicos con mayor Unidades Económicas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

Análisis económico

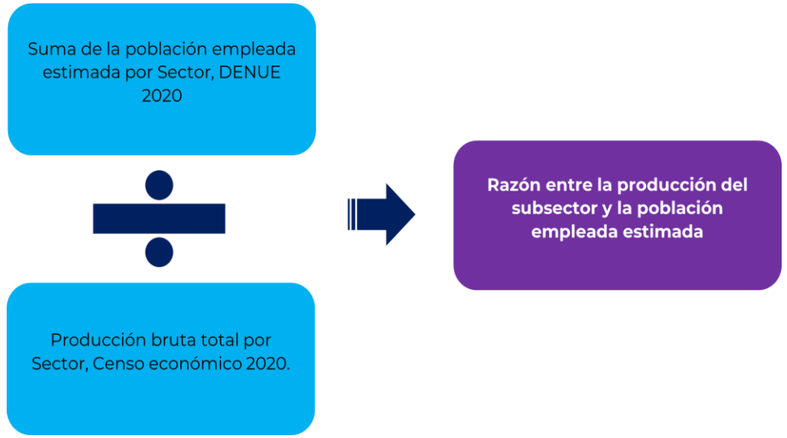
La recopilación del total de las UE se utilizó para realizar el análisis económico del Estado, empleando la información del Censo Económico de INEGI, 2020 esto para estimar cuál es la producción económica diaria y anual por UE, además de obtener el número de empleados que trabajan en estos sitios de actividades económicas. El objetivo de este análisis es estimar las pérdidas económicas y humanas que pueden llegar a presentar en Jalisco debido a la presencia de fenómenos naturales o antropogénicos que se elaboran en este Atlas.

La metodología desarrollada se apegó al documento de Seguridad Hídrica en la Ciudad de México: Riesgos de inundaciones, que se describe en el apartado de Producción económica, donde se utiliza información desagregada hasta subsistema, pero en este apartado se utilizaron todas las clases que van desde sector hasta clase, esto debido a la disponibilidad de información en la base de dato del Censo económico (OSH COLMEX, 2019).

A partir de la clasificación del SCIAN, los insumos del DENUE de INEGI y el Censo económico tienen un campo común y con ello es posible realizar estimaciones que muestran una distribución y la producción estimada por cada giro mercantil.

1er Paso

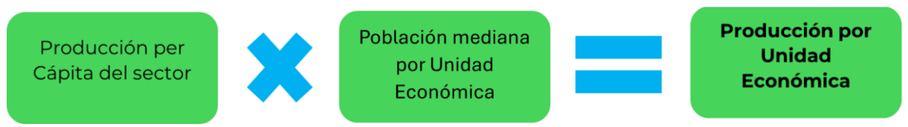
Se estableció la producción per cápita, que resulta de la división entre la producción económica de cada subsistema y la población empleada estimada total de dicho subsistema.



2° Paso

Estimada la producción per cápita de los subsectores económicos, se calculó la producción pertinente a cada giro mercantil de acuerdo con la población mediana del giro y la producción per cápita.

La producción por giro se multiplicó por un millón, y así se obtiene la producción anual, y en el caso de la producción diaria se dividió entre 365.



Los valores resultantes se empataron con las manzanas del Estado para poder visualizar de una mejor manera el mapa de producción económica y número de empleados, la relación de ambos resultados ayuda a comprender si existe relación entre la producción económica de las unidades económicas con el número de empleados que laboran en el sitio.

Resultados

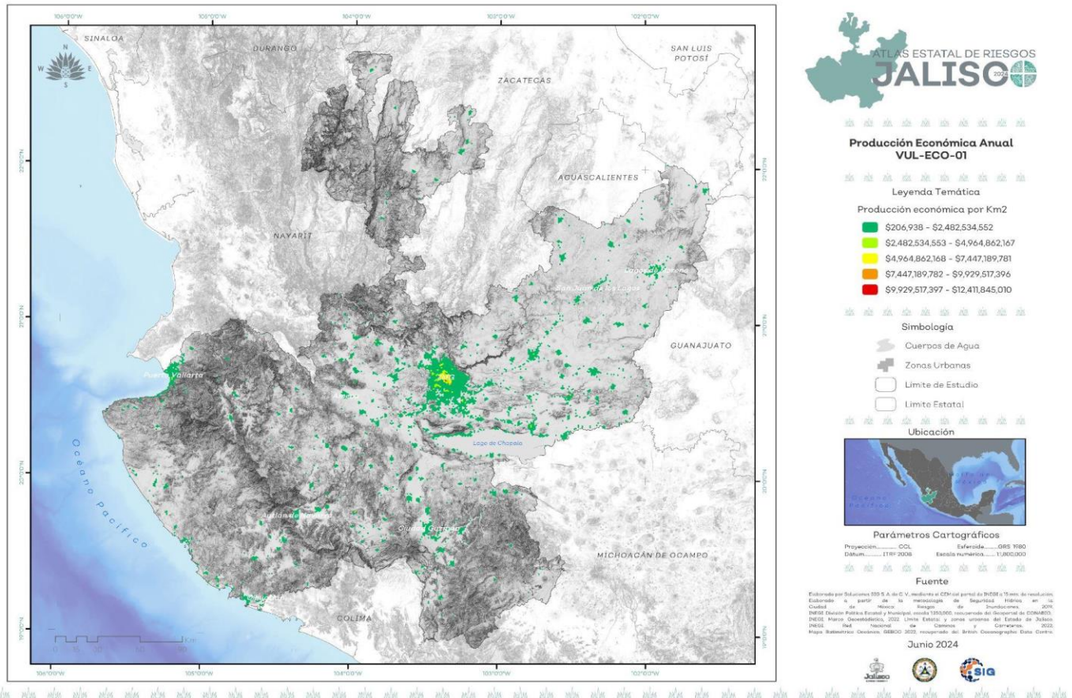
Guadalajara, Zapopan y San Pedro Tlaquepaque resultaron los municipios con mayor producción, que contribuyen de 5,173.143165 hasta 12,411.845010 en millones de pesos anuales. Al igual que para Tequila, Lagos de Moreno, Atotonilco el Alto, así como Puerto Vallarta. Siguiendo los municipios de

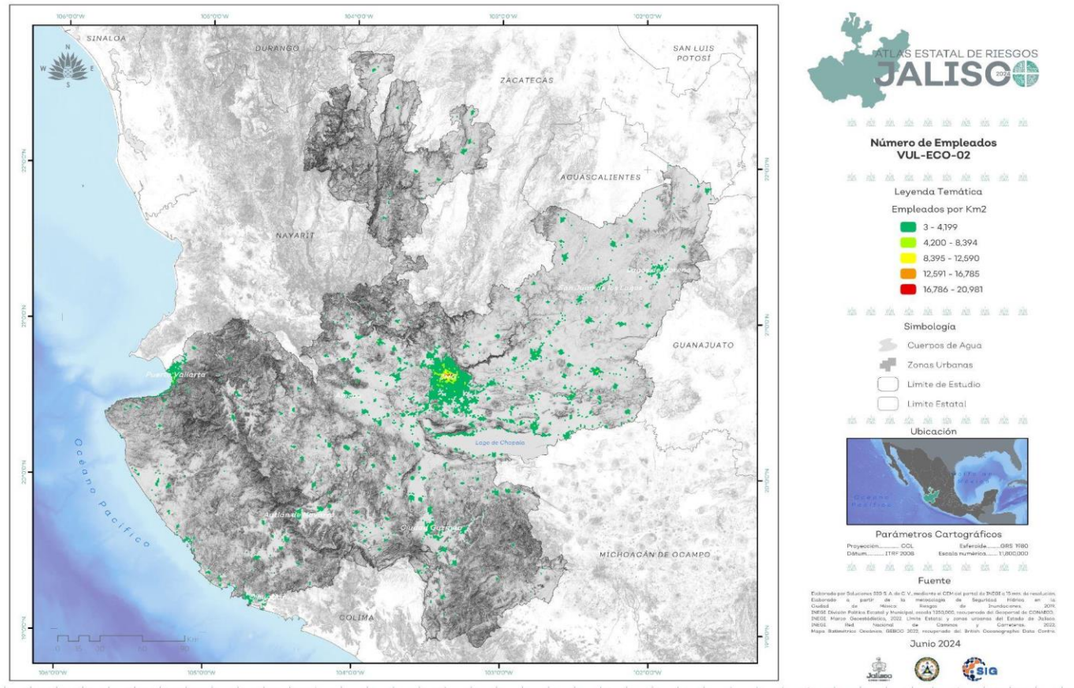
San Juan de los Lagos y Ocotlán con el valor más alto de contribución económica de 5,173.143164 millones de pesos anualmente.

Y Tepatitlán de Morelos, Aranda, Zapotlán el Grande, Autlán de Navarro, Ameca y Cihuatlán con una contribución de 2,820.397663 millones de pesos anuales.

De acuerdo con la cantidad de empleados para el estado, el mayor número de estos se concentran en Guadalajara y alrededores, abarcando Zapopan, Tonalá y San Pedro Tlaquepaque. El número más alto de empleados es de 1,1137 hasta 3.

Otro municipio importante en cuanto a número de empleados es Puerto Vallarta, que tiene desde 5,146 a 3 empleados. También algunos otros municipios cuentan con este rango, como son Lago de Moreno, San Juan de los Lagos, Tepatitlán de Morelos, Ocotlán y Zapotlán el Grande





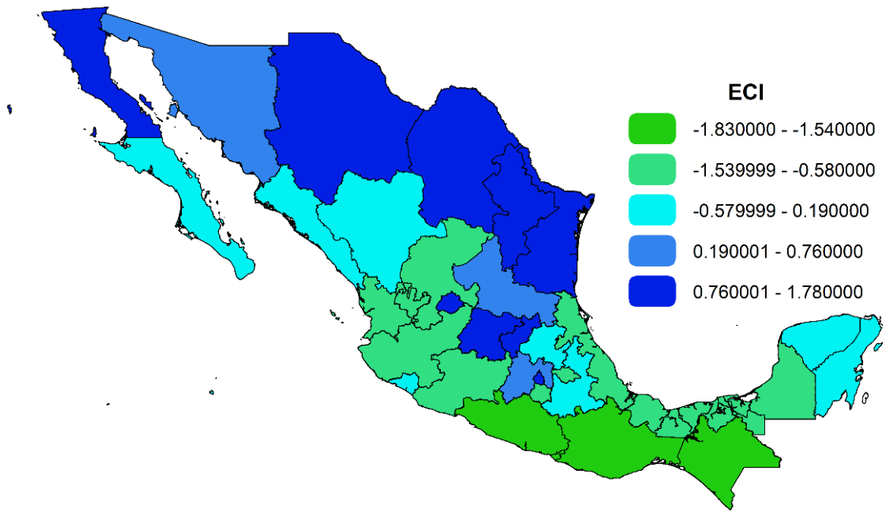
5.2.4. Índice de Complejidad Económica

El índice de Complejidad Económica (ECI) se entiende como una medida estadística de las capacidades productivas del sistema económico que puede tener una ciudad, región o un país. El objetivo de éste es explicar el conocimiento acumulado en la población para ser expresado en las actividades económicas que se desarrollan en dicho territorio. La complejidad está relacionada con las cap (DATAMÉXICO, 2022).

Las zonas o regiones que cuentan con un ECI bajo es debido a que cuentan con pocas actividades económicas y baja diversidad de las mismas, además de que esas actividades que realizan son poco sofisticadas.

De acuerdo con el observatorio de Complejidad Económica, para 2022 México se posicionó en el lugar 11 en exportaciones totales, 13 en importaciones totales y la economía 22 más compleja en términos de ECI. Por Entidad Federativa del segundo semestre de 2022 acorde con DataMéxico y DENUE, se menciona que el estado de Jalisco se posiciona en el ranking 6 con un ECI de 0.96, no sin antes mencionar que el rango de valores para medir el ECI es de -1 a 5, y el valor más alto para las entidades es de 1.78. En la imagen ECI-1 se muestra el ECI para los Estados del país.

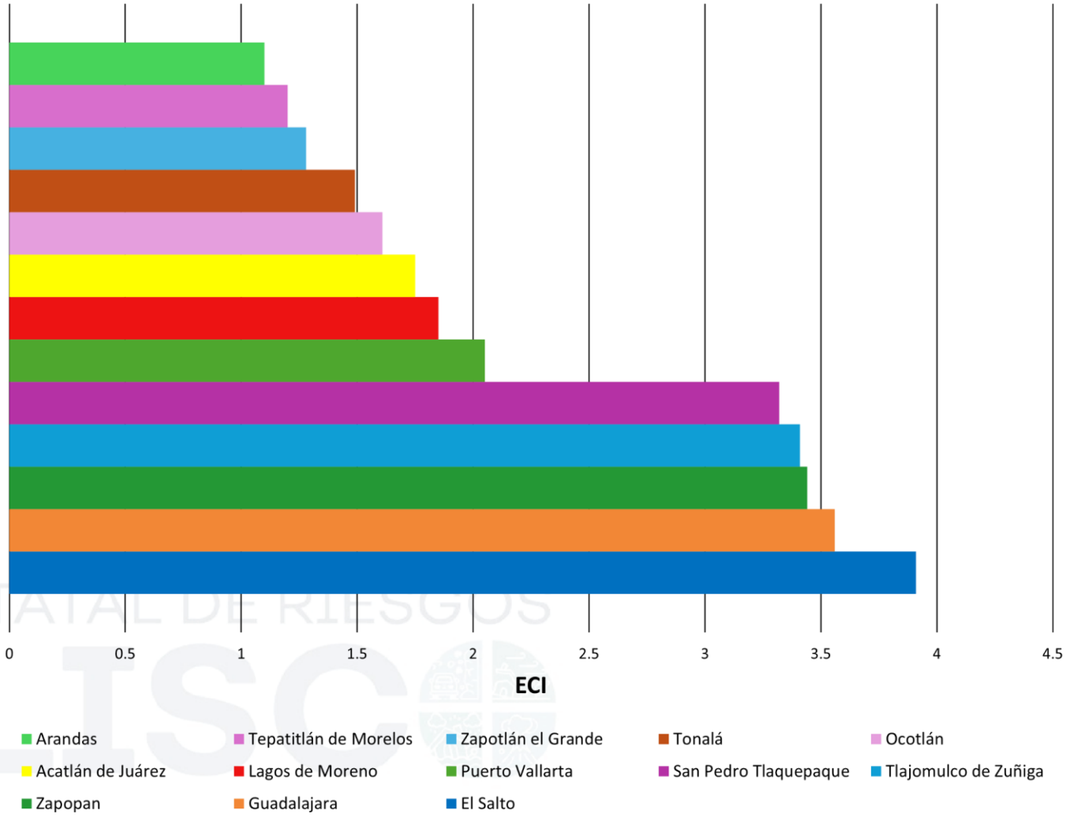
Imagen ECI-1. Índice de Complejidad Económica en México



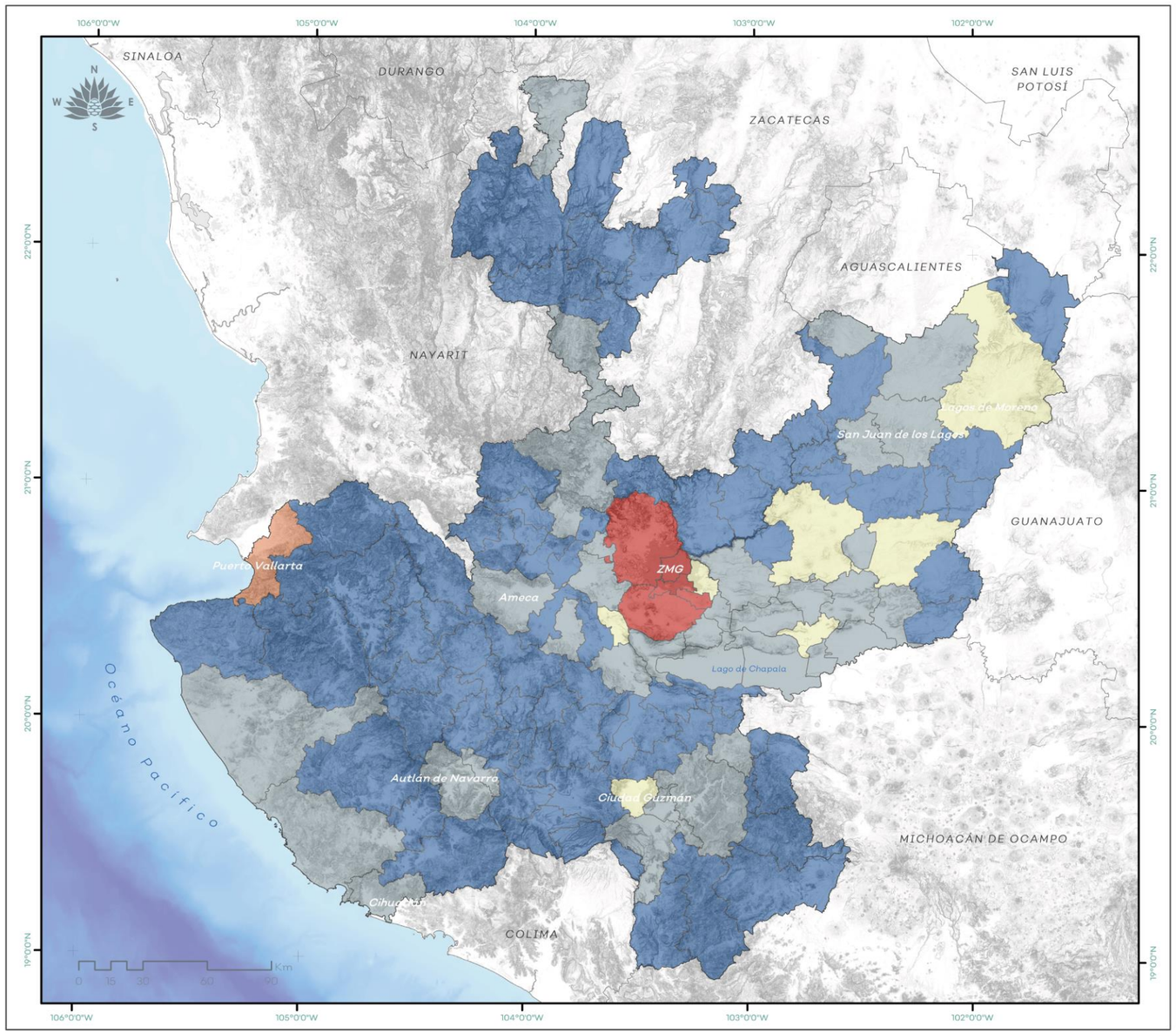
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de DATAMÉXICO, 2022.

Como ya se mencionó, el Estado de Jalisco mantiene un ECI de 0.96, pero los valores del ECI a nivel municipal mantienen rangos diferentes. Los municipios con un ECI alto son para el El Salto con 3.91, Guadalajara con 3.55, Zapopan con un 3.44, Tlajomulco de Zúñiga con 3.32, San Pedro Tlaquepaque con 3.31 y en Puerto Vallarta con 2.05. En la gráfica ECI-1 se colocaron los municipios con alto ECI.

Gráfica ECI-1. Municipios con alto ECI para el Estado de Jalisco



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de DATAMÉXICO, 2022.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Índice de Complejidad Económica
ECI - 01

Leyenda Temática

Rango de ECI

- -0.82 - 0
- 0.1 - 1
- 1.1 - 2
- 2.1 - 3
- 3.1 - 4

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. DATA MÉXICO, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

5.3. Sistemas expuestos

La exposición se refiere a la cantidad de personas, bienes o sistemas que se encuentran en una zona de estudio y que son susceptibles de ser dañados. El inventario de sistemas expuestos está integrado a una base de datos georreferenciados, alineados a los sectores con cobertura en el FONDEN en caso de siniestros o desastres, dichos sectores comprenden el educativo, deportivo, sector salud, sector hidráulico, urbano vial y carretero.

Con el objetivo de identificar la magnitud de los siniestros o desastres y la relación con la incidencia de fenómenos perturbadores, se elaboró un inventario de sistemas expuestos, del cual se obtiene información de la ubicación de la infraestructura y equipamientos expuestos a afectaciones y que, en caso de algún escenario de desastre facilita, mediante el sistema digital, la generación de una Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades (EDAN) agilizando la respuesta ante la emergencia, además de identificar los recursos necesarios para atenderlos.

De acuerdo con la Ley General del Protección Civil, se establece que es responsabilidad de los gobiernos de los estados y del Gobierno de la Ciudad de México, conforme a su disponibilidad presupuestaria, la contratación de seguros y demás instrumentos de administración y transferencia de riesgos para la cobertura de daños causados por un desastre natural en los bienes e infraestructura de sus entidades federativas.

Para el cumplimiento de esta obligación, las entidades federativas podrán solicitar que los instrumentos de administración y transferencia de riesgos que contraten sean complementados con los Instrumentos Financieros de Gestión de Riesgos Federales conforme a lo establecido en los lineamientos que para tal efecto se emitan.

El marco de Sendai para la Reducción de Riesgo de Desastres fue aprobado en la Tercera Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre la Reducción del Riesgo de Desastres se enfoca en adoptar medidas sobre los componentes del riesgo de desastre para poder prevenir la creación de nuevos riesgos, reducir los riesgos existentes y aumentar la resiliencia.

Teniendo en cuenta la experiencia adquirida con la aplicación del Marco de Acción de Hyogo, y en aras del resultado esperado y del objetivo, los Estados deben adoptar medidas específicas en todos los sectores, en los planos local, nacional, regional y mundial, con respecto a las siguientes cuatro esferas prioritarias:

- **Prioridad 1**: Comprender el riesgo de desastres.
- **Prioridad 2:** Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.
- **Prioridad 3:** Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
- **Prioridad 4:** Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y para "reconstruir mejor" en los ámbitos de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción

Cada Estado tiene la responsabilidad primordial de prevenir y reducir el riesgo de desastres, incluso mediante la cooperación internacional, regional, subregional, transfronteriza y bilateral. La reducción del riesgo de desastres es un problema común de todos los Estados y la medida en que los países en desarrollo puedan mejorar y aplicar eficazmente las políticas y medidas nacionales de reducción del riesgo de desastres, en el contexto de sus respectivas circunstancias y capacidades, puede mejorar aún más por medio de la cooperación internacional sostenible;

El marco de Sendai enuncia en sus prioridades, directrices para los gobiernos nacionales y subnacionales para transitar hacia la gestión integral del riesgo. Precisando para lo referente a los sistemas expuestos las siguientes:

Prioridad 1. Comprender el riesgo de desastres

Las políticas y las prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de las personas y los bienes, las características de las amenazas y el entorno.

Alentar el recurso a bases de referencia y su fortalecimiento y evaluar periódicamente los riesgos de desastres, la vulnerabilidad, la capacidad, el grado de exposición, las características de las amenazas y la posible secuencia de efectos en las escalas social y geográfica pertinentes sobre los ecosistemas.

Evaluar, registrar, compartir y dar a conocer al público, de manera sistemática, las pérdidas causadas por desastres y comprender el impacto económico, social, sanitario, educativo y ambiental y en el patrimonio cultural, como corresponda, en el contexto de la información sobre la vulnerabilidad y el grado de exposición a amenazas referida a sucesos específicos; y

Hay que asegurar que la información no confidencial, desglosada por pérdidas sobre el grado de exposición a amenazas, la vulnerabilidad, los riesgos y los desastres esté disponible y accesible libremente, como corresponda.

Prioridad 2. Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionarlo

La gobernanza del riesgo de desastres es de gran importancia para la prevención, la mitigación, la preparación, la respuesta, la recuperación y la rehabilitación. En ella se fomenta la colaboración y la formación de alianzas y la participación social.

Alentar a que se establezcan los mecanismos e incentivos necesarios para asegurar un alto grado de cumplimiento de las disposiciones vigentes de mejora de la seguridad de las leyes y reglamentos sectoriales, incluidas las relativas al uso de la tierra y la planificación urbana, los códigos de edificación, la gestión del medio ambiente y los recursos y las normas de salud y seguridad, y actualizarlas, cuando sea necesario, para velar por que se preste una atención adecuada a la gestión del riesgo de desastres.

Prioridad 3. Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia

Las inversiones públicas y privadas para la prevención y la reducción del riesgo de desastres mediante medidas estructurales y no estructurales son esenciales para aumentar la resiliencia,

económica, social, sanitaria y cultural de las personas, las comunidades, los países y sus bienes, así como del medio ambiente.

Alentar a que se establezcan los mecanismos e incentivos necesarios para asegurar un alto grado de cumplimiento de las disposiciones vigentes de mejora de la seguridad de las leyes y reglamentos sectoriales, incluidas las relativas al uso de la tierra y la planificación urbana, los códigos de edificación, la gestión del medio ambiente y los recursos y las normas de salud y seguridad, y actualizarlas, cuando sea necesario, para velar por que se preste una atención adecuada a la gestión del riesgo de desastres;

Potenciar, como corresponda, las inversiones públicas y privadas para la resiliencia a los desastres, en particular a través de lo siguiente: medidas estructurales, no estructurales y funcionales para la prevención y reducción del riesgo de desastres en instalaciones vitales, en particular escuelas y hospitales e infraestructura física; mejora de la construcción desde el principio para resistir las amenazas mediante técnicas de diseño y construcción adecuadas que incluyan los principios de diseño universal y la normalización de los materiales de construcción; el reforzamiento y la reconstrucción; el fomento de una cultura de mantenimiento; y la toma en consideración de las evaluaciones del impacto económico, social, estructural, tecnológico y ambiental;

Proteger o apoyar la protección de las instituciones culturales y de colección y otros lugares de interés desde el punto de vista histórico, religioso y del patrimonio cultural;

Promover la resiliencia al riesgo de desastres de los lugares de trabajo mediante medidas estructurales y no estructurales; y

Aumentar la resiliencia de las operaciones comerciales y la protección de los medios de vida y los bienes de producción en todas las cadenas de suministro, incluidos los del sector rural para asegurar la continuidad de los servicios e integrar la gestión del riesgo de desastres en los modelos y prácticas comerciales.

Prioridad 4. Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz y reconstruir mejor.

El crecimiento constante del riesgo de desastres pone de manifiesto la necesidad de fortalecer aún más la preparación para casos de desastres, adoptar medidas con anticipación a los acontecimientos y asegurar que se cuente con la capacidad suficiente para una respuesta y una recuperación eficaces a todo nivel. La fase de recuperación, rehabilitación y reconstrucción es una oportunidad fundamental para reconstruir mejor, entre otras cosas mediante la integración de la reducción del riesgo de desastres en las medidas de desarrollo.

Promover la resiliencia de la infraestructura vital nueva y existente, incluidas las de abastecimiento de agua, transporte y telecomunicaciones, las instalaciones educativas, los hospitales y otras instalaciones sanitarias, para asegurar que sigan siendo seguras, eficaces y operacionales durante y después de los desastres a fin de prestar servicios esenciales y de salvamento;

Asegurar la continuidad de las operaciones y la planificación, incluida la recuperación social y económica, y la prestación de servicios básicos en la fase posterior a los desastres;

Promover la cooperación de diversas instituciones, múltiples autoridades y actores pertinentes a todos los niveles, incluidas las comunidades y empresas afectadas, habida cuenta de la naturaleza compleja y costosa de la reconstrucción después de los desastres, bajo la coordinación de las autoridades nacionales; y

Considerar la posibilidad de trasladar las instalaciones e infraestructuras públicas a lugares situados fuera de las zonas de riesgo, cuando sea posible, en el proceso de reconstrucción después de los desastres, en consulta con las personas afectadas, como corresponda.

En la fase de recuperación, rehabilitación y reconstrucción después de los desastres, es fundamental prevenir nuevos desastres y reducir el riesgo de desastres mediante el principio de "reconstruir mejor" e incrementar la educación y la sensibilización públicas sobre el riesgo de desastres.

Salud

La información de este sector ha sido obtenida de la Secretaría de Salud del Gobierno de México, a partir de los datos publicados en el portal de DataMéxico,;se generó un listado de 2,082 centros de salud existentes en los municipios del estado de Jalisco, de los cuales se sabe su clasificación en Consulta externa, Hospitalización, Apoyo y Asistencia Social.

Las ubicaciones geográficas de los centros de salud del sector público fueron obtenidas del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas.

Programa Hospital Seguro

El Gobierno de México ha instituido este programa, su objetivo es que los hospitales cuenten con los elementos estructurales, no estructurales y funcionales para permanecer accesibles y funcionando a su máxima capacidad y en la misma infraestructura, durante una amenaza natural o antropogénica e inmediatamente después de la misma.

En México, este programa lo dirige la Secretaría de Gobernación a través de la Coordinación Nacional de Protección Civil mediante el Comité Nacional de Evaluación, Diagnóstico y Certificación del Programa Hospital Seguro (CNEDCPHS).

La Secretaría de Salud ocupa el Secretariado Ejecutivo en el CNEDCPHS, coordina su operación en la institución y, como instancia rectora del Sistema Nacional de Salud impulsa la incorporación de las unidades hospitalarias a fin de que ante una emergencia o desastre otorguen servicios con la oportunidad y calidad que la población requiere.

Dentro del diagnóstico de este programa, se ha catalogado al Estado de Jalisco en una categoría de alto riesgo, por los fenómenos que inciden en la geografía de su territorio.

Un hospital seguro es un establecimiento de salud cuyos servicios permanecen accesibles y funcionando a su máxima capacidad instalada y en su misma infraestructura inmediatamente después de una emergencia o desastre.

Para ello, debe cumplir con tres criterios:

- Proteger la vida: La edificación del establecimiento de salud es capaz de mantenerse en pie y resistir con daño mínimo;
- Proteger la función: El establecimiento de salud es capaz de mantener o mejorar su producción de servicios de salud como parte de una red de servicios, y
- Proteger la inversión: Las instalaciones y los equipos del establecimiento de salud son capaces de comportarse de tal forma que sufren daños mínimos y continúan operativos.

Con ello, se evalúa el nivel de preparación de los hospitales para responder ante emergencias y desastres, que es justo cuando la población afectada más los necesita.

Los últimos elementos que se han actualizado en la segunda versión del índice de seguridad hospitalaria, publicado en mayo de 2019 por la Organización Panamericana de la Salud – Organización Mundial de la Salud, incluyen el análisis de amenazas para cada hospital, con base en su ubicación geográfica y se sustituye la seguridad funcional por un elemento de carácter prospectivo que es la gestión integral del riesgo de emergencias y desastres en los hospitales.

Bajo estos principios y conforme a los Artículos 19 y 39 de la Ley General de Protección Civil, así como atendiendo las disposiciones de la Norma Oficial Mexicana NOM-016-SSA3-2012, diferentes dependencias de los sectores de salud y protección civil establecieron los lineamientos para conducir la directriz de la política nacional en la materia.

Educación

Refiriéndonos al sector educación es la Secretaría de Educación Pública del Gobierno de México la máxima autoridad en este rubro, quien también dicta lineamientos para la infraestructura física educativa.

A través del Sistema de Información y Gestión Educativa (SIGED), se hizo la consulta de algunos atributos de los centros escolares, como lo son su ubicación, nivel educativo, población de estudiantes, población de docentes y si son del ámbito público o privado. En este registro se encontraron 16,125 sistemas educativos ocupando 10,442 planteles.

El SIGED es un conjunto orgánico y articulado de procesos, lineamientos, normas, instrumentos, acciones y sistemas tecnológicos que permiten recabar, administrar, procesar y distribuir la información del Sistema Educativo Nacional (SEN), generada por los sujetos y autoridades de este, con la integridad, consistencia y oportunidad necesarias para apoyar a los procesos de operación, administración y evaluación del SEN.

Tiene por objeto dotar al SEN de una sola Plataforma tecnológica de información que permita a la Autoridad Educativa Federal llevar a cabo su planeación, operación, administración y evaluación, facilitando la transparencia y rendición de cuentas.

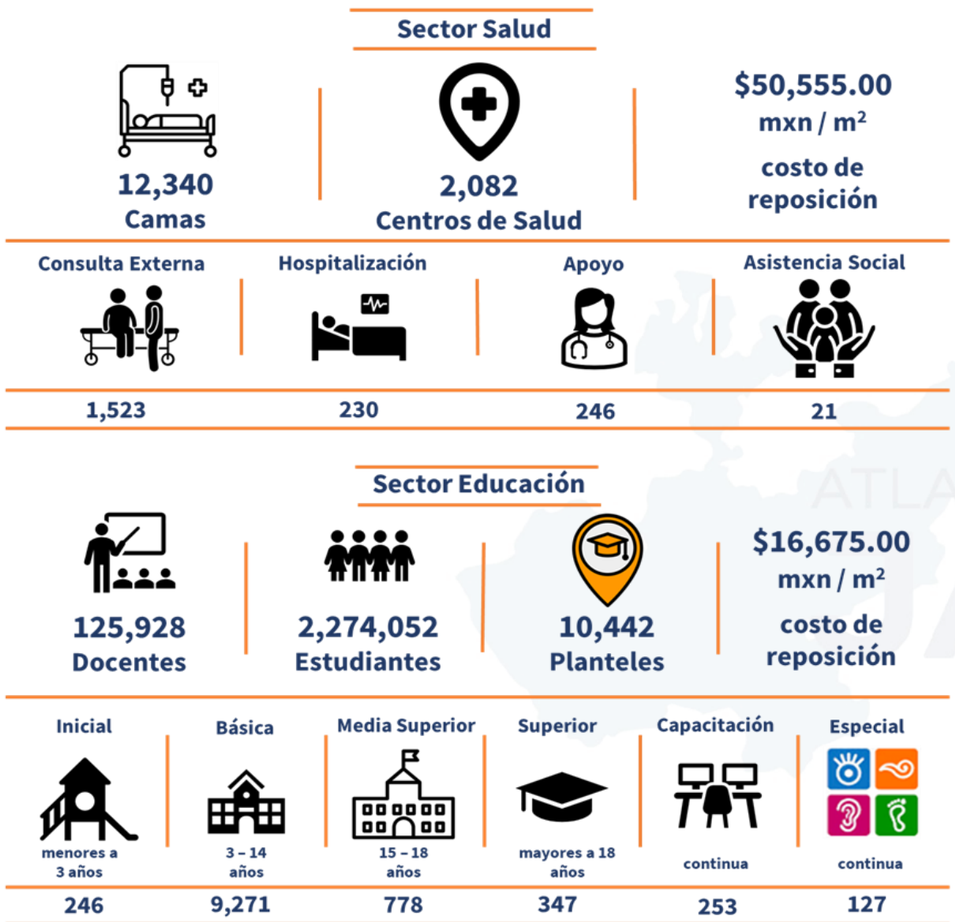
En 2013 se publicó la Ley que crea el Instituto de la Infraestructura Física Educativa del Estado de Jalisco, tiene por misión, servir con calidad a la sociedad Jalisciense al construir, equipar y mejorar los inmuebles destinados al servicio educativo, a través de las siguientes funciones:

1. Ampliar la cobertura de la infraestructura física educativa pública, del Estado de Jalisco.
2. Mejorar, conservar y rehabilitar la infraestructura física educativa pública, del Estado de Jalisco
3. Evaluar la infraestructura física educativa pública, del Estado de Jalisco.
4. Certificar la infraestructura física educativa pública, del Estado de Jalisco.

El objetivo del Instituto, es fungir como organismo con capacidad normativa, de consultoría, investigación y certificación de la calidad de la infraestructura física educativa del Estado y de construcción, equipamiento, mantenimiento, rehabilitación, reforzamiento, reconstrucción y reubicación y desempeñarse como una instancia asesora, dictaminadora y ejecutora en materia de prevención y atención de daños ocasionados por desastres naturales, tecnológicos o humanos en la infraestructura educativa, de forma conjunta con las unidades de protección civil del Estado.

Por ello tiene un rol específico en garantizar la seguridad estructural de las instalaciones de este sector, así como dirigir la continuidad o restablecimiento de la operación de los inmuebles de este sector ante una situación de emergencia o desastre.

Imagen SE-1 Síntesis del sector Salud y Educación



Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Abastecimiento

El ejercicio de la gestión integral de riesgo es multilateral y multisectorial, por lo que se deben de fomentar alianzas estratégicas, para la continuidad de operaciones de los servicios y cadenas de suministro, que permitan garantizar el acceso a bienes de consumo a la población y a los cuerpos de respuesta ante situaciones de emergencia y desastre.

El Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural ha publicado un listado de rastros y centros de matanza en los que se realiza vigilancia o seguimiento operativo por parte de las entidades federativas, el cual está publicado y tiene fecha de actualización al 22 de junio del año 2022, para el cual reporta un total de 115 establecimientos de rastros de Tipo Inspección Federal (TIF).

De acuerdo con el INEGI, se reporta la existencia de 394 mercados públicos. De igual forma se debe señalar la importancia que puede tener el conformar alianzas y convenios con el sector privado, en lo referente a los establecimientos de comercio mayorista, ya que son quienes poseen los productos y la logística para la distribución de productos de consumo a la población, lo cual puede coadyuvar a los cuerpos de respuesta ante situaciones de emergencia y desastre.

Servicios

Para fortalecer la gobernanza del riesgo es vital mantener la continuidad de operaciones de los servicios que administra el gobierno. Para lo cual se identificó a través del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) la ubicación de 3,789 instalaciones de oficinas de gobierno (Federal, Estatal y Municipal), así como 466 instalaciones de servicio de agua y energía.

Hay que acotar que en lo que respecta al sector energía, el cual es un sector de jurisdicción federal, no se presentan para este inventario la ubicación de instalaciones críticas del sector, señalando así principalmente oficinas de gestión, cobranza y distribución de acuerdo con el DENUE.

De igual forma, los servicios de agua potable y saneamiento no se enuncian en su totalidad de instalaciones existentes.

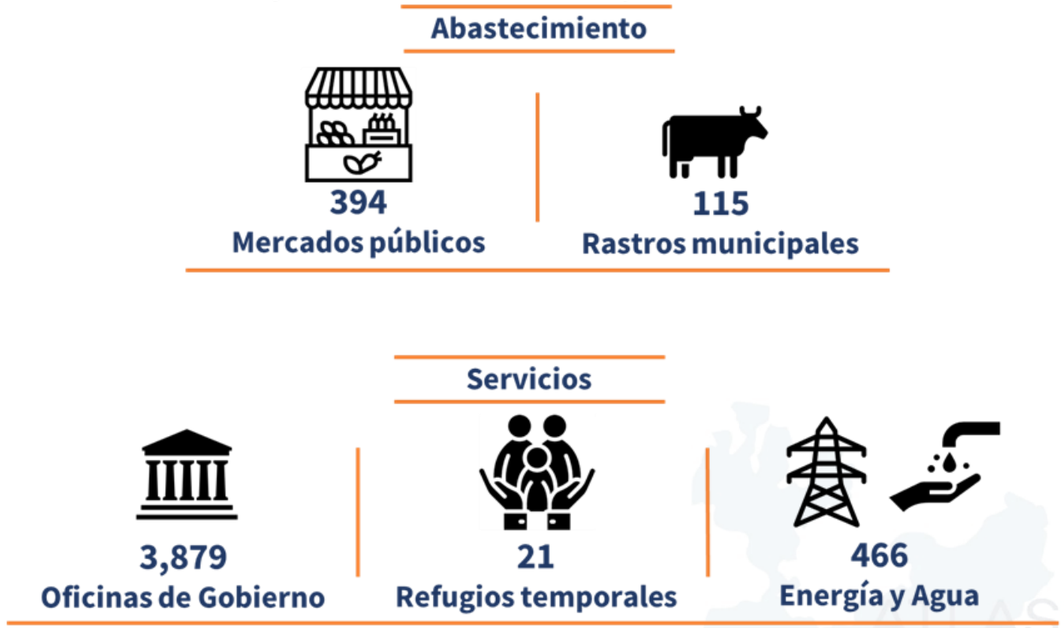
Cabe señalar que en el DENUE se identificaron 21 centros de atención social que prestan servicio de refugio temporal, principalmente a población en situación de vulnerabilidad como migrantes y población sin hogar. La existencia de estos centros puede cumplir un rol importante en la prestación de servicios de asistencia social en coordinación con las autoridades de gobierno, para fortalecer la cooperación multisectorial en la gestión integral de riesgos.

Centros de Reunión

Se decidió catalogar este sector por su importancia durante las fases reactivas en la Gestión Integral del Riesgo, ya que en estas instalaciones se pueden instalar servicios provisionales para los cuerpos de auxilio y el comando de incidentes, en la atención y restablecimiento ante una situación de emergencia o desastre.

Se señala que la ubicación y número de instalaciones cartografiadas fueron obtenidas del INEGI, para los centros deportivos, centros de culto, cementerios y plazas públicas, para con ello disponer en el sistema de Información geográfica del Atlas de Riesgos Estatal y facilitar las labores de planeación y logística.

Imagen SE-2 Abastecimiento, Servicios y Centros de Reunión



Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Cooperación y financiamiento multilateral.

Para afrontar las disparidades económicas y la disparidad en la innovación tecnológica y la capacidad de investigación entre los países es fundamental potenciar la transferencia de tecnología con un proceso que posibilite y facilite los flujos de aptitudes, conocimientos, ideas, saber hacer y tecnología de los países desarrollados a los países en desarrollo en la aplicación del Marco de Sendai. Para ello el Banco Mundial ha constituido una guía sobre los tipos de fondos que son posibles y dónde puede lograrse el financiamiento para la resiliencia.

6. Identificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos

Ante el gran dinamismo que converge en torno a las ciudades y su interacción con el ambiente y sociedad, es necesario la actualización periódica de los escenarios de peligros y riesgos y documentarlos en guías que faciliten su comprensión, para que cumplan su papel de moderador en la planificación del desarrollo y en la implementación de políticas conducentes a la construcción de la resiliencia.

Para ello un Atlas de Riesgos funge como instrumento de planeación en la toma de decisiones en materia de planeación territorial y de reducción de riesgos, desde una perspectiva territorial clara y operable.

El Atlas de Peligros y Riesgos coadyuva a fortalecer la resiliencia del municipio al incrementar las capacidades técnicas y la comprensión del riesgo de desastres de las autoridades que regulan y planifican el desarrollo del estado de Jalisco.

En apego a los lineamientos técnicos establecidos por el CENAPRED, la información del Atlas de Riesgos tiene por objetivo abordar los diferentes componentes del Riesgo identificados y su integración final en diferentes insumos construidos para entender y dar sentido al proceso de construcción de riesgos, para formular políticas en la gestión integral de riesgos.

Cada fenómeno perturbador ha sido construido cartográficamente con base en lo establecido en la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos y sus respectivos anexos, expendios en el Diario Oficial de la Federación Tomo DCCLIX No. 15 con fecha del miércoles 21 de diciembre de 2016 por el CENAPRED y en alcance de la información disponible conforme a la estructura programática del desarrollo de este instrumento.

Los mapas de peligro son la representación espacial y temporal de los resultados del análisis, o modelaciones de los fenómenos perturbadores, que expresan la frecuencia o tasa de excedencia de las variables que los caracterizan.

El principal enfoque de la actualización del Atlas de Peligros y Riesgos es la identificación clara de las zonas de riesgo considerando la información más actualizada y disponible para caracterizar el proceso de construcción territorial de cada fenómeno, y sus sistemas afectables en los taxones Geológicos, Hidro-Meteorológicos y Químico-Tecnológicos.

6.1. Riesgos Hidrometeorológicos

Los fenómenos de origen Hidrometeorológico son ocasionados por el comportamiento atmosférico y los elementos resultantes de perturbaciones que impactan en los elementos perceptibles del clima, como son el viento, la temperatura y la humedad. Su importancia radica en que son fenómenos con una amplia cobertura geográfica y con una elevada afectación tanto sobre la población local como

sobre la infraestructura expuesta. Las modelaciones de peligro se definirán a partir de su intensidad, recurrencia o período de retorno.

6.1.1. Inundaciones costeras por marea de tormenta

6.1.1.1. Introducción

De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO,2012), la definición oficial de inundación es: "aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce". En este caso, "nivel normal" se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación es una elevación mayor a la habitual en el cauce, por lo que puede generar pérdidas.

Existen diferentes procesos que pueden dar origen a las inundaciones tal es el caso de las inundaciones costeras por marea de tormenta las cuales se presentan a causa de los ciclones tropicales debido al ascenso del nivel medio del mar debido a la marea y permite que éste penetre tierra adentro, en las zonas costeras, generando el cubrimiento de grandes extensiones de terreno.

Por lo tanto, la inundación por marea de tormenta se entiende como aquella que provoca un incremento en el nivel de la superficie libre del agua del mar generando así la invasión o penetración del elemento agua en sitios donde usualmente no la hay y genera daños a la población, agricultura, ganadería e infraestructura.

La marea de tormenta es generada por los vientos de los ciclones tropicales sobre la superficie del mar y por la disminución de la presión atmosférica en el centro de estos meteoros. Por su parte, el oleaje en el océano puede ser provocado por diferentes factores; sin embargo, la principal causa es el viento. La suma de ambos efectos de estos fenómenos puede causar importantes estragos.

Para entender estos fenómenos es importante tener en cuenta los siguientes conceptos para que el lector esté familiarizado con la terminología propia de la inundación por marea de tormenta.

Marea o marea astronómica: Se refiere al cambio periódico del nivel del mar producido principalmente por las fuerzas de atracción gravitatoria que ejercen el Sol y la Luna sobre la Tierra. Aunque dicha atracción se ejerce sobre todo el planeta, tanto en su parte sólida como líquida y gaseosa,

Marejada ciclónica: Es un aumento anormal del agua generado por una tormenta, por encima de la marea pronosticada astronómica.

Por lo tanto, la marejada es el cambio en el nivel del agua que se debe a la presencia de la tormenta siendo esta la diferencia entre los niveles de agua no tiene un nivel de referencia.

La marea de tormenta como se explicó con anterioridad se refiere al incremento en el nivel del agua durante una tormenta debido a la combinación de la marejada ciclónica y la marea astronómica. Así que la marea de tormenta es la combinación de la marejada ciclónica y la marea, se requiere un nivel de referencia.

De acuerdo con el Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos NHC (por sus siglas en inglés existen varios factores que contribuyen en la altura de la marejada ciclónica que produce una tormenta dada para una localidad en particular los cuales se mencionan a continuación.

Presión Central: Las bajas presiones producirán una marejada ciclónica más alta. Sin embargo, la presión central es un contribuidor mínimo si lo comparamos con los otros factores.

Intensidad de la Tormenta: Los vientos más fuertes producirán una marejada ciclónica más alta.

Tamaño del Ciclón: Una tormenta más grande producirá una marejada ciclónica más alta. Hay dos razones: primero, los vientos de una tormenta más grande ponen una mayor fuerza sobre un área del océano. Segundo, los vientos fuertes en una tormenta más grande tienden a afectar un área más grande que la tormenta.

Velocidad de traslación: En una costa sin obstáculos, una tormenta moviéndose más rápido producirá una marejada ciclónica más alta. Sin embargo, una marejada ciclónica se produce en las bahías, los pasos, y otros cuerpos cercados de agua con una tormenta moviéndose más lentamente.

Ángulo al Aproximarse a la Costa: El ángulo en que la tormenta se acerca a la costa puede afectar cuanta marejada ciclónica se genera. Es probable que una tormenta que se mueva hacia la costa en un ángulo perpendicular produzca una marejada ciclónica más alta que una tormenta que se mueve paralelo a la costa o se mueva tierra adentro en un ángulo oblicuo.

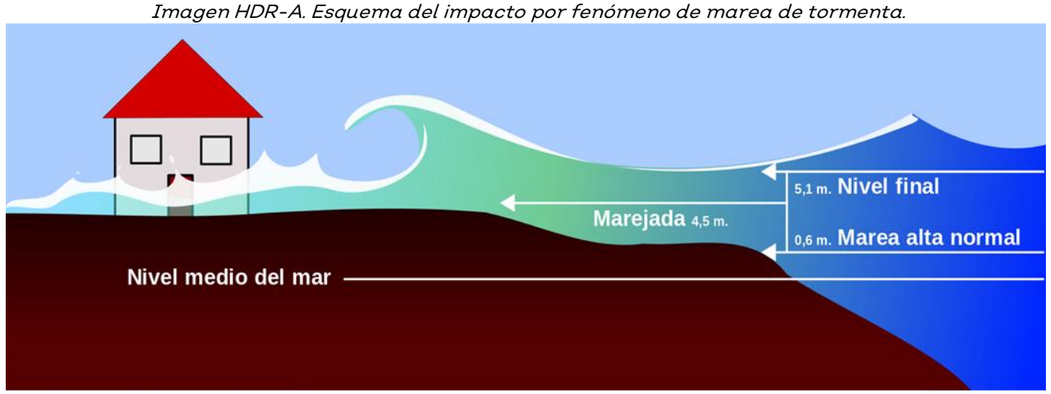
Tamaño de la Costa: La marejada ciclónica será más alta cuando un huracán toca tierra en una costa de tamaño cóncavo (curvada hacia adentro) en lugar de una costa convexa (curvada hacia fuera).

Anchura e Inclinación del Fondo Oceánico: Las marejadas ciclónicas más altas ocurren con plataformas continentales anchas y suavemente inclinadas, mientras una marejada ciclónica menos alta ocurre con plataformas continentales estrechas y abruptamente inclinadas.

Características Locales: La marejada ciclónica depende sumamente de las características locales y las barreras que afectarán el flujo del agua.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Imagen HDR-A. Esquema del impacto por fenómeno de marea de tormenta.



Pierre Cb.

Es importante tener en cuenta que la marejada de una tormenta no es un muro de agua que avanza: se trata de un aumento continuo del nivel del mar al aproximarse el ciclón a tierra. Gran parte del daño se origina por las grandes olas de la tormenta que se superponen a la marejada. Las olas de la tormenta combinadas con las corrientes oceánicas erosionan playas, islas y carreteras.

6.1.1.2. Antecedentes del Fenómeno

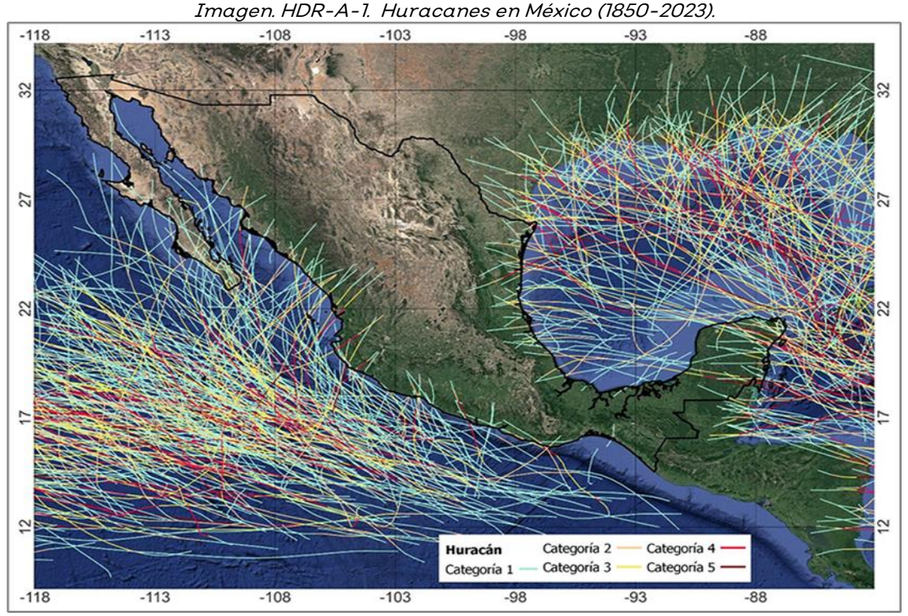
Estudiar uno de los entornos más dinámicos de la Tierra: la costa, donde el mar se encuentra con la tierra. Las playas compuestas de arena o cantos rodados y las costas rocosas siguen atrayendo turistas como pocas otras zonas; sin embargo, la mayoría de la gente no comprende muy bien cómo las olas del océano forman y cambian las costas.

De acuerdo con (Keller & Blodgett,2004) la marea de tormenta ocasiona los mayores daños y aporta el 90% de las víctimas mortales relacionadas con el huracán.

Los ciclones tropicales o huracanes como se les conoce en México lo hacen también un territorio vulnerable gracias a que se encuentra ubicado entre los océanos Pacífico y Atlántico de acuerdo con SEMARNAT , cada año, entre el mes de mayo y noviembre transcurre en México la temporada de huracanes o ciclones tropicales, estos fenómenos que acarrean vientos destructivos, lluvias torrenciales, inundaciones, e incluso tornados que afectan las costas mexicanas , a sus habitantes más cercanos y en ocasiones a los asentamientos lejanos (SEMARNAT, 2018).

En los últimos 53 años un poco más de 270 ciclones tropicales han impactado en México, de los cuales 170 han afectado las costas del Pacífico, incluyendo Jalisco (SMN,2021).

Imagen. HDR-A-1. Huracanes en México (1850-2023).



INECOL,2023.

México cuenta con 11,592.76 kilómetros de línea de costa, donde se albergan 150 municipios que tienen frente de playa. Hay también 48 puertos, de los cuales 27 están en el litoral del Pacífico y el Mar de Cortés, mientras que los 21 restantes pertenecen al Golfo de México y mar Caribe.

Jalisco se encuentra dentro de este espacio costero, y posee 396.97 kilómetros de costa en los que están los municipios de Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán, que cuentan con frente de playa (IIEG,2021).

De acuerdo con la Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica (NOAA, por sus siglas en inglés) En un radio de 100 km el estado ha sido afectado por 98 ciclones tropicales desde el año 1945 hasta 2022. Estos son algunos ejemplos de eventos en los que se han registrado mareas de tormenta en Jalisco.

Huracán Jova (2011): Vientos fuertes con un aumento considerable del nivel del mar por presencia de marea de tormenta en Jalisco, los municipios de Cihuatlán, La Huerta y Cabo Corrientes, principalmente, registraron lluvias intensas y oleaje elevado.

Huracán "Patricia" (2015): Impacto directamente en la localidad de Cuixmala en el municipio de la Huerta en Jalisco, "Patricia" fue uno de los huracanes más intensos y documentados en la historia de México. Afectó principalmente en techumbre de viviendas en los municipios de la Huerta, Tomatlán y Cabo Corrientes en la costa jaliscienses.
Tormenta Tropical "Dolores" (2021): El centro de la tormenta tropical "Dolores" continuó sobre Jalisco, generando oleaje de 3 a 5 metros en las costas de Jalisco, Colima, Guerrero y Michoacán.

Huracán "Nora" (2021): "Nora" tocó tierra en San Vicente, cerca de Tomatlán, Jalisco, provocando vientos, oleaje e inundaciones y localidades incomunicadas en todos los municipios de la costas de Jalisco .

Huracán Kay (2022): El paso del huracán Kay por costas de Jalisco comenzó a generar un fuerte oleaje en Puerto Vallarta provocando daños en el malecón e incrementó la altura del mar, generando que el agua se saliera.

Huracán Roslyn (2022): El fuerte y elevado oleaje derivado del paso del huracán "Roslyn", causó afectaciones en el malecón de Puerto Vallarta.

6.1.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo

La metodología utilizada para obtener los mapas de peligro por marea de tormenta es propuesta por el CENAPRED en la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, 2006 de esta metodología se utilizó el capítulo II de la sección de Fenómenos Hidrometeorológicos llamado elaboración de mapas de riesgos por inundación costeras por marea de tormenta.

Para realizar los mapas de peligro se utilizaron los datos publicados en el Atlas Nacional de Riesgos en el Sistema nacional de información sobre riesgos, dichos cálculos han sido proporcionados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres debido que ha realizado el análisis para los municipios costeros de todo el país, calculando así las altura de la ola para todo el territorio en el apartado "Método simplificado y una cercanía de la trayectoria al municipio de 10 km" .

Los factores considerados para dicho análisis son los siguientes:

Cálculo de la magnitud de los vientos de un ciclón

Los vientos de los ciclones tropicales son una gran masa de aire con corrientes en forma de remolino que giran en torno a un centro, donde la presión atmosférica es la más baja del entorno y con un diámetro del orden de 500 km.

Las masas de aire de un ciclón tropical en el hemisferio norte giran en dirección contraria al movimiento de las manecillas del reloj. Los vientos se dirigen hacia el centro del ciclón en un ángulo aproximado de 30° (con respecto a la tangente de sus isobaras).

La magnitud del viento puede calcularse a partir de un balance entre varias fuerzas que lo generan. Cuando se toman en cuenta las fuerzas debidas a la presión del aire, la forma curva de la región donde sopla y la rotación de la Tierra, se obtiene el viento que se denomina gradiente. El viento gradiente proporciona una buena aproximación al viento que generan los ciclones tropicales, a partir del cual, se calcula el viento máximo sostenido.

El viento sostenido (en m/s) más grande ocurre a una distancia R, desde el centro del ciclón tropical y se puede calcular con la siguiente expresión:

V= 20.1834 (1013 – p0)0.5(0.2618 R sen ø 0.50Vd)

Donde p0 es la presión en el centro del ciclón tropical en milibares (mb);
Vd la velocidad de desplazamiento del ciclón tropical (en km/h) y
ø es la latitud en el centro del ciclón (en grados).

Para estimar el valor R del radio de máximo viento (en km), se puede usar la siguiente expresión:

R=0.0007e0.01156p0

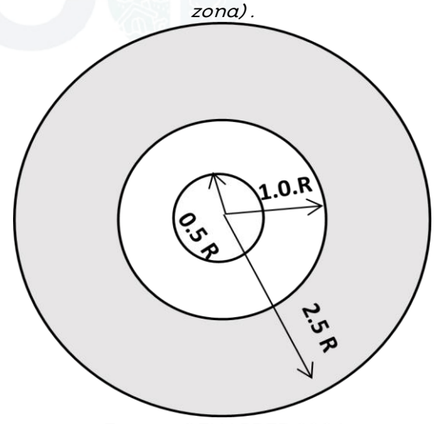
Donde:

p0 es la presión central,
e es la base del logaritmo natural (e = 2.71828...)

Zona del ciclón tropical con vientos fuertes

En la región cercana al centro del ciclón tropical se presentan los vientos más intensos, principalmente entre las distancias mitad del radio de máximo viento y el doble de dicho radio; es decir, entre 0.5R y 2.5R, siendo R el radio de máximo viento. Esta región con forma de anillo es donde se presentan los vientos de mayor magnitud.

Imagen. HDR-A-2. Localización del radio de máximos vientos (en color gris aparece el anillo que forma dicha zona) .



Fuente: CENAPRED,2006.

Estimación de la altura máxima de la marea de tormenta

La elevación h (en m) más alta que alcanza a ascender el nivel medio del mar por la marea de tormenta (amplitud de la marea de tormenta), puede ser calculada a partir de la velocidad V del viento sostenido (km/h) y del radio de máximo viento R (en km).

Con base en el análisis de mediciones sobre elevaciones de la marea de tormenta de algunos ciclones tropicales y de expresiones empíricas propuestas en Estados Unidos y en Japón, se obtuvo una expresión para conocer la amplitud máxima de la marea de tormenta debida a un ciclón tropical:

$$h=(0.03R+0.000119V2-1.4421)F$$

Donde:

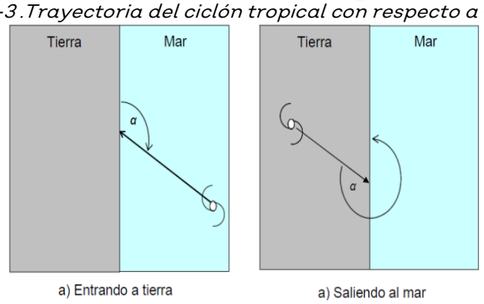
- h es la elevación (en metros) más alta que alcanza la marea de tormenta en el mar cerca de la costa.
- R es el radio de máximo viento (en km).
- V es la velocidad máxima del viento sostenido (en km/h) calculado a 10 m sobre la superficie media del mar a la distancia R del centro del ciclón tropical (puede obtenerse a partir de la presión central del ciclón tropical, radio de máximo viento, latitud del centro del ciclón tropical y la velocidad de traslación.
- F es un factor correctivo por dirección del viento.

El factor correctivo (F), se determina a partir del ángulo α que forma la dirección de desplazamiento del ciclón tropical con respecto a la línea de costa próxima al sitio de interés. Este factor se determina por medio de la expresión:

$$F=\begin{cases} 0.6(1+sen\alpha) \text{ si } 0°<\alpha<180° \\ 0.6 \text{ en otros casos} \end{cases}$$

En la imagen se muestra el ángulo α que existe en la trayectoria del ciclón tropical y la línea de costa, para dos casos distintos de dirección del desplazamiento del meteoro.

Imagen HDR-A-3 .Trayectoria del ciclón tropical con respecto a la línea de costa.



CENAPRED,2014.

En esta etapa se determinan las zonas inundables por marea de tormenta debidas a tormentas tropicales y a huracanes de distinta categoría.

Como la inundación por marea de tormenta se desarrolla durante varias horas, se considera que la velocidad de los flujos de agua marina hacia el continente es pequeña. A ello se debe que la superficie libre de la inundación sea casi horizontal y que tenga una elevación similar a la amplitud de la marea de tormenta.

Para determinar las elevaciones se usó información a través del Modelo Digital de Elevación.
Se establecieron 6 zonas de estudio antes este fenómeno las cuales son:

- Boca de Tomatlán
- Chimo
- Pérula
- La Manzanilla
- San Patricio Melaque
- Barra de Navidad

Tabla HDR-A. Clasificación de la inundación generada por la marea de tormenta.

Amplitud de marea de tormenta(m)	Categoría
<0.5	Somera
0.51 a 1.00	Baja
1.01 a 2.00	Moderada
2.01 a 3.50	Alta
3.51 a 5.00	Muy alta
>5.00	Extraordinaria

CENAPRED,2014.

Tabla HDR-A-1. Alturas de marea de tormenta en metros en Puerto Vallarta.

Intensidad	Categoría	Altura (m)
1	Depresión Tropical	Sin dato
2	Tormenta Tropical	5
3	Huracán 1	0
4	Huracán 2	0
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-2. Probabilidad de inundación por marea de tormenta en Puerto Vallarta.

Intensidad	Categoría	Probabilidad de ocurrencia anual
1	Depresión Tropical	0.667
2	Tormenta Tropical	0.333
3	Huracán 1	0
4	Huracán 2	0
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

Tabla HDR-A-3. Alturas de marea de tormenta en metros en Cabo Corrientes.

Intensidad	Categoría	Altura (m)
1	Depresión Tropical	Sin dato
2	Tormenta Tropical	4.6
3	Huracán 1	4.9
4	Huracán 2	5.3
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-4. Probabilidad de inundación por marea de tormenta en Cabo Corrientes.

Intensidad	Categoría	Probabilidad de ocurrencia anual
1	Depresión Tropical	0.444
2	Tormenta Tropical	0.444
3	Huracán 1	0.111
4	Huracán 2	0.111
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-5. Alturas de marea de tormenta en metros en La Huerta.

Intensidad	Categoría	Altura (m)
1	Depresión Tropical	Sin dato
2	Tormenta Tropical	4.1
3	Huracán 1	4.3
4	Huracán 2	4.9
5	Huracán 3	5.8
6	Huracán 4	7
7	Huracán 5	9.4

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-6. Probabilidad de inundación por marea de tormenta en La Huerta.

Intensidad	Categoría	Probabilidad de ocurrencia anual
1	Depresión Tropical	0.231
2	Tormenta Tropical	0.308
3	Huracán 1	0.154
4	Huracán 2	0.231
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0.077

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-7. Alturas de marea de tormenta en metros en Cihuatlán.

Intensidad	Categoría	Altura (m)
1	Depresión Tropical	Sin dato
2	Tormenta Tropical	3.5
3	Huracán 1	4
4	Huracán 2	4.8
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

Tabla HDR-A-8. Probabilidad de inundación por marea de tormenta en Cihuatlán..

Intensidad	Categoría	Probabilidad de ocurrencia anual
1	Depresión Tropical	0.286
2	Tormenta Tropical	0.286
3	Huracán 1	0.286
4	Huracán 2	0.143
5	Huracán 3	0
6	Huracán 4	0
7	Huracán 5	0

SOLUCIONES SIG,2024 con datos de Atlas Nacional de Riesgos.

6.1.1.4. Peligro

Los mapas resultantes del análisis permitirán localizar los lugares de elevación topográfica contiguos al mar, que tienen mayor probabilidad de ser inundados a través de la altura máxima de la marea de tormenta para cada tipo de ciclón tropical.

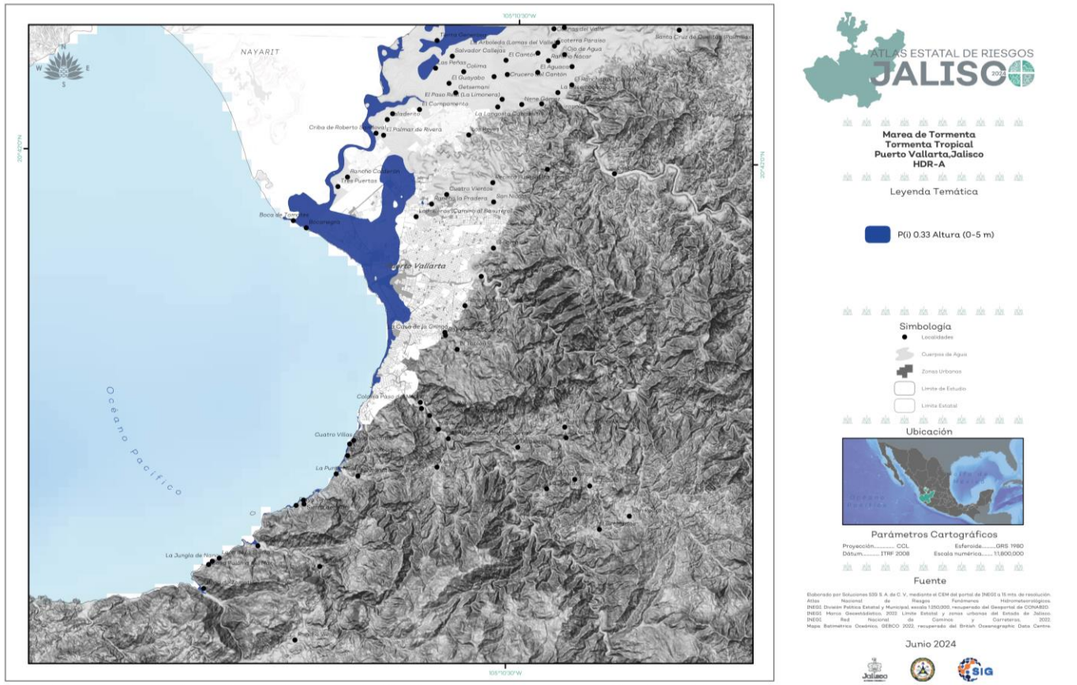
Es importante tener en cuenta que no se considera a los ciclones tropicales con intensidad menor a las de una tormenta tropical (depresión o perturbación tropical) ya que no producen ascensos de importancia del nivel medio del mar.

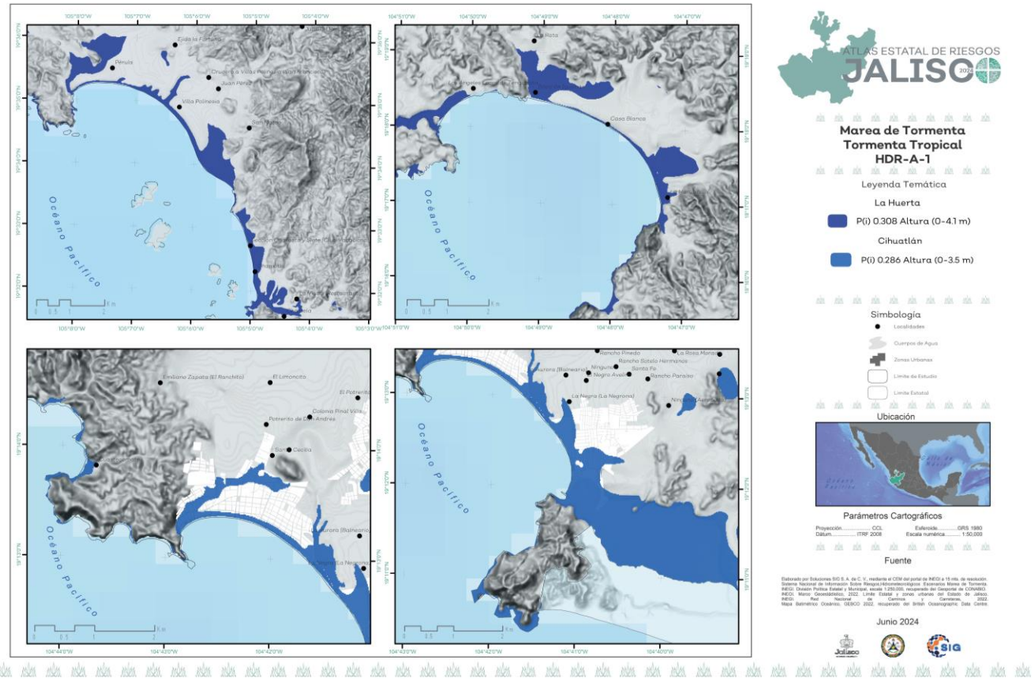
Peligro por Tormenta Tropical

El mapa HDR-A- muestra las zona que representa la zona de peligro entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 5 m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a la altura máxima esperada es de 5 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.333 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio de Puerto Vallarta en donde encontramos a la localidad Boca de Tomatlán.

Para el municipio de Cabo Corrientes en la localidad de Chimo la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 4m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.6 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.444 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.

El mapa HDR-A-1 muestra 4 vistas ; las vistas de la parte superior corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 a 4 m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.1 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.308 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio; mientras que las vistas inferiores corresponden al municipio de Cihuatlán en donde se encuentran las localidades San Patricio, Melaque y Barra de Navidad en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 3m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 3.5 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.286 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.





Peligro por Huracán Categoría 1

Para el municipio de Cabo Corrientes en la localidad de Chimo la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 4 m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.9m con una probabilidad de ocurrencia de 0.111 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.

El mapa HDR-A-2 muestra 4 vistas ; las vistas de la parte superior corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 4m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.3 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.154 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio; mientras que las vistas inferiores corresponden al municipio de Cihuatlán en donde se encuentran las localidades San Patricio, Melaque y Barra de Navidad en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 3m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.0 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.286 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.

Peligro por Huracán Categoría 2

Para el municipio de Cabo Corrientes en la localidad de Chimo la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 a 5 m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 5.3 m con una probabilidad de ocurrencia de 0.111 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.

El mapa HDR-A-3 muestra 4 vistas ; las vistas de la parte superior corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 4m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.9m con una probabilidad de ocurrencia de 0.231 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio; mientras que las vistas inferiores corresponden al municipio de Cihuatlán en donde se encuentran las localidades San Patricio, Melaque y Barra de Navidad en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 4 m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 4.8m con una probabilidad de ocurrencia de 0.143 y corresponde a una categoría muy alta en el municipio.

Peligro por Huracán Categoría 3

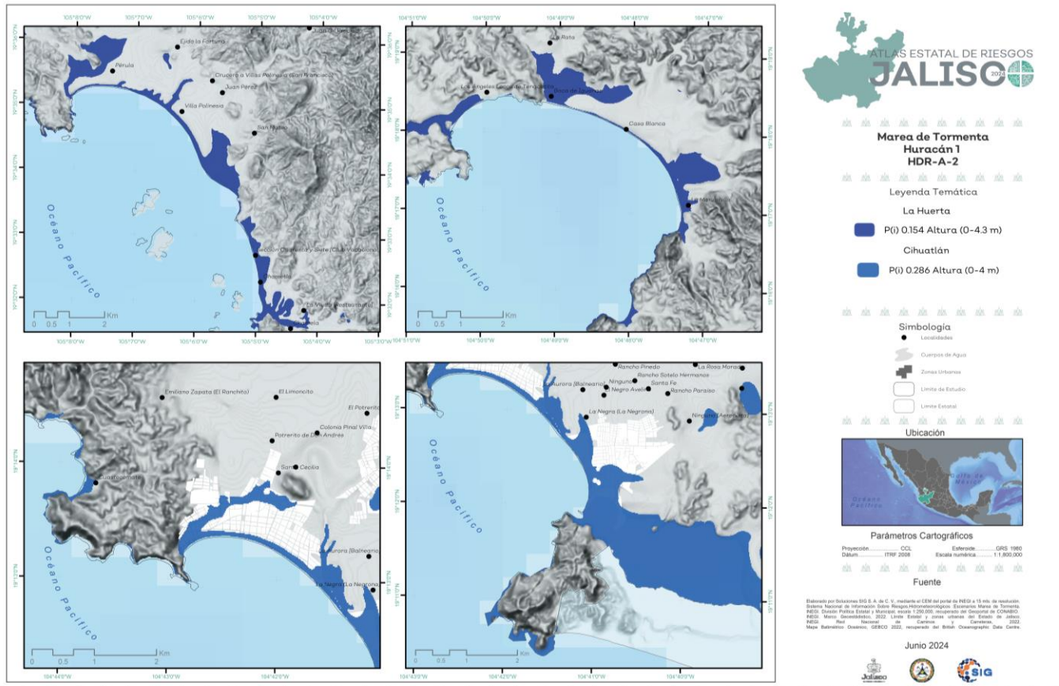
El mapa HDR-A-4 muestra 2 vistas que corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 5m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 5.8m con una probabilidad de ocurrencia de 0 y corresponde a una categoría extraordinaria en el municipio.

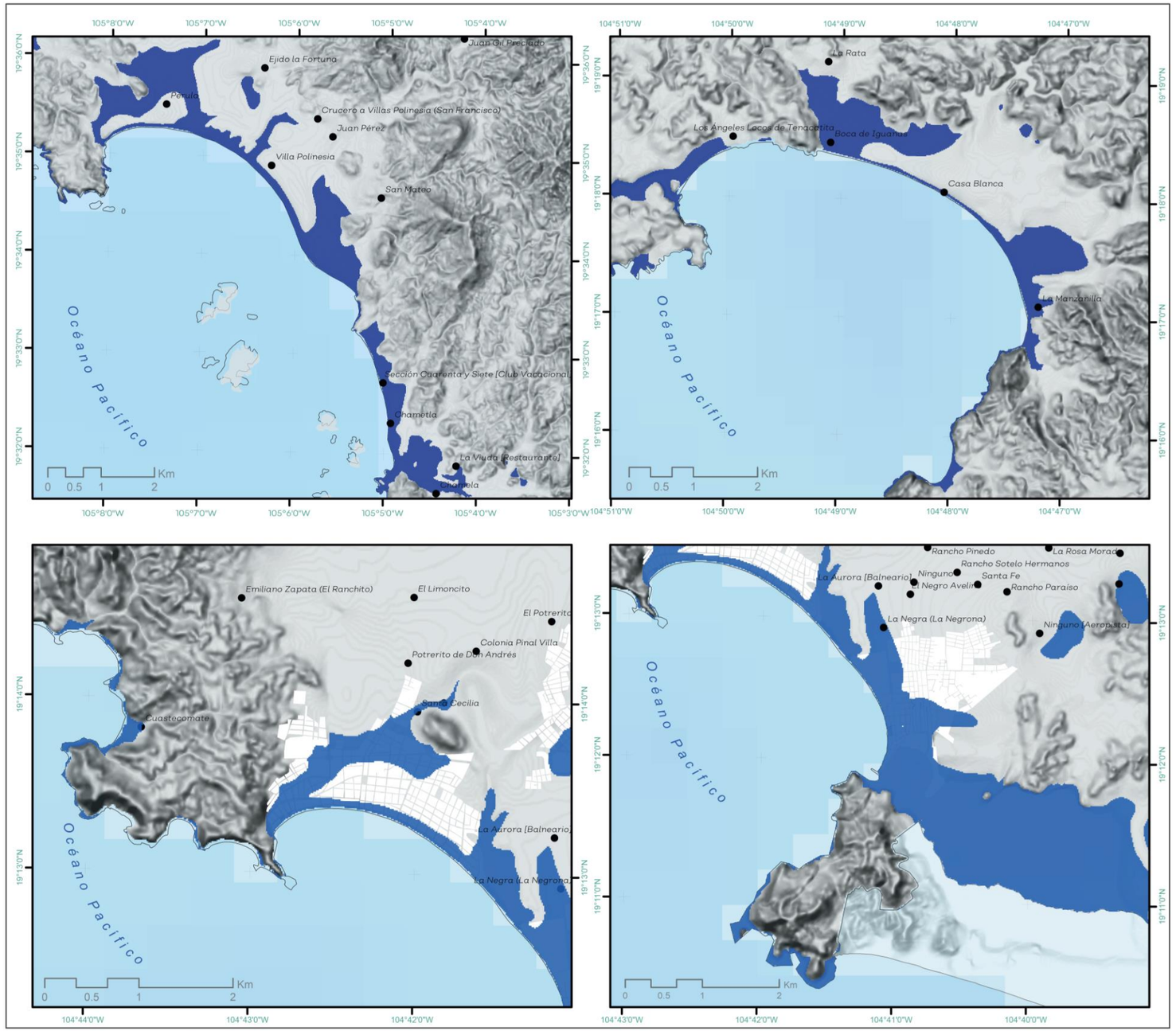
Peligro por Huracán Categoría 4

El mapa HDR-A-5 muestra 2 vistas que corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 6m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 7.0m con una probabilidad de ocurrencia de 0 y corresponde a una categoría extraordinaria en el municipio.

Peligro por Huracán Categoría 5

El mapa HDR-A-6 muestra 2 vistas que corresponden al municipio de La Huerta en donde encontramos a las localidades Pérula y la Manzanilla en donde la zona de peligro se encuentra entre la línea de costa y la elevación topográfica comprendida entre los 0 y 9m de altura ya que son las áreas susceptibles a ser afectadas por el fenómeno debido a que la altura máxima esperada es de 9.4m con una probabilidad de ocurrencia de 0.077 y corresponde a una categoría extraordinaria en el municipio.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISCO 2024

Marea de Tormenta Huracán 2 HDR-A-3

Leyenda Temática

La Huerta

P(i) 0.231 Altura (0-4.9 m)

Cihuatlán

P(i) 0.143 Altura (0-4.8 m)

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Limite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



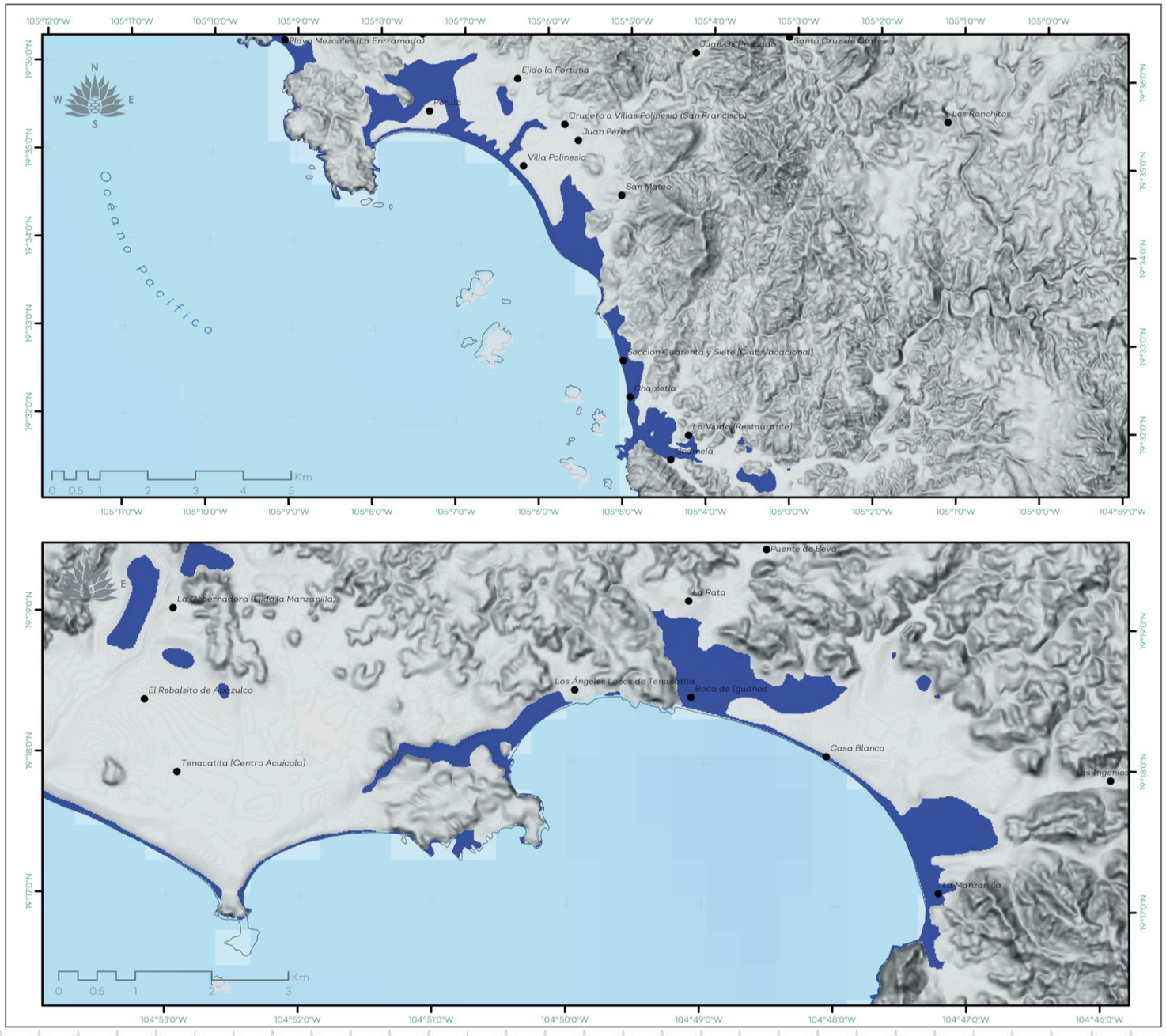
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos,Hidrometeorológicos :Escenarios Marea de Tormenta. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Huracán 3
La Huerta, Jalisco
HDR-A-4

Leyenda Temática

P(i) 0 Altura (0-5.8 m)

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



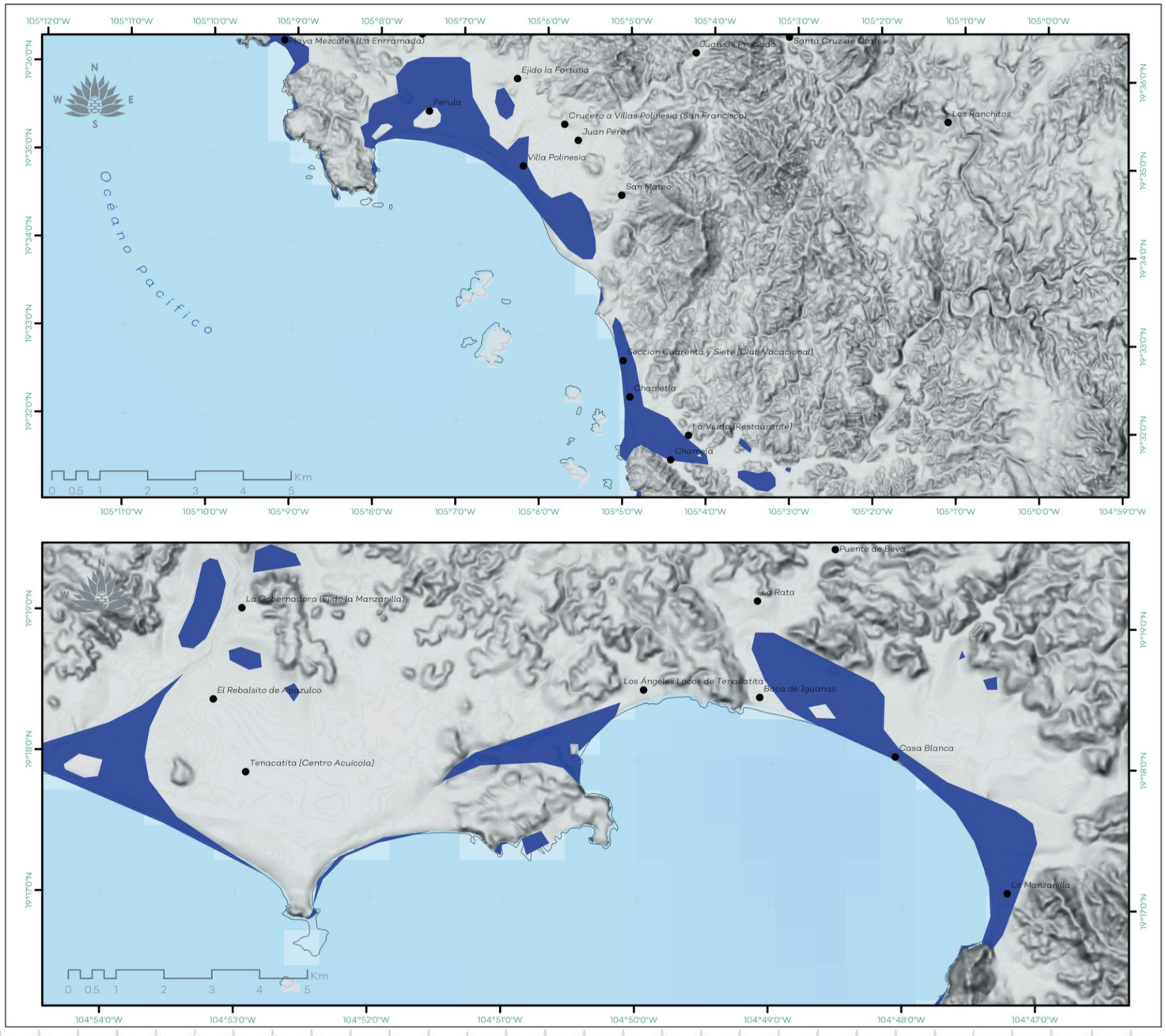
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos.Hidrometeorológicos :Escenarios Marea de Tormenta. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Huracán 4
La Huerta, Jalisco
HDR-A-5

Leyenda Temática

P(i) 0 Altura (0-7.0 m)

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Limite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



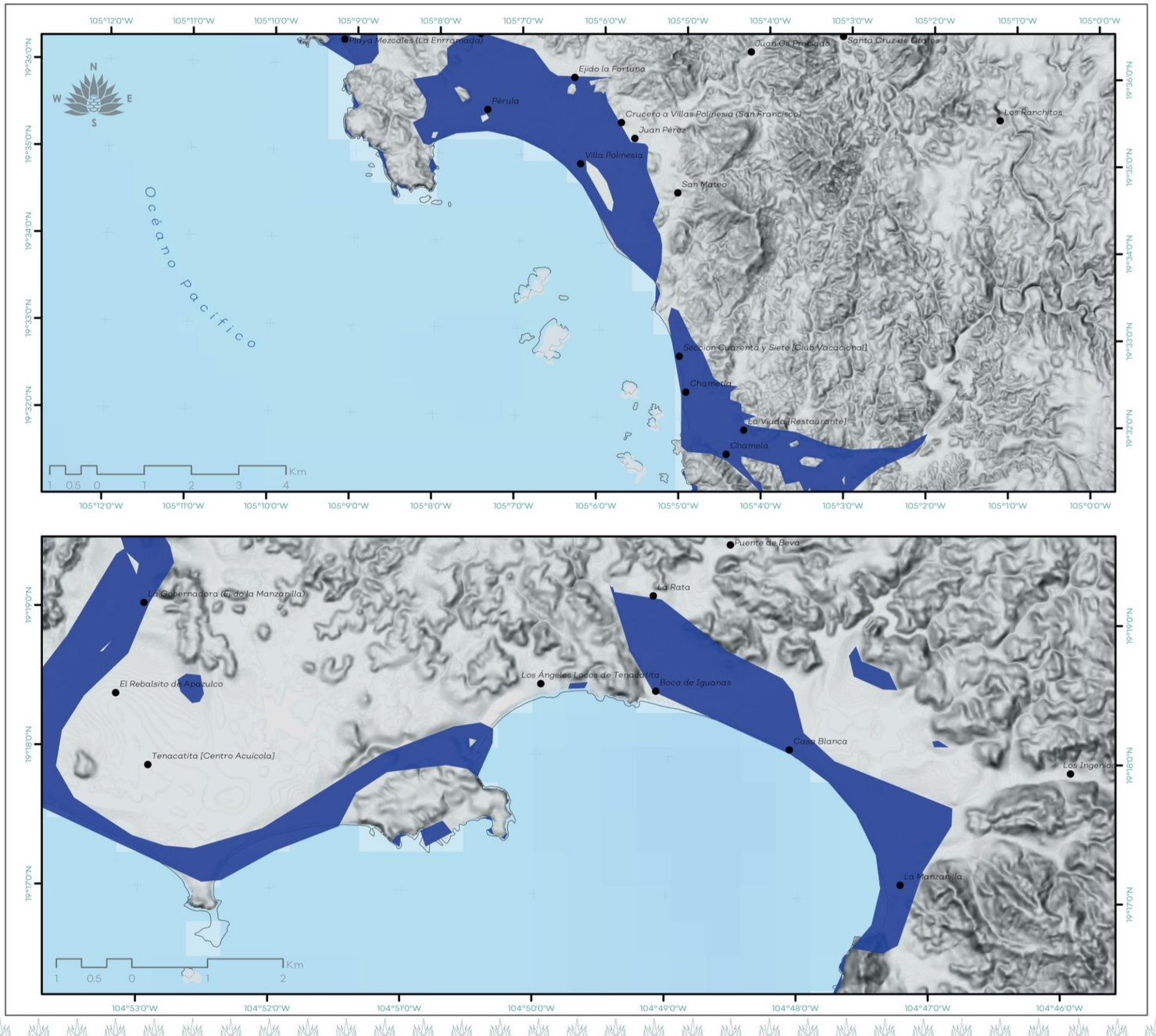
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos,Hidrometeorológicos :Escenarios Marea de Tormenta. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Huracán 5
La Huerta, Jalisco
HDR-A-6

Leyenda Temática

P(i) 0.077 Altura (0-9.4 m)

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Sistema Nacional de Información Sobre Riesgos,Hidrometeorológicos :Escenarios Marea de Tormenta. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.1.5. Vulnerabilidad

En este documento se analizó al menaje existente en el interior de las viviendas como elemento de riesgo, por lo que la vulnerabilidad se referirá únicamente a este aspecto. El daño al menaje se plantea en función de la profundidad de la inundación que se presentaría en ellas. Debido a que se hace el supuesto de que la marea de tormenta ocurre gradualmente dando tiempo para que las autoridades evacuen a las personas ante la presencia del fenómeno, por lo que la vulnerabilidad es física.

A cada profundidad de inundación dentro de la vivienda, le corresponde un porcentaje del daño total del menaje que existe en su interior.

Para la profundidad de inundación costera que aparece en el mapa de peligro en estudio se determina la vulnerabilidad de las viviendas. Esta corresponde al costo total de los daños a las viviendas ubicadas dentro de la zona inundada marcada en el mapa de peligro.

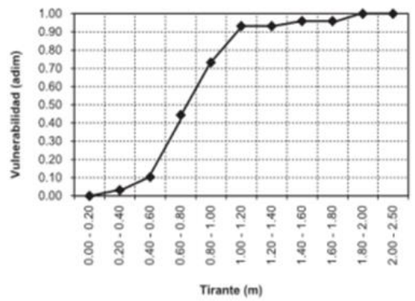
En la imagen HDR-A-4 se presentan las funciones de vulnerabilidad para cinco tipos de viviendas con base en los materiales utilizados en sus techos y muros.

De acuerdo con los datos obtenidos del mapa VUL-FIS-B en donde se describe la Tipología de vivienda existente en el estado de Jalisco que corresponde a viviendas tipo IV y V, para el presente estudio se realizó el análisis planteando que las viviendas se encuentran a nivel del terreno es decir, sin desplante, debido la heterogeneidad de dicho dato a nivel manzana, entendiendo así que los niveles de inundación corresponden a los plasmados en los mapas de peligro obteniendo así la función de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda corresponde a los siguientes valores para cada municipio analizado el municipio de Puerto Vallarta se encuentra en una vulnerabilidad 1.00 para tormenta tropical, el municipio de Cabo corrientes vulnerabilidad 1.00, el municipio la Huerta 1.00 y el municipio Cihuatlán 0.95.

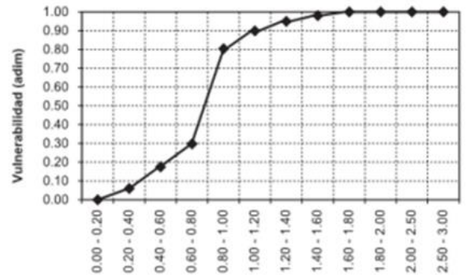
Para los fenómenos de las categorías correspondientes a huracán 1, huracán 2, huracán 3, huracán 4 y huracán 5 todos los municipios tienen un valor de vulnerabilidad de 1.00 ya que el tirante se encuentra por encima de los 4 m.

Imagen HDR–A-4. Función de vulnerabilidad e inundación por tipo de vivienda.

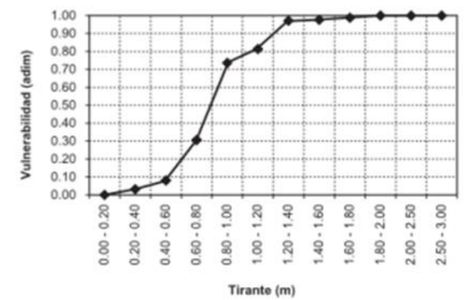
Función de vulnerabilidad para vivienda tipo 1



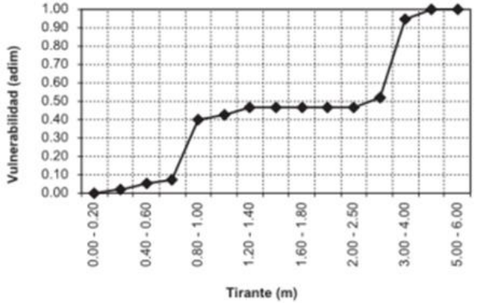
Función de vulnerabilidad para vivienda tipo II



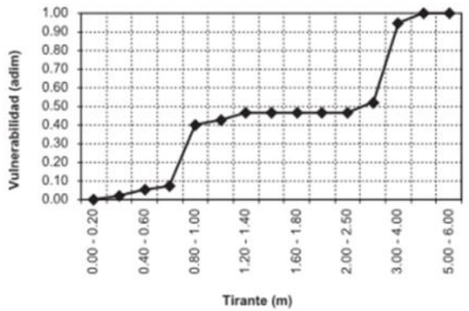
Función de vulnerabilidad para vivienda tipo III



Función de vulnerabilidad para vivienda tipo IV



Función de vulnerabilidad para vivienda tipo V



CENAPRED,2014.

6.1.1.6. Riesgo

Los mapas de riesgo (R) por inundación se obtienen combinando los mapas de peligro (P) y de vulnerabilidad (V). La fórmula utilizada para calcular el riesgo para un periodo de retorno de interés específico es:

$$R(i) = C\ P(i)\ V(i)$$

En donde:

R(i) es el Riesgo para el próximo evento con periodo de retorno "i" en pesos.
C es el costo de la vivienda en función de su tipología en pesos.
P(i) es la probabilidad de ocurrencia del evento con periodo de retorno (i), adimensional.
V(i) es la vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda debido a una inundación, adimensional.

El riesgo tendrá las unidades de los bienes expuestos, expresadas en unidades monetarias, en este caso pesos, ya que la vulnerabilidad y el peligro son variables sin dimensiones. Se estimó el porcentaje de daño en el menaje de las viviendas, es decir, el porcentaje de pérdidas, con el tirante de agua simulando el cuasi peor escenario es decir que las viviendas de cada manzana no cuenten con desplante y la vulnerabilidad de éstas según su tipo (I, II, III, IV o V). Con este porcentaje y el menaje estimado para cada tipo de vivienda se calculó un monto el valor esperado de los daños o pérdidas a nivel localidad, y para los municipios de Puerto Vallarta y Cihuatlán a nivel manzana ya que la cartografía existente lo permite; los demás resultados se muestran en las infografías correspondientes.

Imagen HDR-A-5. Sistemas Expuestos en Boca de Tomatlán por tormenta tropical.

Sistemas expuestos a Marea de tormenta

Viviendas	Población	Pérdida de Menaje
269	585	$ 8,961,032.99

Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-6. Sistemas Expuestos en Puerto Vallarta por tormenta tropical.

Sistemas expuestos a Marea de tormenta

Viviendas	Población	Escuelas
24095	41045	27

Empleados	Producción Anual	Centros de Salud
44629	$ 18,692,108,124	6

Soluciones SIG,2024.

Imagen HDR-A-7. Sistemas Expuestos en Chimo por tormenta tropical.

Sistemas expuestos a Marea de tormenta

Viviendas	Población	Pérdida de Menaje
87	221	$ 2,028,058.35

Empleados	Producción Anual	Centros de Salud
6	$ 2,042,068	0

Escuelas
0

Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-8. Sistemas Expuestos en Pérula por tormenta tropical.

Sistemas expuestos a Marea de tormenta

Viviendas	Población	Pérdida de Menaje
612	1076	$ 16,454,769

Empleados	Producción Anual	Centros de Salud
75	$ 15,035,842	0

Escuelas
0

Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-9. Sistemas Expuestos en La Manzanilla por tormenta tropical.

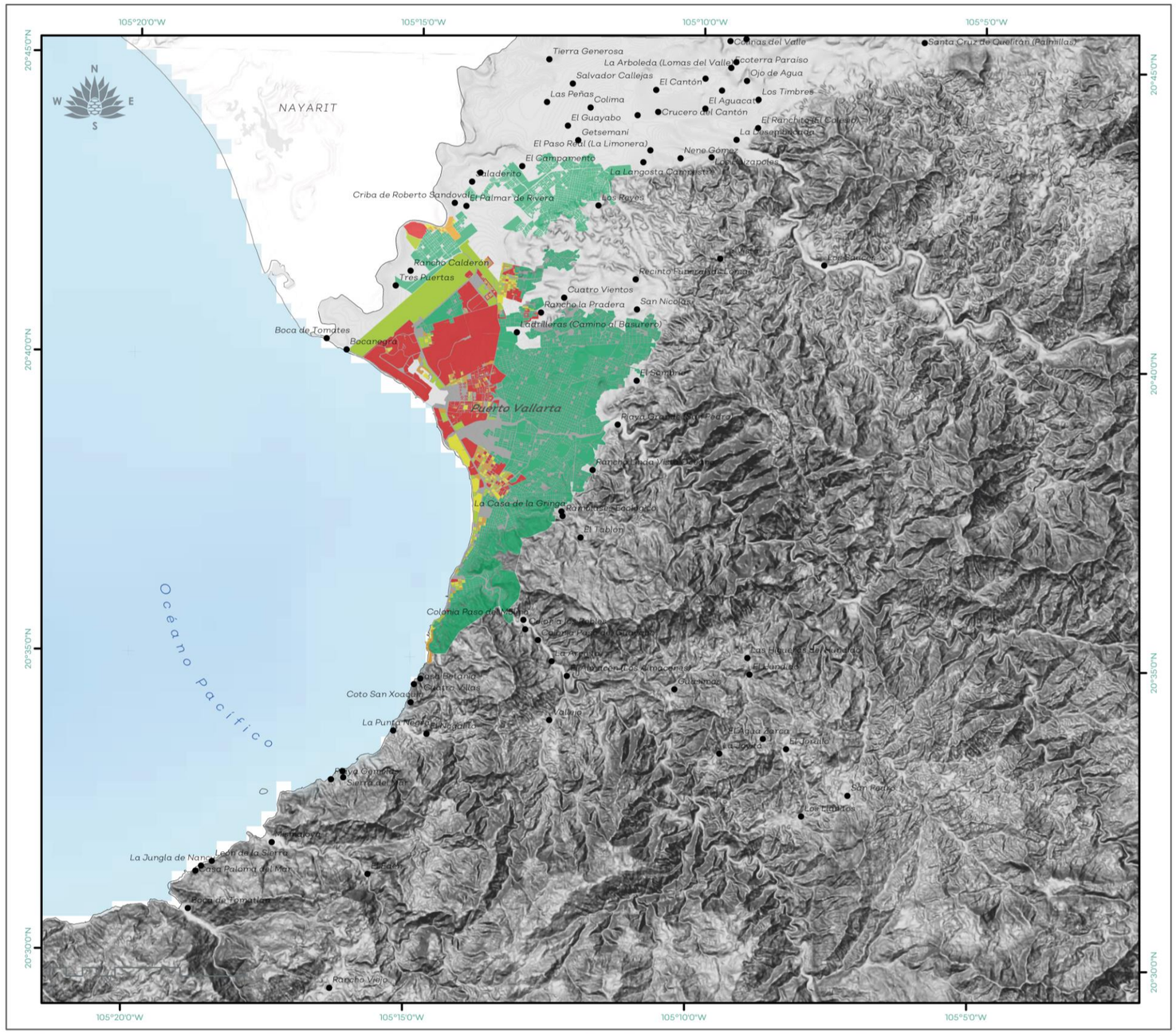
Sistemas expuestos a Marea de tormenta

Viviendas	Población	Pérdida de Menaje
1088	1592	$ 26,039,485.472

Empleados	Producción Anual	Centros de Salud
431	$ 151,250,166	1

Escuelas
1

Soluciones SIG, 2024.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Riesgo por Tormenta Tropical
Puerto Vallarta, Jalisco
HDR-A-7

Leyenda Temática

Pérdidas Esperadas

- $0
- Hasta $459,001
- Hasta $961,631
- Hasta $1,942,714
- Hasta $17,374,278

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



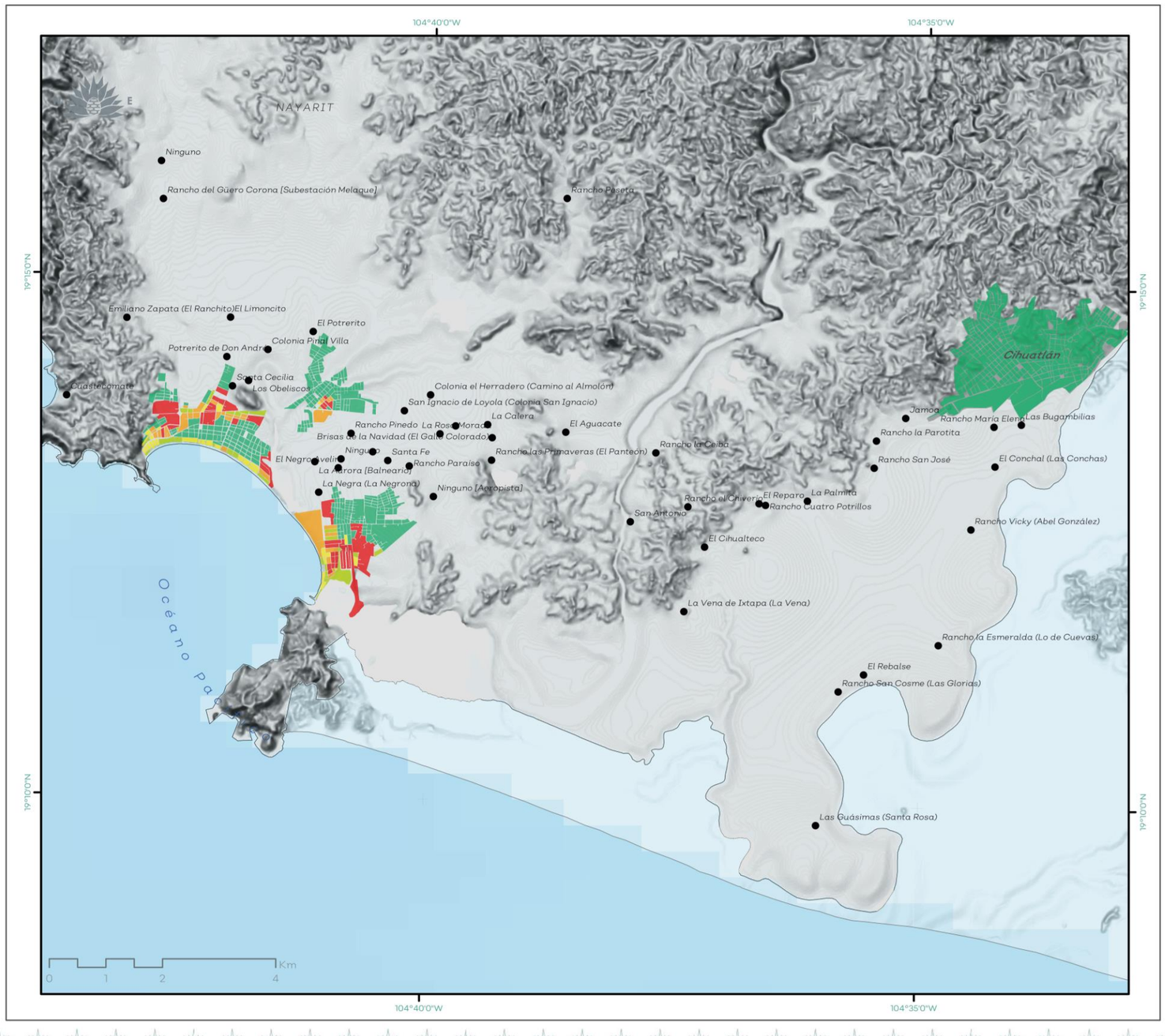
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Con Base en Guía para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales (Fenómenos Hidrometeorológicos).
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Riesgo por Tormenta Tropical
Cihuatlán,Jalisco
HDR-A-8

Leyenda Temática

Pérdidas Esperadas

- $0
- Hasta $ 66,789
- Hasta $303,040
- Hasta $558,061
- Hasta $2,888,394

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

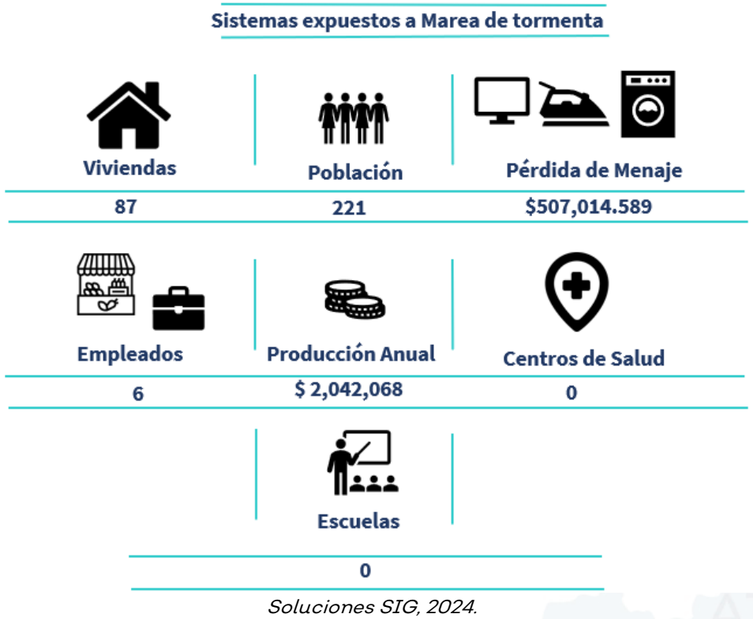
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Con Base en Guía para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales (Fenómenos Hidrometeorológicos).
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

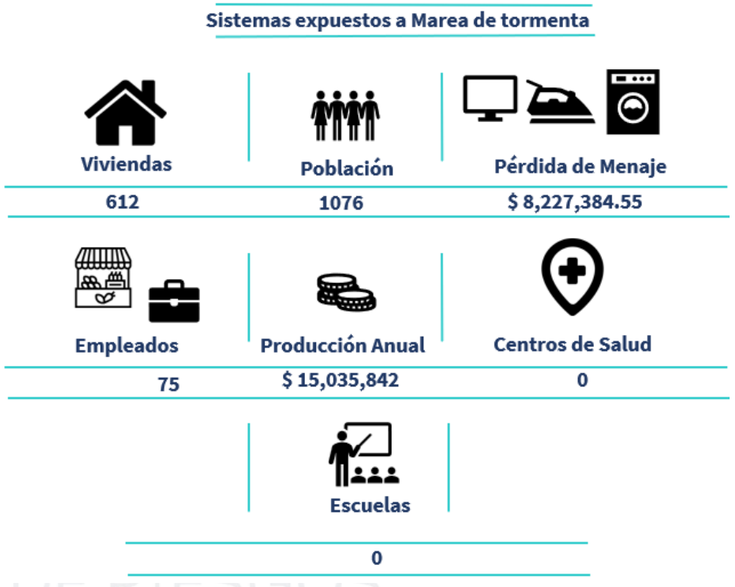
Junio 2024

Imagen HDR-A-10. Sistemas Expuestos en Chimo por Huracán categoría 1.



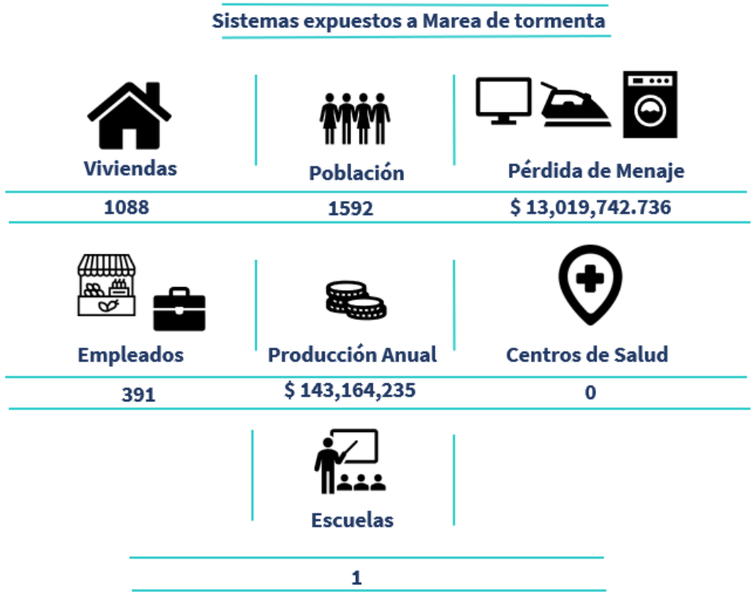
Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-11. Sistemas Expuestos en Pérula por Huracán categoría 1.

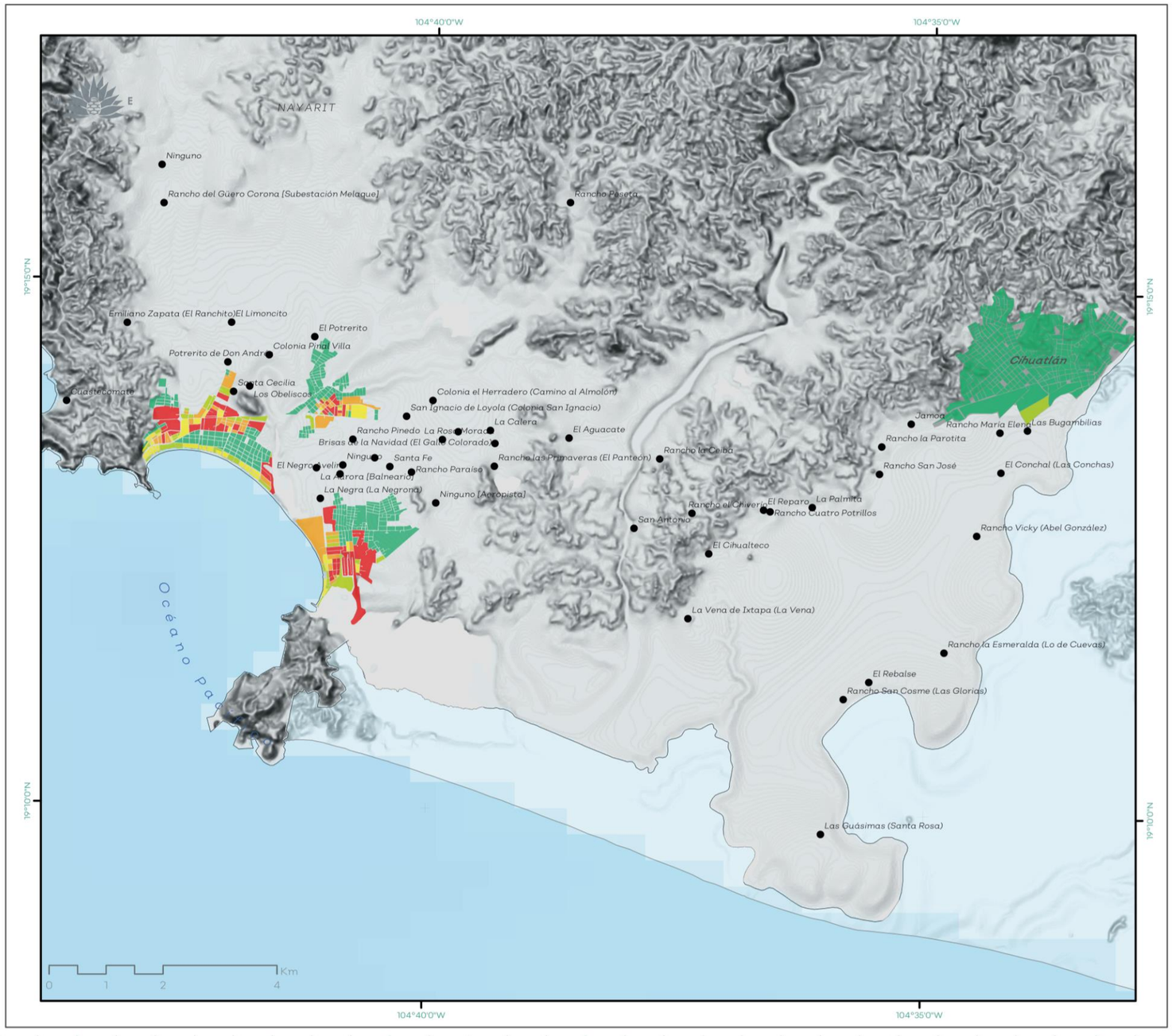


Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-1.2 Sistemas Expuestos en La Manzanilla por Huracán categoría 1.



Soluciones SIG,2024.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Riesgo por Huracán 1
Cihuatlán, Jalisco
HDR-A-9

Leyenda Temática
Pérdidas Esperadas

- 0
- $ 70,304
- $357,960
- $ 595,475
- $ 3,040,415

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

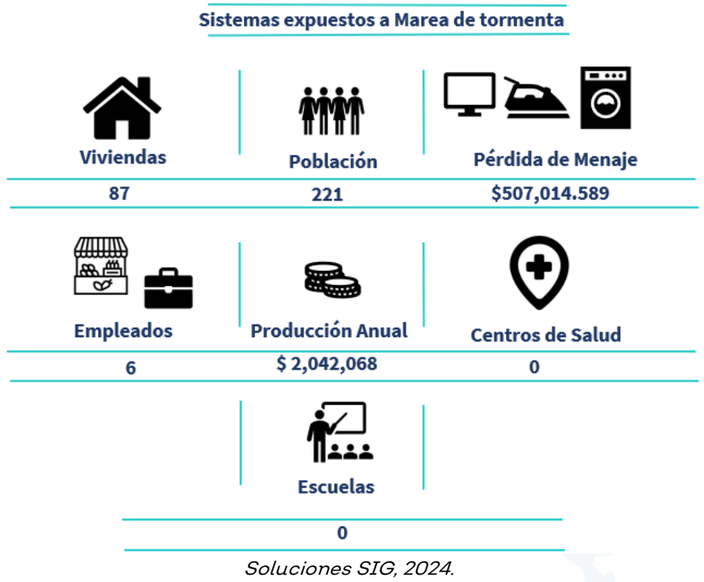
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Con Base en Guía para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales (Fenómenos Hidrometeorológicos).
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Imagen HDR-A-13. Sistemas Expuestos en Chimo por Huracán categoría 2.



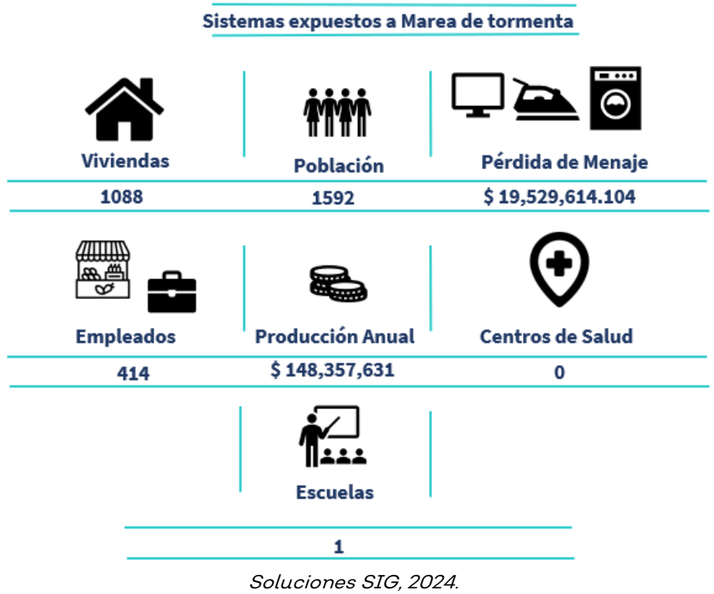
Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-14. Sistemas Expuestos en Pérula por Huracán categoría 2.



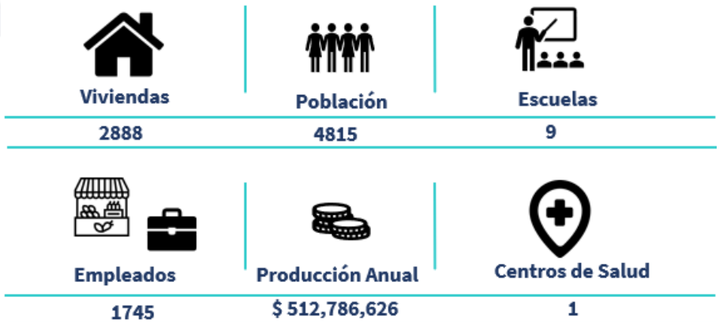
Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-15. Sistemas Expuestos en La Manzanilla por Huracán categoría 2.

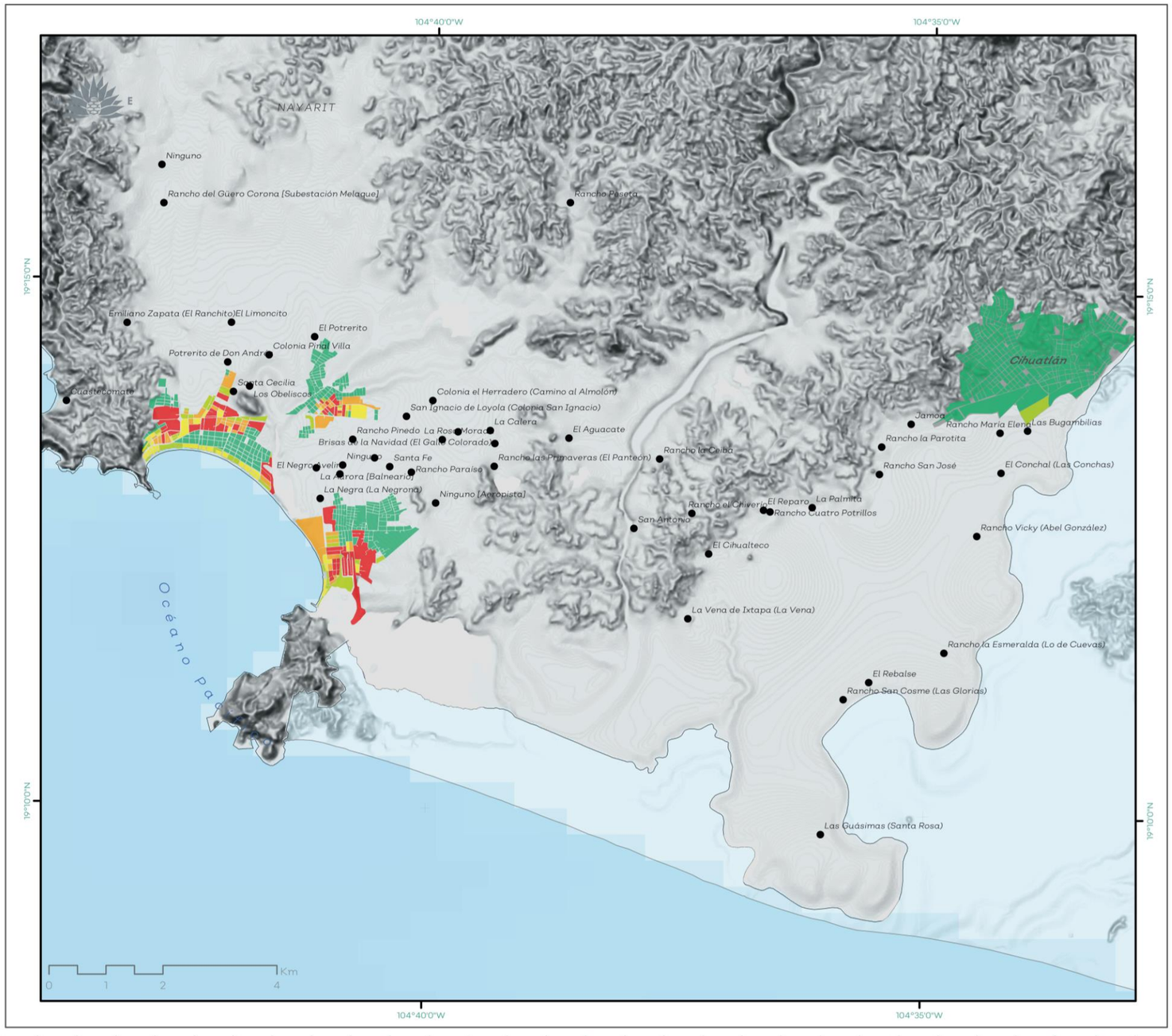


Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-16. Sistemas Expuestos en Cihuatlán por Huracán categoría 2.



Soluciones SIG, 2024.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Marea de Tormenta
Riesgo por Huracán 2
Cihuatlán,Jalisco
HDR-A-10

Leyenda Temática

Pérdidas Esperadas

- 0
- $ 35,152
- $178,980
- $297,738
- $1,520,208

Simbología

- Localidades
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Con Base en Guía para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales (Fenómenos Hidrometeorológicos).
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

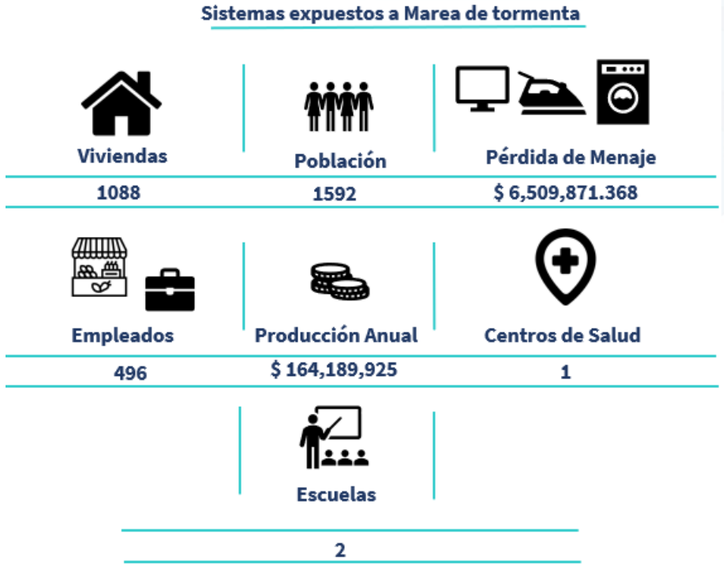
Junio 2024

Imagen HDR-A-17. Sistemas Expuestos en Pérula por Huracán categoría 5.



Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-A-18. Sistemas Expuestos en La Manzanilla por Huracán categoría 5.



Soluciones SIG, 2024.

6.1.1.7. Propuestas de Reducción del Riesgo

Infraestructura de Protección Costera: Diques y Barreras: Construir diques y barreras costeras puede ayudar a reducir el impacto de las mareas de tormenta al detener o disipar las olas y la inundación.

Reforzamiento Estructural: Fortalecer edificios, puentes y otras infraestructuras para resistir la fuerza de las mareas de tormenta.

Planificación Urbana y Zonificación: Evitar Construcciones en Zonas Vulnerables: Evitar la construcción en áreas propensas a inundaciones por mareas de tormenta.

Zonificación Adecuada: Establecer zonas de uso del suelo que limiten el desarrollo en áreas de alto riesgo.

Sistemas de Alerta Temprana: Monitoreo y Alertas: Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para detectar mareas de tormenta y emitir alertas tempranas a las comunidades costeras.

Educación y Preparación:

Concientización Pública: Informar a la población sobre los riesgos de las mareas de tormenta y cómo prepararse.

Simulacros de Evacuación: Realizar ejercicios de evacuación para que las personas sepan cómo actuar en caso de una marejada ciclónica.

Recuperación y Reconstrucción:

Restauración Rápida: Después de una marea de tormenta, rehabilitar la infraestructura dañada y proporcionar apoyo a las comunidades afectadas.

Cooperación Internacional:

Intercambio de Experiencias: Colaborar con otros países y organizaciones para compartir conocimientos y mejores prácticas en la gestión de mareas de tormenta.

En conjunto, estas medidas pueden ayudar a reducir los riesgos y proteger a las comunidades costeras durante los eventos de mareas de tormenta.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

6.1.2. Inundaciones fluviales

6.1.2.1. Introducción

Una inundación fluvial ocurre cuando un río desborda sus riberas y el agua se extiende por el terreno cercano al cauce. Las inundaciones fluviales pueden ser causadas por diferentes factores, como lluvias intensas, deshielo rápido, rotura de presas o diques, fenómenos naturales como huracanes o tsunamis o por construcciones humanas que alteran el flujo natural del río. Las inundaciones fluviales son uno de los riesgos naturales más comunes y destructivos en el mundo; pueden provocar pérdida de vidas humanas, animales y vegetales, así como daños materiales, sanitarios, ambientales y sociales. Los factores que influyen en la peligrosidad por inundación son aquellos que determinan la probabilidad y la intensidad de una crecida de agua que pueda desbordar el cauce de un río, un arroyo o una corriente. Estos factores pueden ser de origen natural o antrópico (causado por el ser humano).

Imagen HDR-B-1. Factores que provocan Inundaciones



Fuente: Cenapred 2018

En la realización del atlas de riesgo, se utilizan los periodos de retorno en inundaciones, los cuales son una medida estadística que indica la probabilidad de que ocurra una creciente de cierta magnitud en un año determinado. Se expresa en años y se calcula a partir del análisis de la frecuencia y la intensidad de las lluvias o las descargas de los ríos. Por ejemplo, un periodo de retorno de 100 años significa que hay una probabilidad del 1% de que se produzca una inundación de esa magnitud en un año cualquiera. No significa que la inundación ocurra cada 100 años exactamente, sino que es una estimación basada en la historia hidrológica de la zona.

6.1.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Para elaborar los mapas de peligro de inundación se siguió la metodología propuesta por CENAPRED. Esta metodología consiste en los siguientes pasos:

- **Identificación de la zona de estudio:** se selecciona el área que se quiere analizar, considerando su ubicación geográfica, su población, su infraestructura y sus antecedentes de inundaciones.
- **Obtención y procesamiento de la información:** se recopila y organiza la información disponible sobre la zona de estudio, como datos climatológicos, hidrológicos, topográficos, cartográficos, demográficos, socioeconómicos, etc.
- **Modelación hidráulica:** se utiliza un software especializado para simular el comportamiento del agua en el cauce y en la zona inundable, considerando diferentes escenarios de precipitación y caudal. Se obtienen como resultado mapas de tirante (altura del agua) y velocidad del agua para cada escenario.
- **Evaluación del peligro:** se establece un criterio para clasificar el nivel de peligro de inundación en función del tirante y la velocidad del agua. Se asignan diferentes colores a cada nivel de peligro y se generan los mapas correspondientes.

Metodología

Un modelo hidráulico de inundaciones es una forma simplificada y matemática de representar el comportamiento del agua en un cauce o una cuenca ante una lluvia o una rotura de presa. Permite conocer el tirante, la velocidad, el caudal y el nivel del agua en diferentes puntos y momentos. El objetivo es identificar y cuantificar las zonas con riesgo de inundación y proponer medidas de prevención y mitigación.

La primera etapa consistió en identificar la cuenca hidrológica donde se ubican las corrientes principales del área de estudio, su red y distribución de drenaje; calcular su pendiente, área, longitud del cauce y precipitación esperada para varios periodos de retorno. Después se calculó el gasto, que es la cantidad de agua que pasa por un río en un tiempo y lugar determinados (CENAPRED, 2006). Para estimar los caudales o gasto de diseño, se usaron los Mapas de isoyetas, hechos por el Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. y el CENAPRED; además de Curvas i - d – Tr.

El valor del gasto de caudal se obtiene a través de los siguientes datos:

a) Tiempo de concentración

El Tc se refiere al tiempo en que tardan en manifestarse los efectos desde que comienza a llover hasta que se genera el escurrimiento (CENAPRED, 2013). El valor del Tc se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$Tc = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

L= longitud del cauce principal (m)

S=pendiente del cauce principal

b) Precipitación

El valor de la precipitación se obtuvo a través del SIATL. Estos datos a su vez se elaboraron con base en la extrapolación e interpolación de datos históricos de 50 años de estaciones climatológicas del Servicio Meteorológico Nacional que realizó el CENAPRED, los cuales consisten en el valor de la lámina de lluvia con una duración de 1 y 24 horas con 10 períodos de retorno. En el presente trabajo se consideraron los periodos de retorno de 2, 5, 10, 50, 100, 200 y 500 años.

Para calcular la lámina de lluvia para cada período de retorno se utilizó la siguiente fórmula (CENAPRED, 2011):

$$hpTc = \frac{hp24 - hp1}{3.1781}\left(Ln\ (Tc)\right) + hp1$$

Dónde:

hpTc= valor de la precipitación (mm) para una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca en estudio (mm)

hp24= valor de la precipitación (mm) para una duración de 24 horas y un determinado periodo de retorno

hp1=valor de la precipitación (mm) para una duración de 1 hora y un determinado periodo de retorno

Tc= tiempo de concentración de la cuenca en estudio
Posteriormente es necesario definir la forma del hidrograma de escurrimiento. El hidrograma, muestra la respuesta hidrológica de una cuenca ante una lluvia determinada y se puede obtener a partir de los datos de aforos o de modelos hidrológicos. El hidrograma es útil para analizar el comportamiento hidráulico del cauce y para predecir el riesgo y el impacto de las inundaciones en diferentes escenarios. El hidrograma es una representación gráfica del caudal o el volumen de agua que pasa por un punto de un río o una cuenca en función del tiempo.

El hidrograma unitario SCS es un hidrograma unitario sintético que fue desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (SCS) a partir de una serie de hidrogramas observados en cuencas de diferentes tamaños y características. El método del hidrograma unitario SCS consta de dos partes: la determinación de la escorrentía efectiva y la estimación del caudal máximo del hidrograma. Para determinar la escorrentía efectiva, se usa el concepto de curva número (CN). El número de curva varía entre 0 y 100, valores cercanos a 0 representan condiciones de permeabilidad muy alta, mientras que valores cercanos a 100 representan condiciones de impermeabilidad lo que genera toda la escorrentía posible. Para obtener el número de curva, se realizó un análisis empírico basado en el método de Aparicio (1987), tomando en cuenta el uso de suelo, pendientes y tipo de suelo.

Para obtener la escorrentía efectiva se utiliza las siguientes fórmulas:

$$CN = \frac{25400}{254 + S}$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

$$Qe = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde:

Qe – Escorrentía superficial, mm,
P - Precipitación, mm,
S – Diferencia potencial máxima entre P y Q, mm.

Para estimar la forma y el caudal máximo del hidrograma, se usa un hidrograma triangular que se asemeja a una curva adimensional derivada de muchos hidrogramas observados. El hidrograma tiene una zona de ascenso que corresponde al 37% del volumen de escorrentía y una zona de descenso que corresponde al 63%. El caudal máximo, el tiempo pico y el tiempo de base del hidrograma se pueden estimar con las siguientes fórmulas:

$$T_p = \frac{d_e}{2} + T_r$$

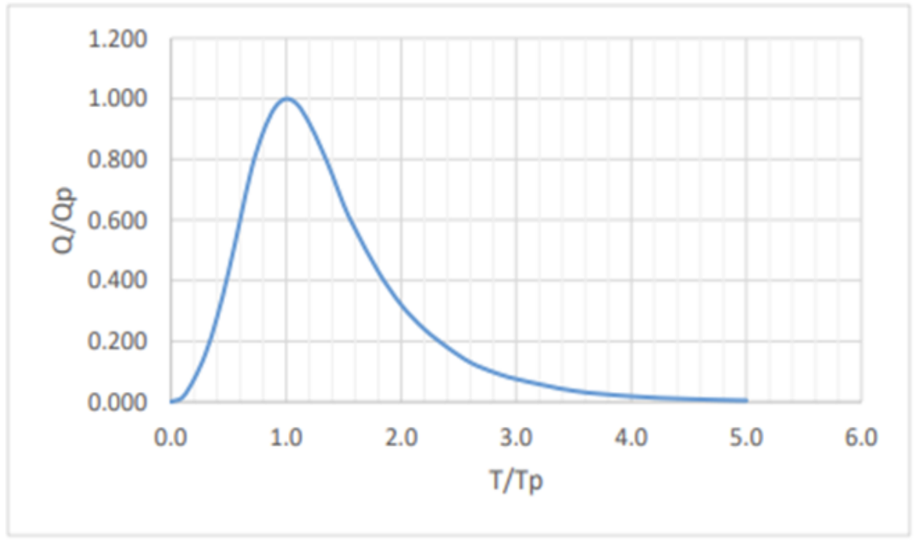
$$T_b = \frac{8}{3} T_p$$

$$Q_p = 0.208 \frac{A_c}{T_p}$$

Donde:
Qp – Caudal pico (m 3 /s/mm),
Ac – Área de la cuenca (km2)
Tp – Tiempo pico (horas)
Tb - tiempo de base (horas).

Con los datos de las coordenadas del hidrograma unitario T/Tp y Q/Qp y con los valores obtenidos de Tp y Qp se elabora el hidrograma efectivo. Luego, multiplicando los valores de los caudales del hidrograma unitario efectivo Q (m3 /s/mm) por la escorrentía efectiva Qe (mm), se obtiene el hidrograma para la lluvia dada.

Gráfica HDR-B-1. Hidrograma unitario adimensional SCS



Fuente: Soluciones SIG 2023.

Tabla HDR-B-1 Coordenadas del Hidrograma Unitario SCS

T/TP	Q/QP
0	0
0.1	0.015
0.2	0.075
0.3	0.16
0.4	0.28
0.5	0.43
0.6	0.6
0.7	0.77
0.8	0.89
0.9	0.97
1	1
1.1	0.98
1.2	0.92
1.3	0.84
1.4	0.75
1.5	0.65
1.6	0.57
1.8	0.43
2	0.32
2.2	0.24
2.4	0.18
2.6	0.13
2.8	0.098
3	0.075
3.5	0.036
4	0.018
4.5	0.009
5	0.004

Fuente: Soluciones Sig 2023

Para analizar los efectos de una crecida sobre una corriente o una zona inundable (profundidad del agua, velocidad de la corriente, área inundada, etc.) Se debe realizar una modelación del tránsito de la avenida.

Las simulaciones de inundaciones son herramientas que permiten simular el comportamiento del agua en un territorio, bajo diferentes escenarios de precipitación, uso del suelo, topografía, etc. Los resultados de estas simulaciones pueden servir para identificar las zonas más vulnerables a las inundaciones, estimar los daños potenciales y diseñar medidas de prevención y mitigación. El modelo que se empleó fue Bidimensional, que consiste en asumir que el flujo es paralelo al plano horizontal y que las variaciones verticales de las variables hidráulicas son despreciables. Este tipo de modelo sirve para simular flujos en lámina libre, como los que se dan en ríos, estuarios, presas o

balsas con forma irregular y con obstáculos importantes. El software que usa este tipo de modelo es IBER.

La modelación de inundaciones en IBER es un proceso que consiste en simular el comportamiento hidráulico. Para realizar la modelación de inundación en IBER se requieren los siguientes pasos: Establecer la zona de cálculo, que es el área donde se va a simular el flujo, y crear la malla numérica, que es la división del área en elementos finitos (triángulos o cuadriláteros). Asignar las condiciones de contorno, que son los valores que definen el flujo como el caudal, el nivel o la velocidad, además de las propiedades del flujo, como el coeficiente de rugosidad, que influyen en la resistencia al movimiento del agua. Ejecutar el cálculo numérico, que implica resolver las ecuaciones de aguas someras mediante un método implícito y un esquema de diferencias finitas. Los resultados se presentan en forma de mapas mostrando variables como el tirante y la velocidad del caudal.

6.1.2.3. Peligro / Susceptibilidad

En la realización del Atlas de Riesgo, se utilizan los periodos de retorno en inundaciones, los cuales son una medida estadística que indica la probabilidad de que ocurra una creciente de cierta magnitud en un año determinado. Se expresa en años y se calcula a partir del análisis de la frecuencia y la intensidad de las lluvias o las descargas de los ríos. Por ejemplo, un período de retorno de 20 años indica que hay una probabilidad del 5% que una inundación de esa magnitud suceda en cualquier año. Esto no implica que la inundación se presentará exactamente cada 20 años, sino que cada año tiene esa probabilidad del 5% de experimentar tal evento, basada en la historia hidrológica de la zona. En los mapas de inundación, las áreas designadas con un período de retorno de 20 años muestran las zonas donde se espera que las inundaciones de esa intensidad tengan una probabilidad anual del 5% de ocurrir, lo cual es vital para tomar decisiones informadas en la gestión de riesgos y la planificación de infraestructuras resilientes.

En el análisis reciente, se han calculado los periodos de retorno para las frecuencias de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años. Se destacarán específicamente los periodos de 20 y 100 años. La información detallada y completa de cada periodo está disponible para su consulta en el portal de archivo digital de capas del Atlas de Riesgo, el cual ofrece una visualización detallada y específica de las características y distribución de las variables de interés para este estudio.

Para la elaboración de la cartografía se utilizaron insumos provenientes de instituciones federales como el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Isoyetas de precipitación elaboradas por el Instituto de ingeniería de la UNAM, al igual que información de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se usaron los programas ArcGIS, QGIS, HMS-HECRAS e IBER para modelar los valores obtenidos en el terreno. Se usó un Modelo Digital de Terreno de 12.5m obtenido del satélite ALOS de Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), que adquirió imágenes radar entre 2006 y 2011. También se utilizó Modelos digitales de Terreno obtenidos por LIDAR con una resolución 5 m obtenidos de INEGI.

Jalisco, caracterizado por su diversidad topográfica, encara importantes desafíos asociados a amenazas naturales. Bajo esta premisa, se han destacado los ríos más prominentes y regiones de interés del estado para su análisis. Mediante una colaboración con la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco, se han determinado las áreas críticas y propensas a riesgos que necesitan un enfoque particular en la planificación, mitigación y manejo de emergencias ante desastres naturales. Los ríos estudiados son Encarnación, Mascota, Ameca, Pitillal, Cuale, Tuito, Zula, Lerma, Tamazula, Marabasco y San Nicolás.

A continuación, se muestra un mapa de susceptibilidad de inundación del estado de Jalisco el cual se basa en un índice topográfico de humedad, que es una medida utilizada para estimar la probabilidad de saturación de agua en el suelo y, por lo tanto, el potencial de inundación. Este índice se basa en la topografía del terreno y se calcula considerando la pendiente y la forma del terreno, lo que afecta la acumulación y el drenaje del agua. La topografía juega un papel crucial en la determinación de la dirección y velocidad del flujo de agua. Las áreas con pendientes más pronunciadas tienden a canalizar el agua más rápidamente, aumentando el riesgo de inundaciones. El índice topográfico de humedad considera estas pendientes como parte de su evaluación. Las áreas donde se acumula la humedad tienen más probabilidades de experimentar saturación del suelo y, por lo tanto, son más susceptibles a inundaciones, especialmente durante eventos de lluvia intensa o prolongada.

Un valor alto del índice indica áreas donde el agua tiende a acumularse, lo que resulta en suelos más húmedos, mientras que un valor bajo sugiere un drenaje rápido y suelos más secos. El mapa de índice topográfico de humedad en el estado de Jalisco revela patrones distintivos que reflejan las condiciones de riesgo de inundaciones en diversas áreas urbanas y rurales.

Destacan las áreas más susceptibles a inundaciones. las áreas de llanura con depresiones topográficas o cuencas cerradas muestran un índice de humedad significativo, lo cual refleja su susceptibilidad a la saturación del suelo y, por ende, a inundaciones. Destaca las zonas lagunares del estado, por ejemplo, la laguna de Zapotlan. Estas áreas planas pueden actuar como receptores naturales de agua durante las precipitaciones, aumentando así el riesgo de inundación.

El análisis detallado del mapa también revela que ciertas áreas urbanas construidas en terrenos bajos y llanos, especialmente en barrios construidos cerca de ríos y cuerpos de agua muestran un índice elevado de humedad, lo que subraya la necesidad urgente de infraestructuras de drenaje y medidas de mitigación para proteger contra inundaciones urbanas. En la región metropolitana de Guadalajara, por ejemplo, las áreas bajas de Zapopan, Guadalajara, Tlajomulco de Zuñiga, Tlaquepaque y Tonalá muestran índices elevados de humedad, especialmente cerca de los ríos Santiago y Lerma. Estas zonas son propensas a inundaciones urbanas durante las lluvias intensas debido a la limitada capacidad de drenaje y la alta impermeabilidad del suelo urbano para absorber grandes cantidades de agua en poco tiempo.

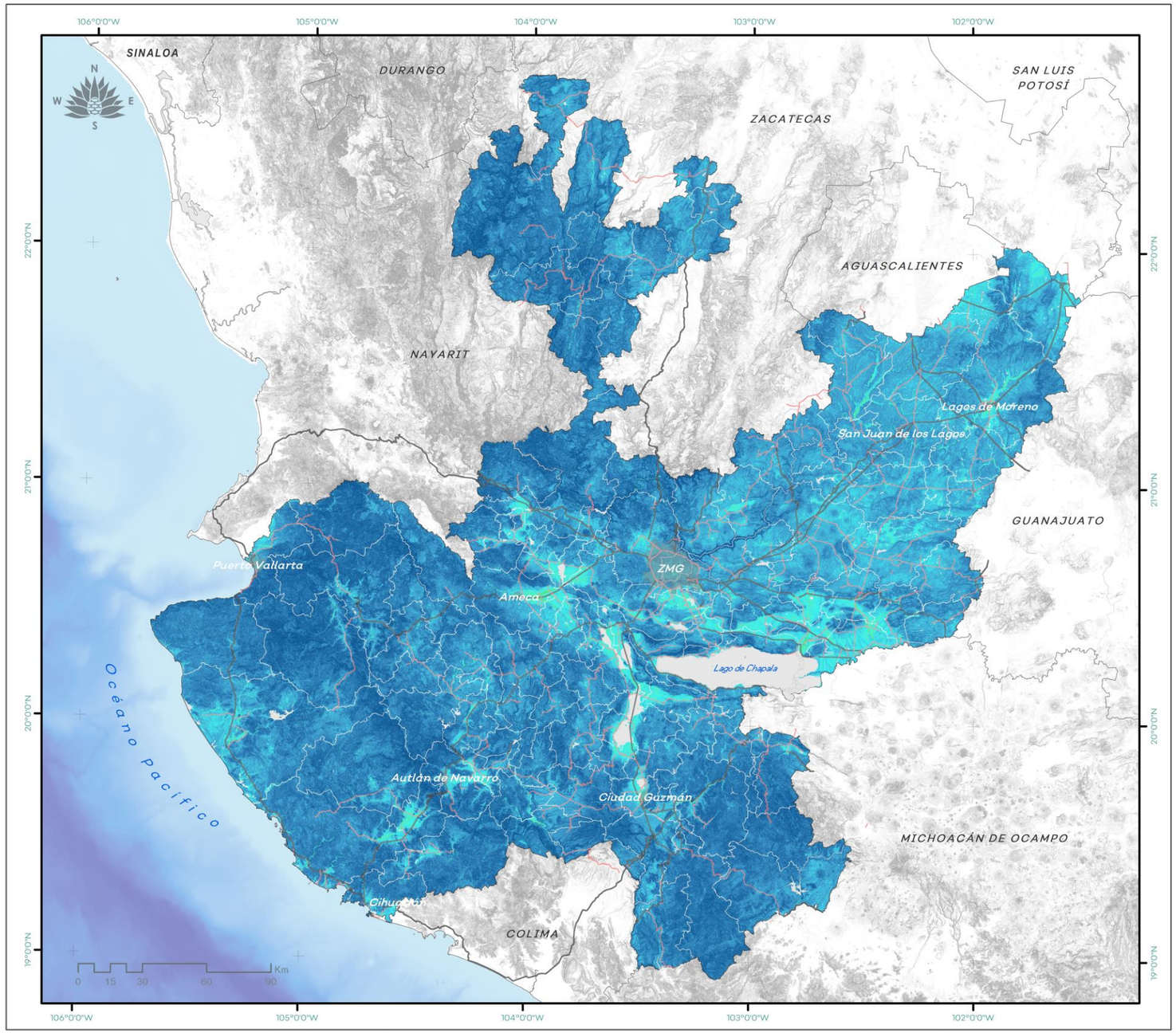
En contraste, las áreas montañosas del estado exhiben patrones complejos de humedad según la orientación de las laderas. Las laderas orientadas al sur y al oeste exhiben índices variables de humedad, con acumulaciones más altas en las depresiones y valles protegidos, lo que las hace susceptibles a inundaciones por desbordamiento de arroyos y torrentes durante la temporada de huracanes y las tormentas tropicales especialmente si, en la zona montañosa hay un cambio en la cubierta vegetal ante la tala ilegal y el cambio de uso de suelo.

En la costa de Jalisco, ciudades como Puerto Vallarta y Barra de Navidad muestran índices elevados de humedad, especialmente en las áreas bajas cercanas a la desembocadura de los ríos

Ameca y Cuale. Estas áreas costeras son vulnerables a las inundaciones costeras durante las mareas altas y los eventos de marejada ciclónica, amenazando la infraestructura turística y residencial.

El análisis detallado del índice topográfico de humedad también destaca áreas agrícolas y rurales como La Barca y Autlán de Navarro, que muestran índices moderados de humedad. Estas regiones enfrentan riesgos de inundaciones fluviales durante las estaciones de lluvias intensas, afectando la producción agrícola y la infraestructura rural.

Dado que el mapa de susceptibilidad de inundación se presenta a nivel estatal para Jalisco, es importante considerar que los datos y análisis reflejan tendencias y riesgos generales en una escala amplia. Para obtener una comprensión más detallada y precisa de las amenazas de inundación, es esencial realizar estudios específicos en cada zona de interés. Estos estudios locales permitirán identificar con mayor exactitud las características únicas del terreno, la vegetación, la urbanización y otros factores que influyen en la dinámica del agua. Así, se podrán desarrollar estrategias de mitigación y planes de respuesta a emergencias que sean adecuados para las condiciones particulares de cada área, garantizando una gestión del riesgo más efectiva y una protección más eficiente para las comunidades vulnerables a las inundaciones.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Suceptibilidad a Inundaciones Fluviales HDR-B-00

Leyenda Temática

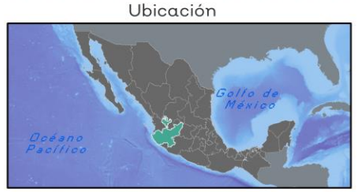
Tendencia del Agua a Acumularse

Alto — Bajo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Modelación hidráulica realizada en Iber a partir de datos hídricos del Siatl, INEGI y Conagua. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Capacidad de Infiltración

La infiltración es un proceso fundamental en hidrología y geología que describe cómo el agua superficial penetra en el suelo o subsuelo. Este fenómeno es crucial para entender la recarga de acuíferos, la distribución de la humedad del suelo y la respuesta de las cuencas hidrográficas a la precipitación.

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua entra en el suelo desde la superficie. La velocidad y la cantidad de agua que se infiltra dependen de diversas características del suelo, como la textura, estructura, contenido de materia orgánica y presencia de capas impermeables. También influyen factores climáticos como la intensidad y duración de la lluvia, así como la temperatura del suelo y la vegetación.

Textura del suelo: La textura del suelo, determinada por el tamaño de las partículas (arena, limo, arcilla), influye en la capacidad de infiltración. Los suelos arenosos tienden a tener una alta infiltración debido a sus grandes espacios porosos, mientras que los suelos arcillosos, con partículas más finas y compactas, tienen una infiltración más baja

Estructura del suelo: La estructura del suelo se refiere a cómo las partículas individuales se agrupan en agregados más grandes. Los suelos con una buena estructura tienen poros más grandes y estables que permiten una mayor infiltración. La compactación del suelo puede destruir la estructura y reducir la capacidad de infiltración.

Contenido de materia orgánica: La materia orgánica mejora la estructura del suelo al actuar como un aglutinante natural. Los suelos ricos en materia orgánica suelen tener una mayor capacidad de infiltración debido a una estructura más estable y porosidad mejorada.

Capas impermeables: La presencia de capas duras o compactadas dentro del perfil del suelo puede limitar la infiltración del agua al actuar como barreras físicas que impiden o ralentizan su movimiento hacia capas más profundas.

Vegetación: La cobertura vegetal puede reducir el impacto directo de la lluvia sobre el suelo, disminuyendo la erosión y mejorando la estructura del suelo. Las raíces de las plantas también pueden crear canales y poros en el suelo que facilitan la infiltración.

Condiciones climáticas: Factores como la intensidad y duración de la precipitación, así como la temperatura del suelo, influyen en la velocidad y cantidad de agua que se infiltra. Lluvias intensas pueden saturar rápidamente la capacidad de infiltración del suelo, resultando en escorrentía superficial en lugar de infiltración.

Uso y manejo del suelo: Prácticas agrícolas, forestales y urbanas pueden modificar las características del suelo y afectar la infiltración. Por ejemplo, el arado puede romper la estructura del suelo y aumentar la compactación, reduciendo la capacidad de infiltración.

Los suelos con alta capacidad de infiltración suelen ser sueltos, bien estructurados y con contenido moderado de materia orgánica. Por el contrario, suelos compactados, arcillosos o con capas impermeables reducen significativamente la infiltración. Además, la presencia de vegetación puede favorecer la infiltración al romper el impacto de las gotas de lluvia y mejorar la estructura del suelo.

La correlación entre el número de curva (CN, por sus siglas en inglés) y la capacidad de infiltración del suelo es fundamental en la hidrología para estimar la escorrentía superficial en una cuenca. El número de curva (CN) en hidrología es un método desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (ahora conocido como Natural Resources Conservation Service) en 1972. Este método se utiliza para calcular las abstracciones de agua, dada la precipitación de un evento de tormenta. Para la generación de una capa de número de curva requiere la integración de varios insumos, desde características del suelo y uso del suelo hasta condiciones climáticas locales y topografía de la cuenca.

El CN es un indicador que refleja la capacidad de una cuenca hidrográfica para producir escurrimiento a partir de precipitaciones. Los valores del CN varían entre 0 y 100, donde un valor bajo indica una alta capacidad de infiltración (menos escurrimiento superficial) y un valor alto indica una baja capacidad de infiltración (más escurrimiento superficial).

El CN se determina en función del uso del suelo, las condiciones hidrológicas del suelo y las condiciones de humedad antecedentes. Por ejemplo, un suelo con alta capacidad de retención de agua y vegetación densa tendrá un CN bajo, mientras que un área urbana con superficies impermeables tendrá un CN alto.

Una cuenca con un CN de 30 indica una alta capacidad de infiltración, con la mayoría de la precipitación absorbida por el suelo, resultando en muy poco escurrimiento superficial. Esto es típico de cuencas con suelos profundos y bien drenados, con cobertura vegetal densa.

Por otro lado, una cuenca con un CN de 85 sugiere una baja capacidad de infiltración, donde la mayor parte de la precipitación se convierte en escurrimiento. Esto es común en áreas urbanas con superficies impermeables como concreto y asfalto.

Un CN intermedio, como 65, podría corresponder a una cuenca semi-urbana o agrícola con una mezcla de superficies permeables e impermeables, lo que resulta en una cantidad moderada de escurrimiento.

Estos valores de CN proporcionan una descripción general de la respuesta hidrológica de una cuenca ante eventos de lluvia, siendo un factor clave para la planificación y gestión de recursos hídricos.

Coeficiente de Rugosidad

En hidrología, el coeficiente de rugosidad, denotado como "n", "*k*" o "Manning", es un parámetro que describe la resistencia al flujo de un fluido debido a la textura de las superficies por las que se desplaza. Es una medida de cuán "rugosa" es la superficie del canal, lecho del río, vegetación o calle. Este coeficiente es crucial en la determinación de la velocidad del flujo en la modelización hidráulica. Estos valores influyen en la velocidad y la eficiencia del flujo del agua, con valores más altos implicando mayor resistencia y posiblemente velocidades de flujo más bajas.

El coeficiente de rugosidad no tiene unidades específicas en el Sistema Internacional (SI) ya que se determina típicamente mediante pruebas empíricas, observaciones en campo o mediante datos experimentales recopilados a lo largo del tiempo. No está definido mediante principios físicos fundamentales con unidades asociadas, como la viscosidad en el caso de la resistencia al flujo laminar. El valor de se ajusta empíricamente para reflejar las características de rugosidad de una superficie específica en un entorno particular.

Para el presente trabajo se utilizaron los datos del coeficiente de rugosidad utilizado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en España. MITECO emplea métodos estandarizados y bien documentados para la determinación del coeficiente de rugosidad en diferentes tipos de superficies (como lechos de ríos, canales, y áreas costeras). Estos métodos están respaldados por investigación científica y técnicas de campo validadas. A continuación, se explica los rangos de valores.

- Valores bajos (0.010 - 0.020):

Superficies extremadamente lisas y despejadas. Pueden incluir pavimento de hormigón liso, canales revestidos, o áreas urbanas muy limpias y sin obstáculos. El flujo de agua tiende a ser rápido y eficiente debido a la baja resistencia al flujo.

- Valores medianos (0.025 - 0.050):

Superficies con cierta rugosidad, pero aun relativamente lisas. Pueden incluir pastizales bien cortados, calles pavimentadas con algún grado de irregularidades, o áreas urbanas con vegetación dispersa. El flujo de agua puede experimentar cierta resistencia, pero sigue siendo eficiente en general.

- Valores altos (0.060 - 0.1):

Superficies muy rugosas con obstáculos, vegetación densa o terreno irregular. Pueden incluir pastizales altos, matorrales densos, canales naturales sin revestimiento, o áreas urbanas con edificaciones y obstáculos. El flujo de agua encuentra una alta resistencia debido a la presencia de obstáculos y la rugosidad de la superficie, lo que puede resultar en velocidades de flujo más bajas y una distribución menos uniforme del flujo.

Los cambios antropogénicos tienen un impacto significativo en el coeficiente de rugosidad de las superficies naturales, modificando así la manera en que el agua fluye a través de los sistemas hidrológicos. Estos cambios pueden resultar de diversas actividades humanas, desde la urbanización hasta la agricultura intensiva y la construcción de infraestructuras. A continuación, se explora cómo estos factores afectan la rugosidad y, por ende, el coeficiente de Manning:

1. Urbanización y Pavimentación: La expansión urbana implica la pavimentación de superficies naturales con concreto, asfalto u otros materiales impermeables. Estas superficies son inherentemente más lisas que el suelo natural y tienen un coeficiente de rugosidad significativamente menor. Por ejemplo, las calles y carreteras pavimentadas en áreas urbanas reducen la resistencia al flujo de agua, aumentando la velocidad y alterando patrones de inundación en comparación con áreas naturales o rurales.

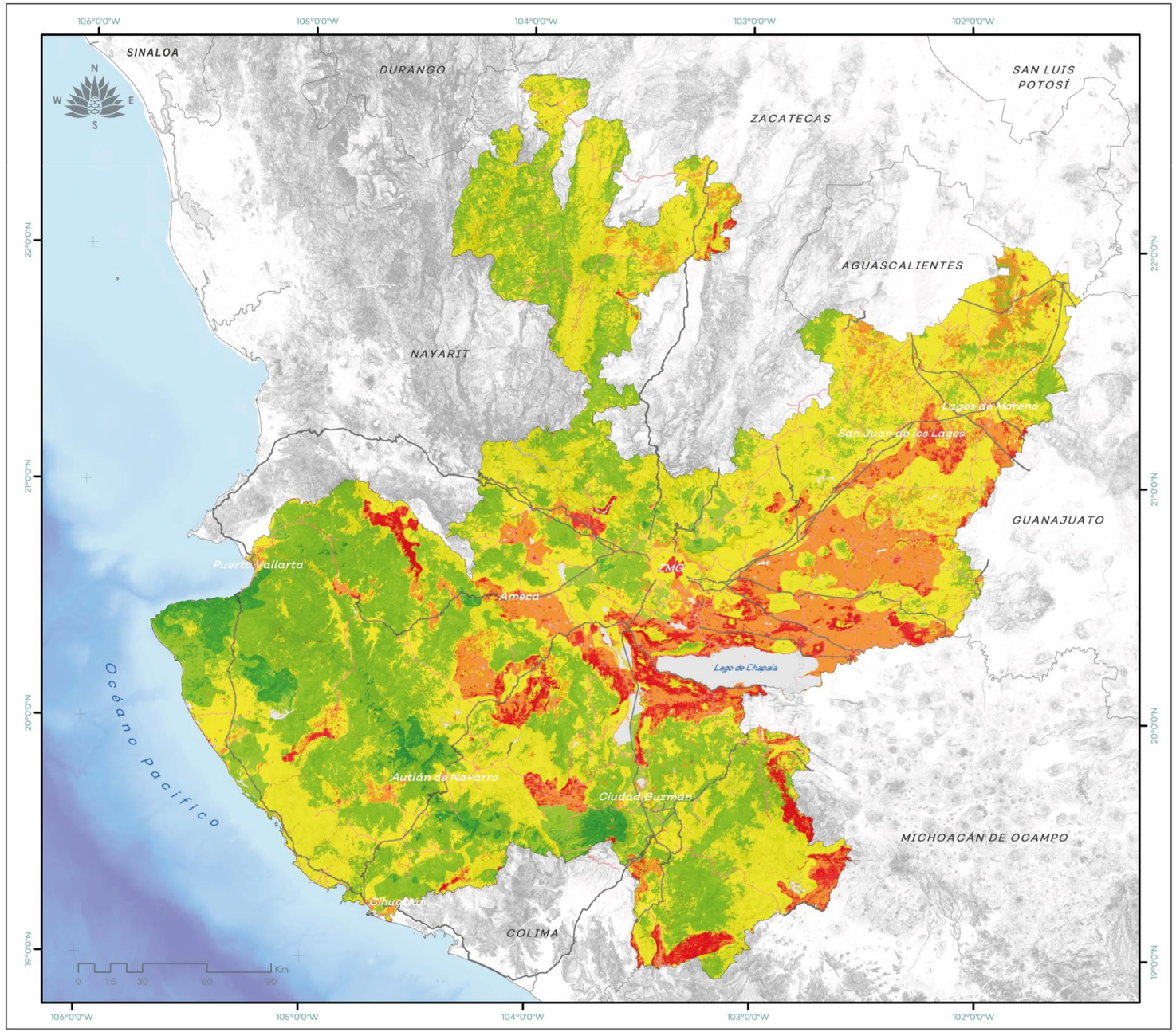
2. Deforestación y Cambios en la Cobertura Vegetal: La eliminación de la cubierta vegetal natural, ya sea mediante la deforestación para la agricultura, la tala de árboles para la construcción o la urbanización altera drásticamente la rugosidad de la superficie. La vegetación actúa como una barrera natural que aumenta la resistencia al flujo de agua, especialmente en ríos y arroyos. Sin ella, la rugosidad disminuye y el coeficiente de rugosidad se reduce, facilitando un flujo más rápido y menos controlado del agua.

3. Canalización y Modificación de Cauces: Para gestionar el agua para usos agrícolas, industriales o de control de inundaciones, los cauces naturales a menudo se modifican mediante la canalización, rectificación o construcción de estructuras como diques y presas. Estas intervenciones pueden cambiar radicalmente la forma y la rugosidad del lecho y las paredes laterales, afectando así el coeficiente de Manning. Por ejemplo, la rectificación de un río reduce las irregularidades del cauce natural, disminuyendo la rugosidad y aumentando la velocidad del agua.

4. Actividades de Minería y Extracción de Recursos: La minería y otras actividades extractivas pueden remover capas superficiales de suelo, dejando terrenos expuestos con una rugosidad alterada. Además, las operaciones mineras pueden introducir sedimentos y materiales que modifican temporal o permanentemente la rugosidad del terreno circundante, afectando el coeficiente de rugosidad en áreas cercanas a las actividades extractivas.

5. Construcción de Infraestructuras Hidráulicas: La construcción de embalses, canales de riego, sistemas de drenaje y otras infraestructuras hidráulicas cambia las condiciones naturales del flujo de agua. Estas estructuras pueden alterar la rugosidad del lecho y las paredes de los cuerpos de agua, así como de los canales artificiales, afectando el coeficiente de Manning y la dinámica hidrológica local.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Capacidad de infiltración
HDR- B - 01

Leyenda Temática

Porcentaje (%)

- 15 - 44
- 45 - 64
- 65 - 75
- 76 - 85
- 86 - 94

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



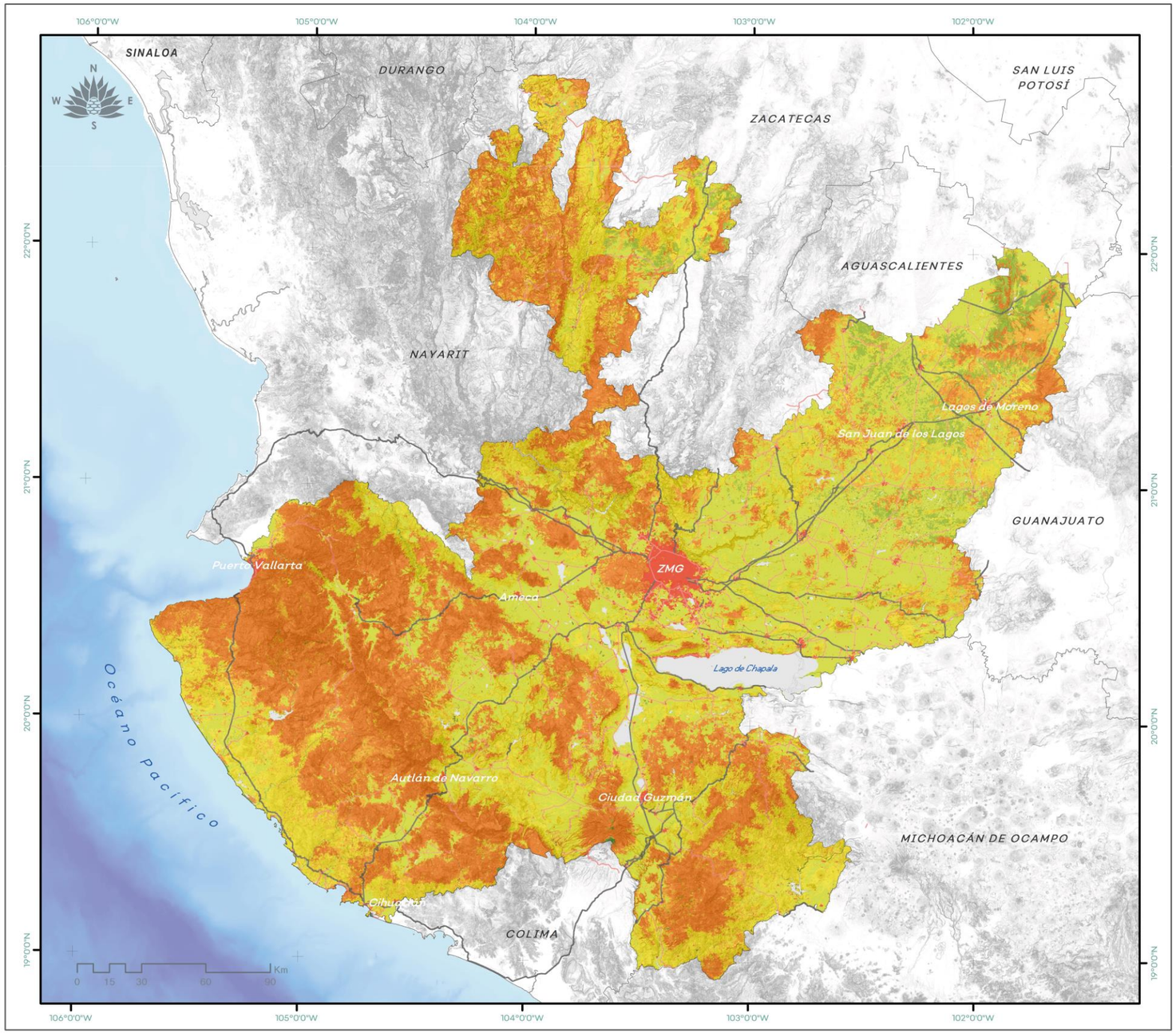
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Conjunto de datos vectoriales edafológico, escala 1:250000 Serie II. (Continuo Nacional), Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuo nacional) INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Coeficiente de Rugosidad HDR- B - 02

Leyenda Temática

Rugosidad (adimensonal)

0.025	0.04	0.07
0.03	0.06	0.1
0.035	0.065	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Uso del suelo y vegetación, escala 1:250000, serie VII (continuoñnacional) INEGI.
División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Encarnación

De acuerdo con la CEA Jalisco, el Río Encarnación nace al noreste del municipio de Encarnación Jalisco. Esta corriente cambia su nombre de río Encarnación por Río Verde y existen numerosos escurrimientos que son tributarios al cuerpo de agua además de bordos y presas como la de Encarnación, Guadalupe, San Isidro, Calera, San Pedro, Soyate y El Trigo. La CEA Jalisco indica que el río encarnación tiene un área de 2,480.64 km2, una pendiente de 0.457 grados y una longitud de 156, 909 km.

El río Encarnación forma parte de la Cuenca Hidrológica Río Encarnación; de acuerdo con el Diario Oficial de la Federación (2010), la cuenca tiene una superficie de aportación de 2,644.7 kilómetros cuadrados, y se ubica en la parte Centro Oeste del país. El IIEG (2020) indica que la precipitación media anual de la cuenca en (Encarnación de Díaz) es de 583.18 mm.

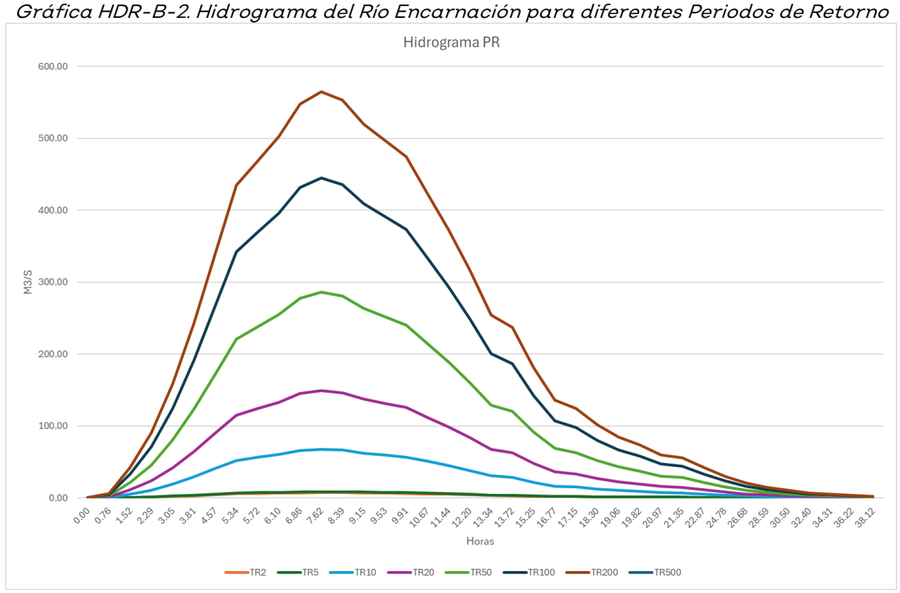
El 20 de julio de 1857, el agua se llevó todo a su paso en las zonas aledañas al río. El gobernador de Jalisco, mandó ayuda para solventar las irreparables pérdidas del poblado. El 9 de julio de 1887, el Barrio del Arenal quedó bajo el agua. El caudal subió 5 metros sobre su nivel en el paso del Puente de San Pablo. Todas las calles se inundaron y 150 casas de tamaño considerable fueron destruidas. El 11 de septiembre de 1944, la inundación acaeció en los márgenes del río. No hubo pérdidas materiales considerables. Hubo dos fallecidos. El 14 de agosto de 1973, el Río Encarnación desbordó y arrastró personas, animales y edificaciones. El puente San Pablo quedó totalmente cubierto por agua.

Imagen HDR-B-2. El desbordamiento del Rio Encarnación destruyó las vías férreas. 5 de septiembre 1873.

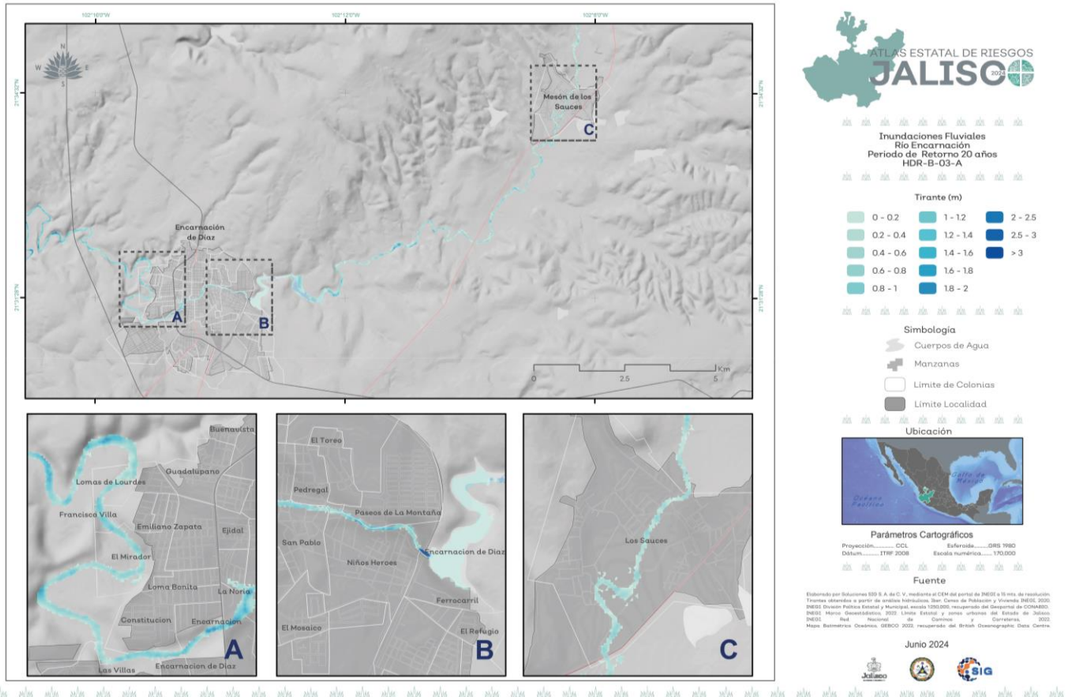


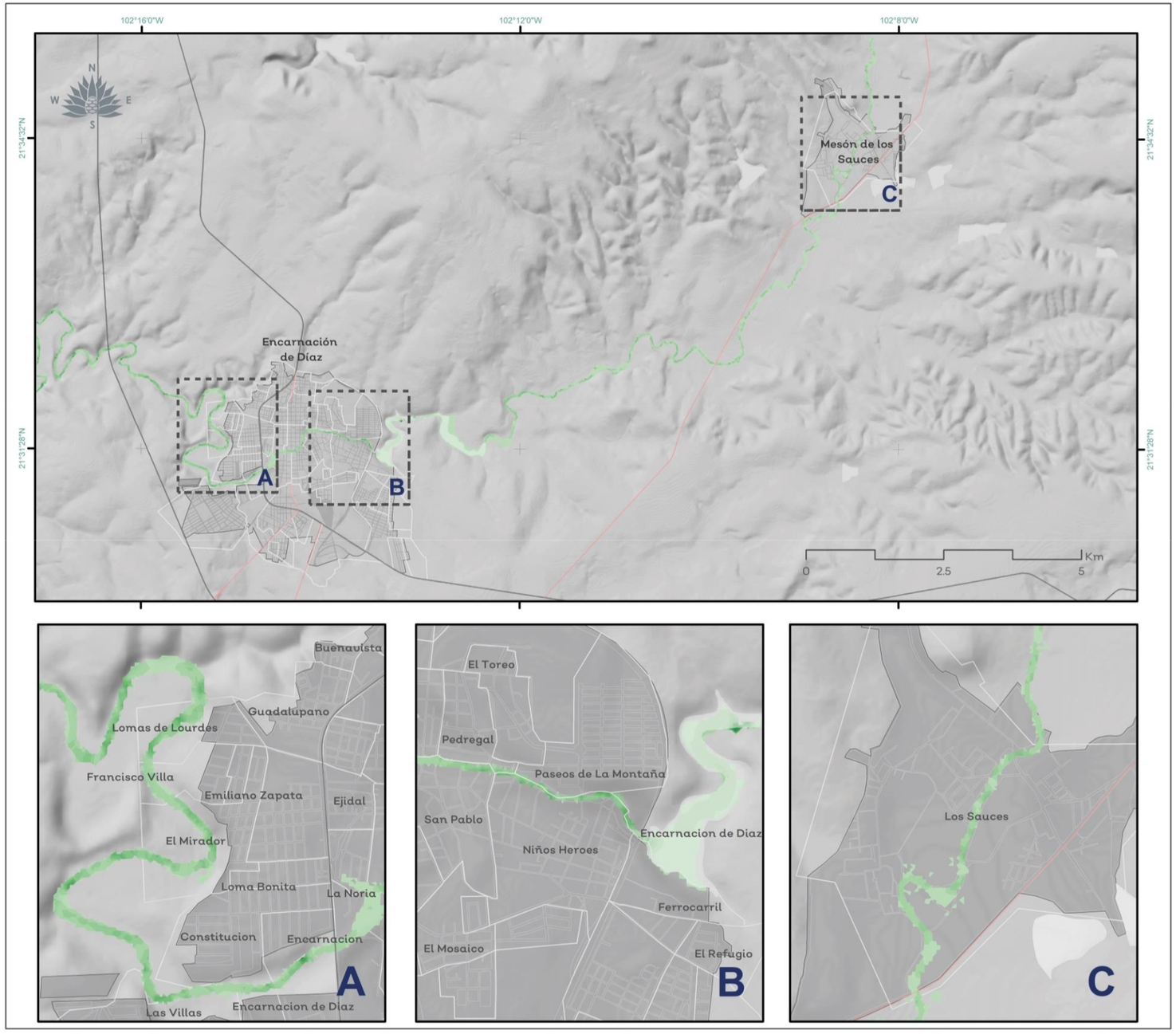
Fuente: Presidencia Municipal Encarnación de Diaz, 2023.

Gráfica HDR-B-2. Hidrograma del Río Encarnación para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Encarnación
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-03-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



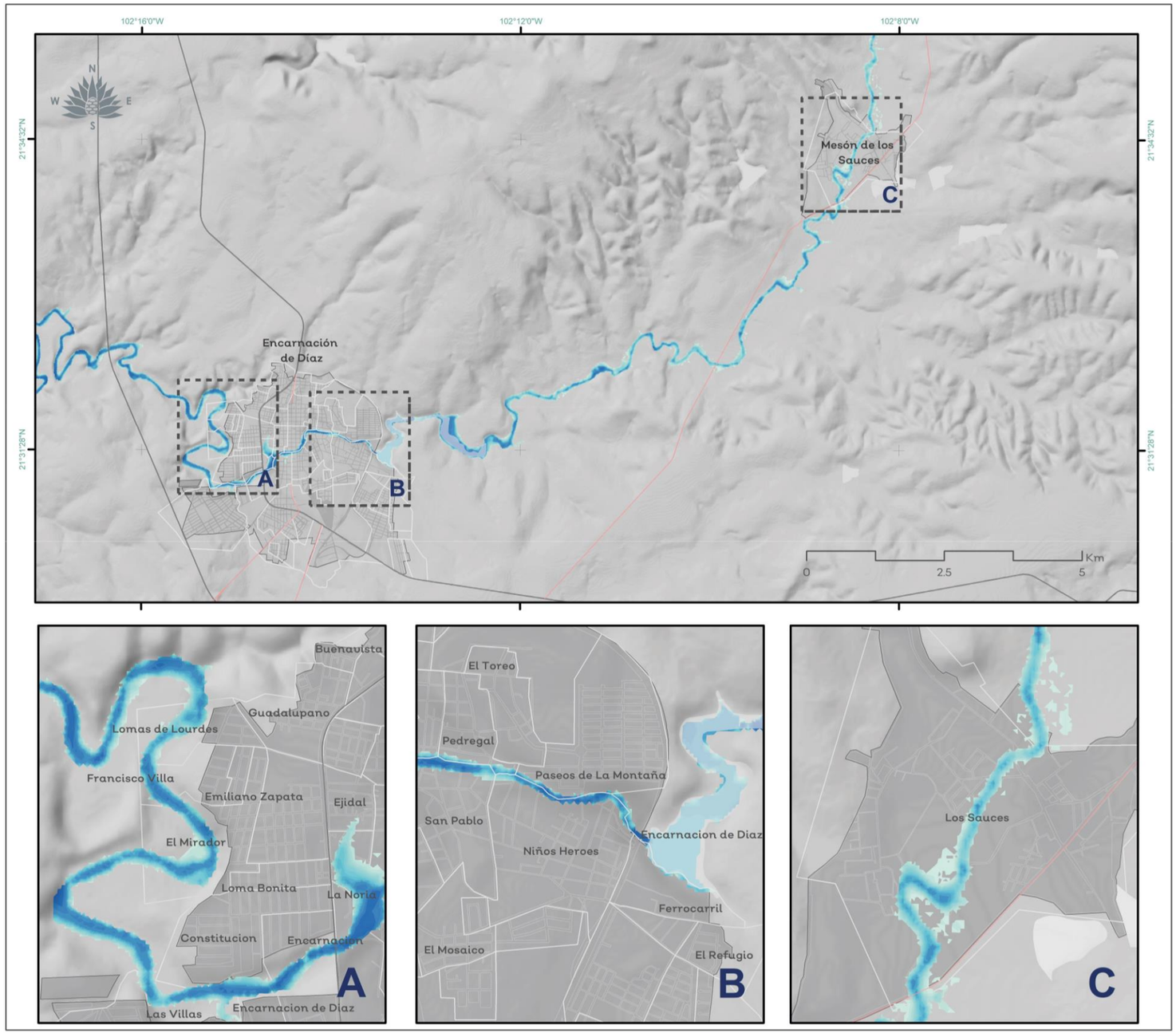
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:70,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Encarnación
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-04-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



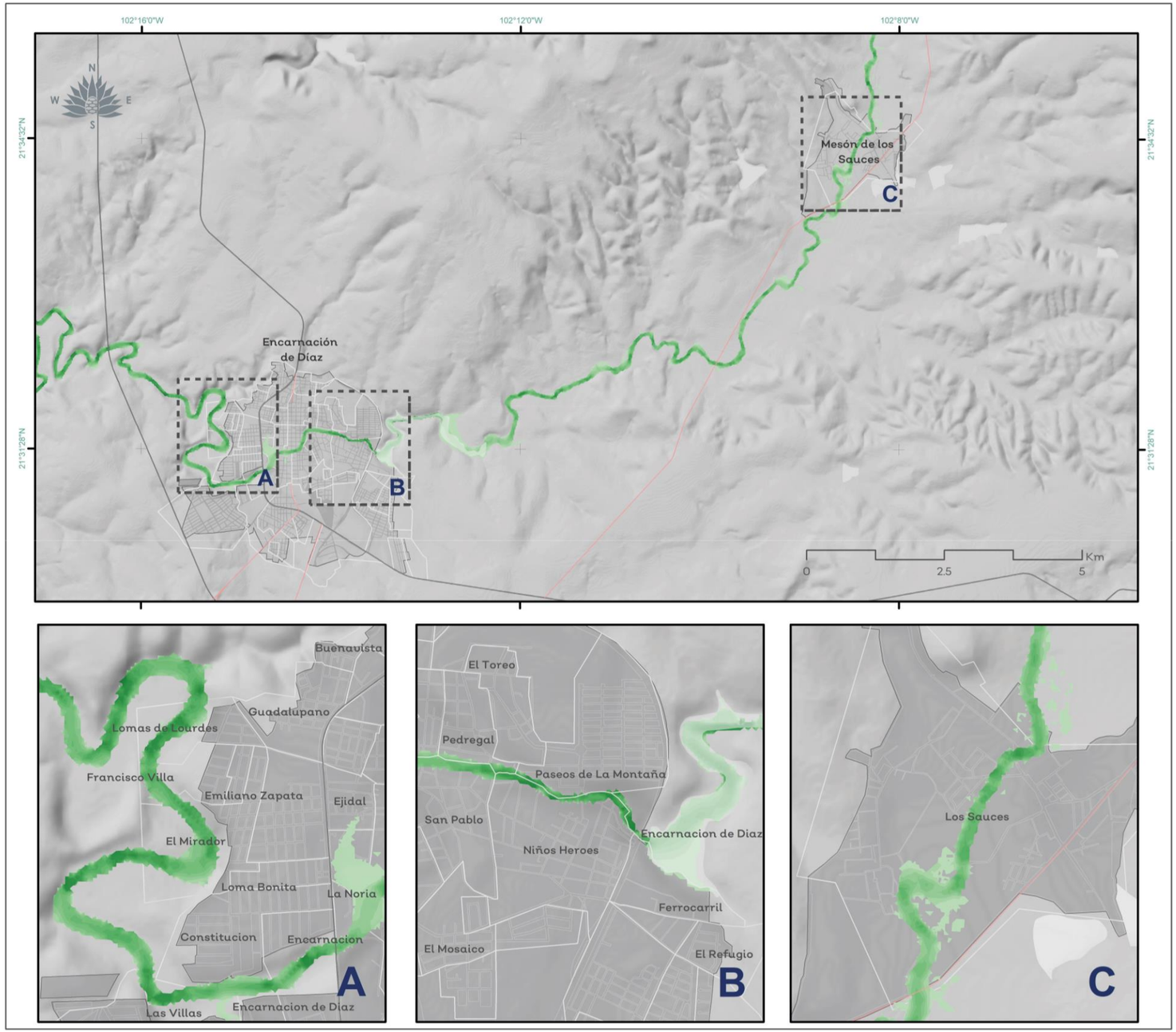
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:70,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Encarnación
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-04-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:70,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Mascota

El río Mascota tiene una longitud de 142,306 km y una pendiente de 1.73 grados. Pertenece a la cuenca Mascota, ubicada en su mayoría en Jalisco y una porción de Nayarit. La cuenca tiene un área de 1519.4 km2 y una precipitación media anual de 1,121 mm (CEA Jalisco).

En septiembre del 2021, el Huracán Nora provocó el desbordamiento del río mascota, mismo que inundó calles y afectó 6 viviendas al norte de Puerto Vallarta. En el año 2015, tras el paso del huracán Patricia, el desbordamiento del río Mascota afectó a los habitantes del municipio de Mascota, Jalisco. El agua inundó las casas del municipio, arrastró árboles y basura.

Imagen HDR-B-3. El desbordamiento del río Mascota afecta al norte de Puerto Vallarta



Fuente: Tribuna de la Bahía. https://tribunadelabahia.com.mx/rio-mascota-en-paso-del-guayabo-49103/

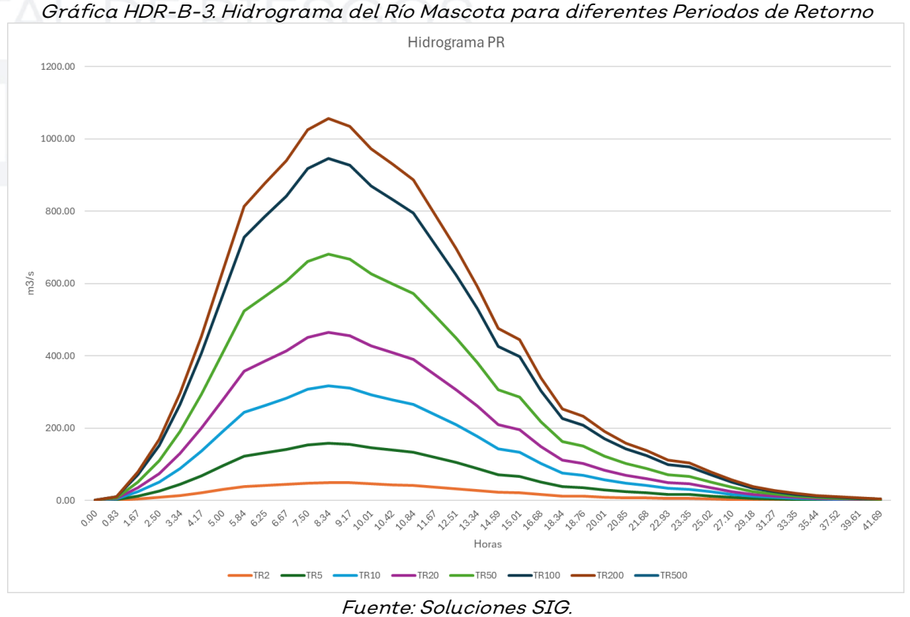
Imagen HDR-B-4. Desbordamiento del río Mascota en el Municipio de Mascota



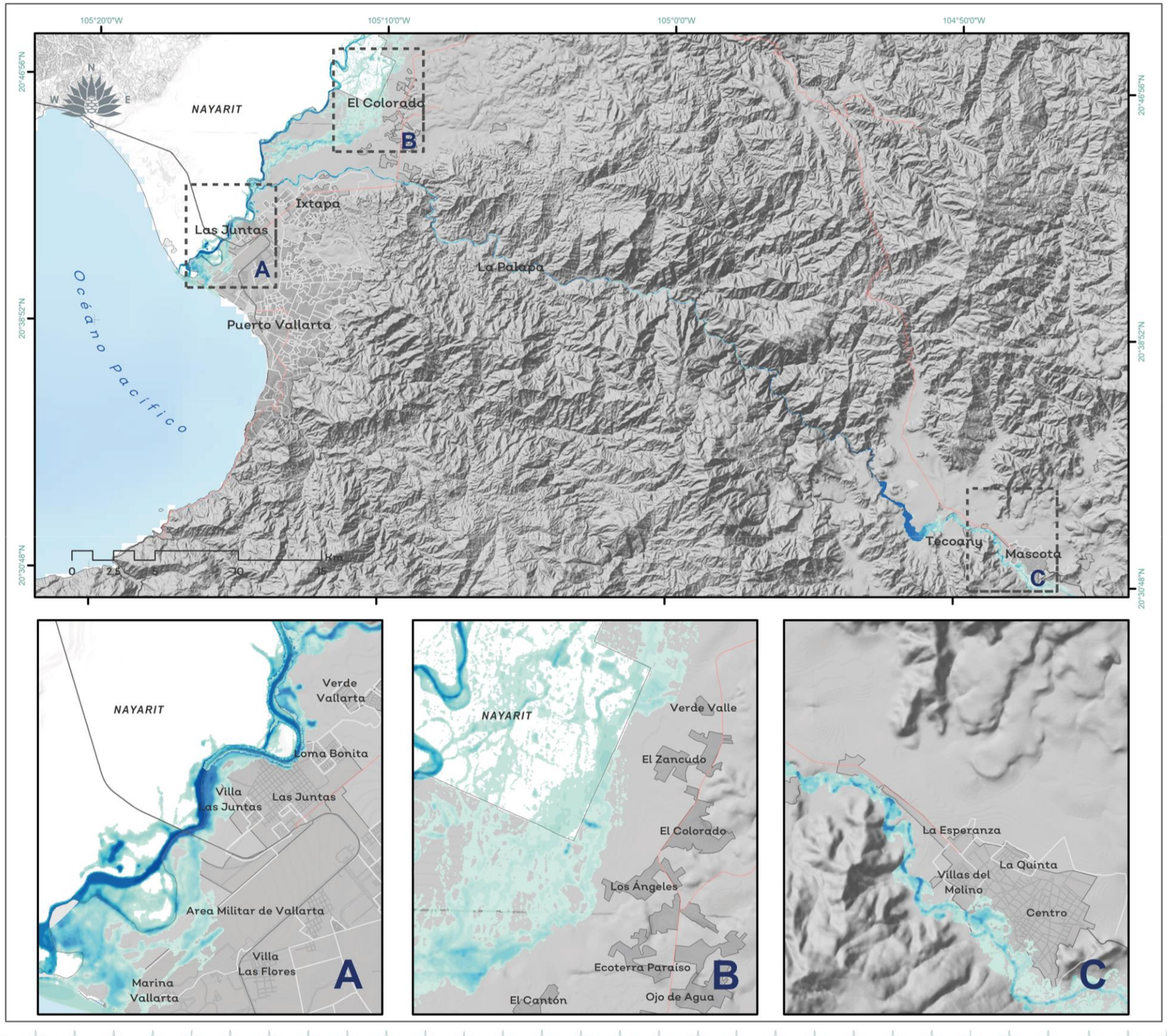
Fuente: Telemundo: Área de la Bahía. https://www.telemundoareadelabahia.com/noticias/mexico/huracan-patricia-mascota-jalisco-de-los-mas-afectados-inundaciones-rios-desbordados-derrumbe-casas/11514/

.

Gráfica HDR-B-3. Hidrograma del Río Mascota para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Mascota - Ameca
Período de retorno 20
HDR-B-05-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



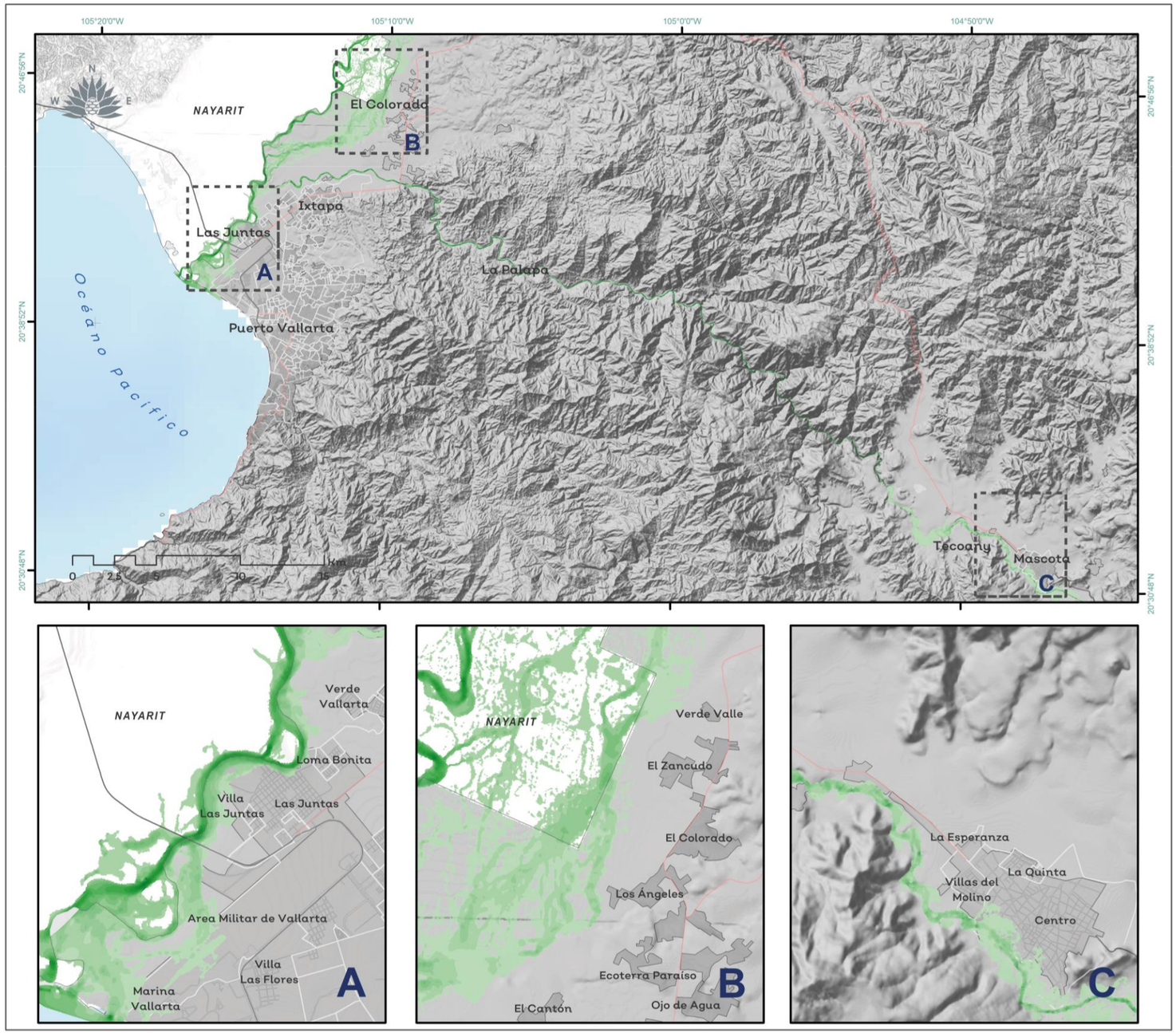
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:230,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Mascota - Ameca
Período de retorno 20
HDR-B-05-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



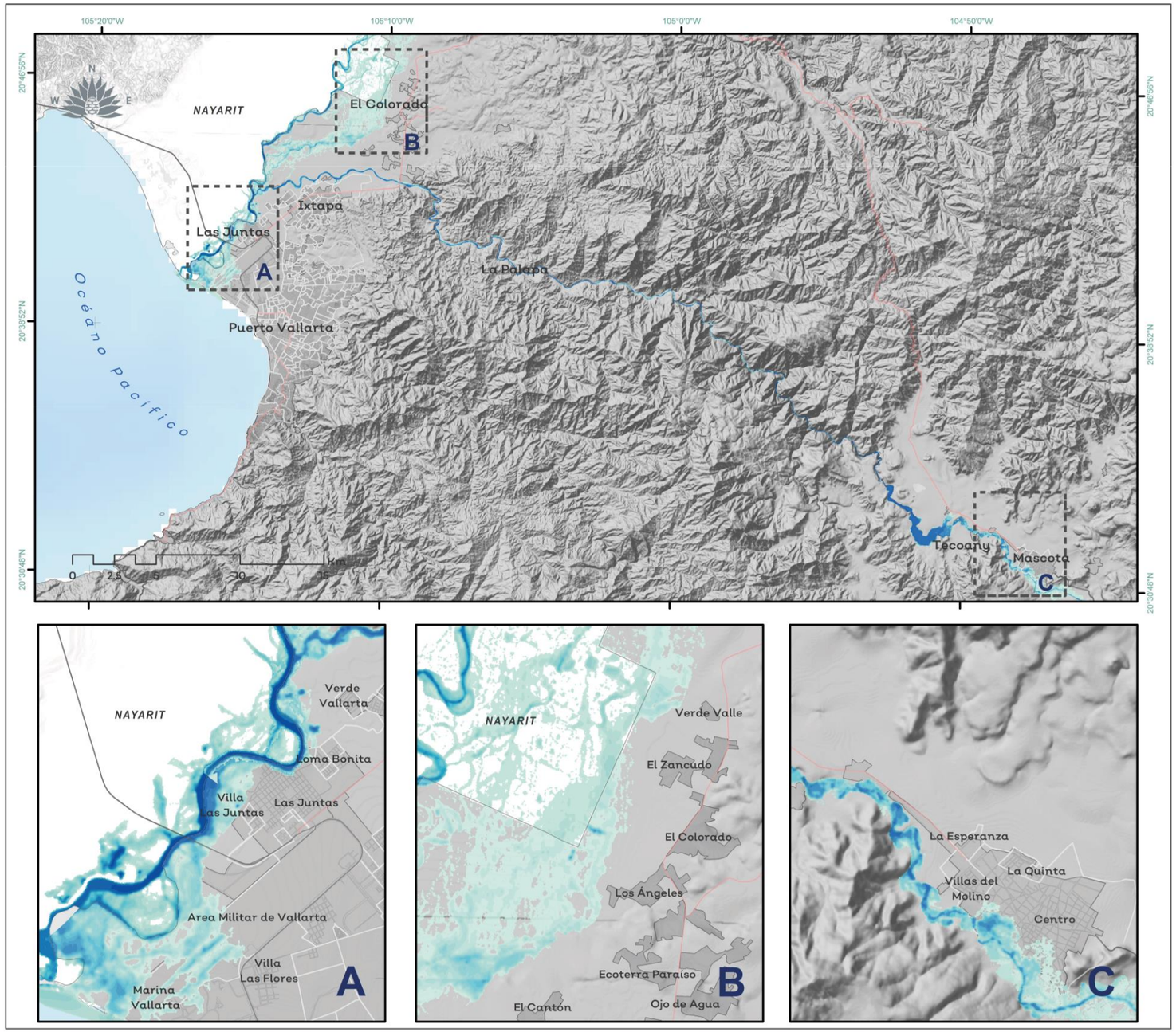
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:230,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Mascota - Ameca
Período de retorno 100
HDR-B-06-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



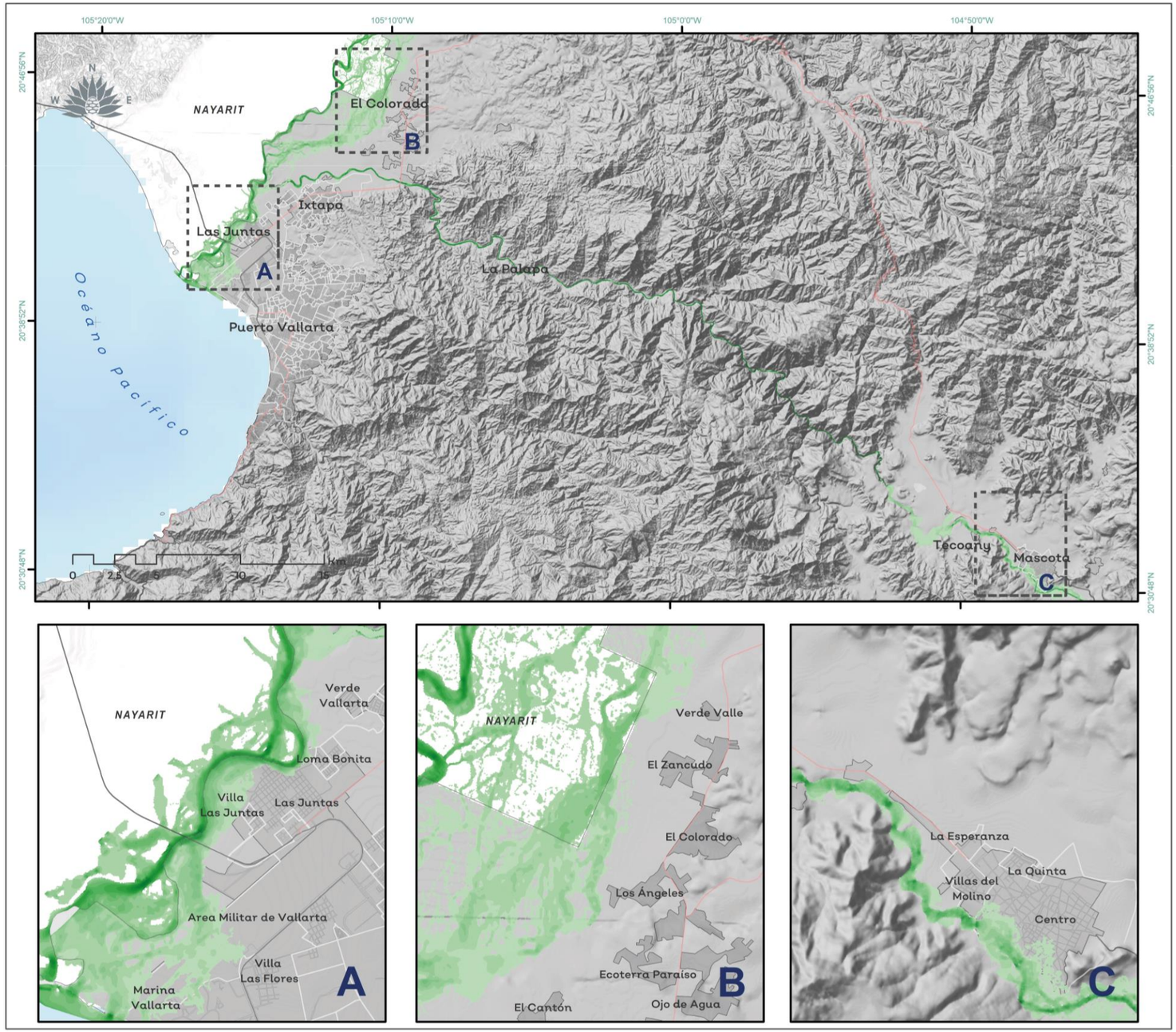
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:230,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Mascota - Ameca
Período de retorno 100
HDR-B-06-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:230,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Pitillal

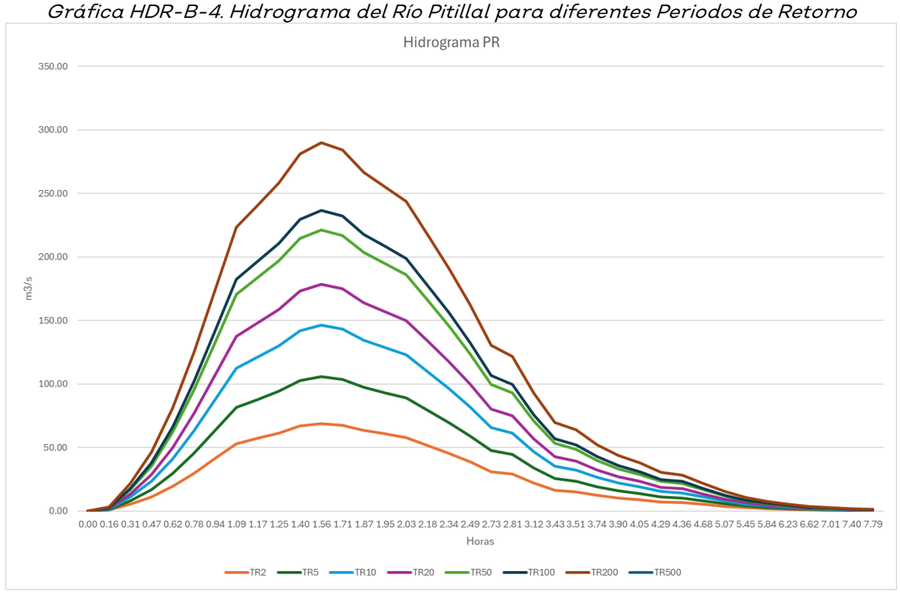
El río Pitillal tiene un área de 306.33km2, una pendiente de 11.424 grados y una longitud de 9,086 km (INEGI, 2023). A nivel regional, pertenece a la cuenca hidrológica Pitillal, que tiene una superficie de aportación de 419.59 kilómetros cuadrados y se ubica en la parte Oeste del país. A nivel nacional, pertenece a la ya descrita cuenca de Pacífico (CEA Jalisco). En octubre del 2023, el paso del Huracán Lidia provocó el desbordamiento del río Pitillal, lo cual generó que diversos vehículos quedaran atrapados bajo el agua y que diversas avenidas de Puerta Vallarta fueran intransitables.

Imagen HDR-B-5. Daños por desbordamiento del río Pitillal

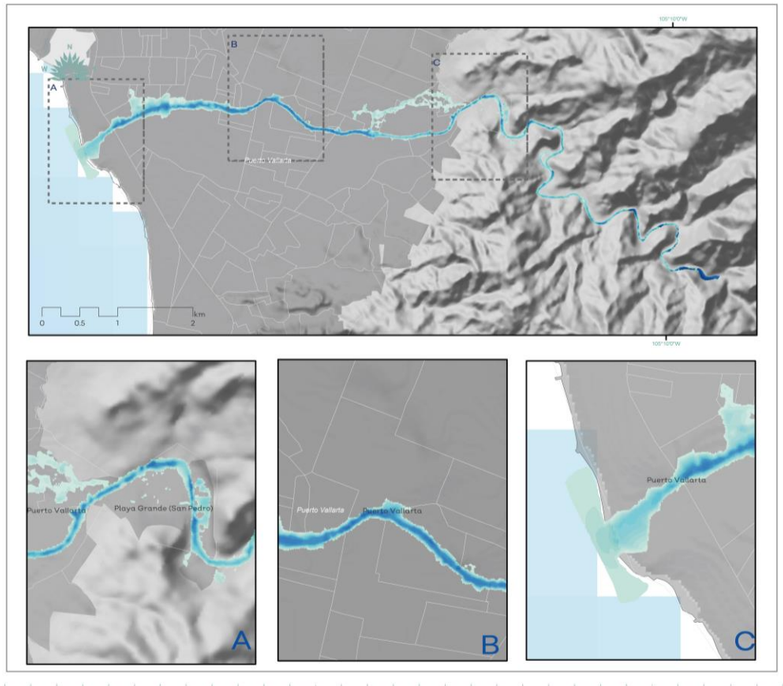


Fuente: TV Azteca Jalisco. https://www.aztecajalisco.com/azteca-noticias/video-vehiculos-rios-desbordados-puerto-vallarta-hoy

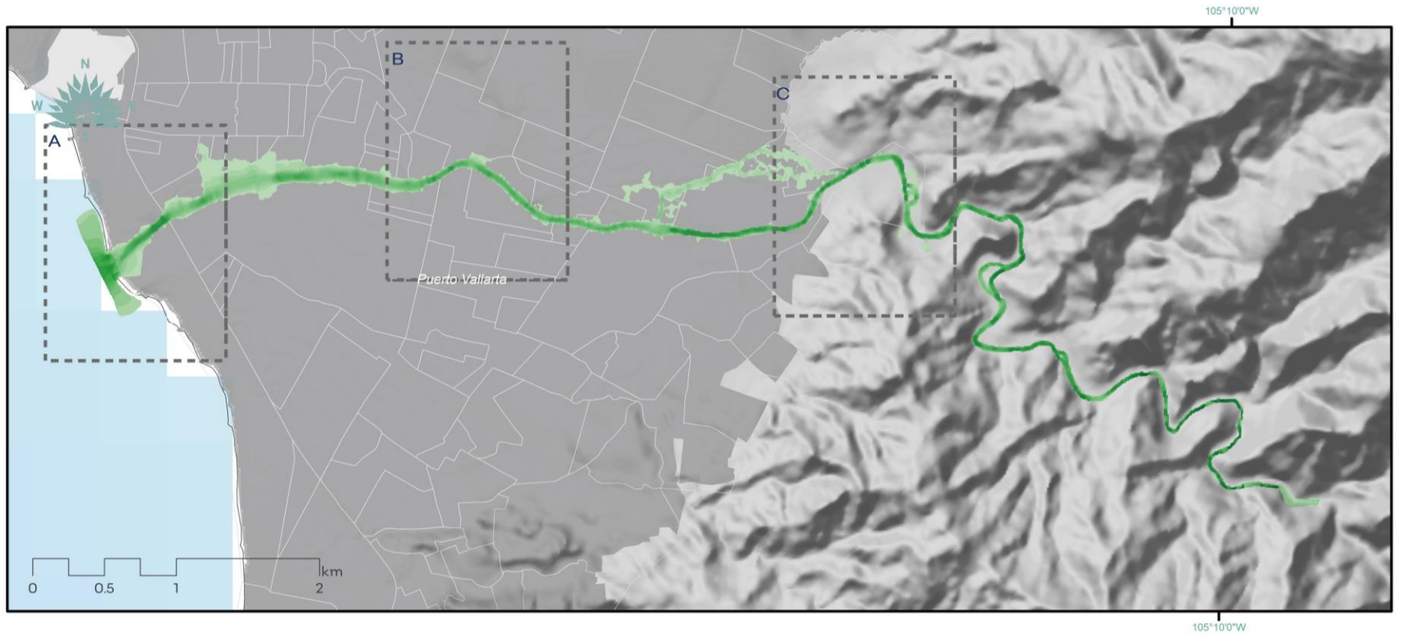
Gráfica HDR-B-4. Hidrograma del Río Pitillal para diferentes Periodos de Retorno

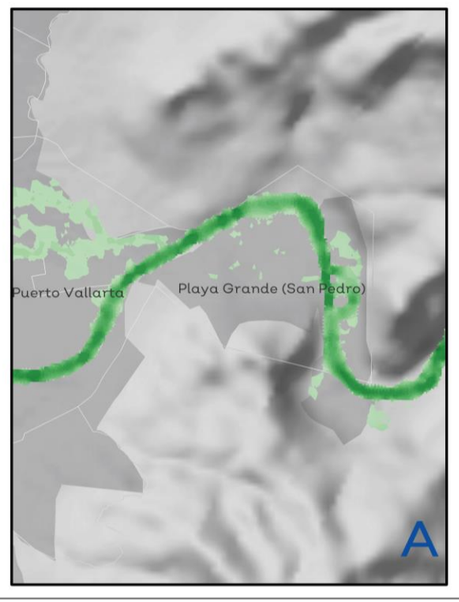


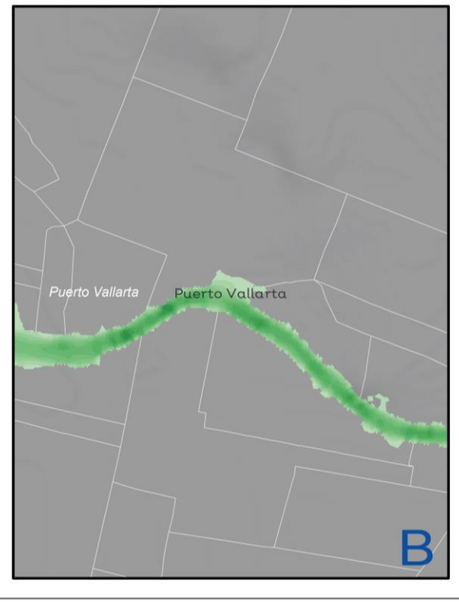
Fuente: Soluciones SIG

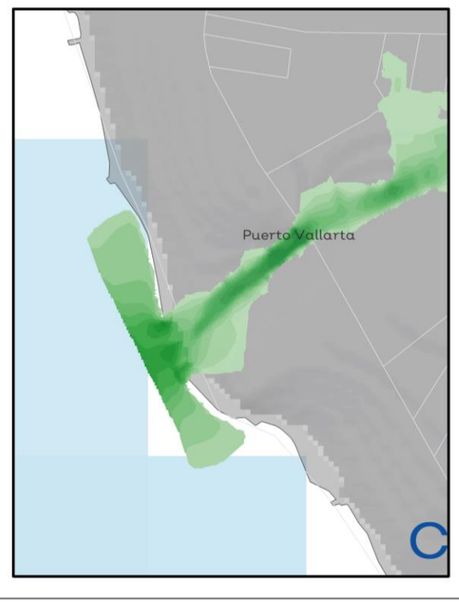


C









ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Pitillal
Periodo de Retorno de 20 años
HDR-B-07-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



Parámetros Cartográficos

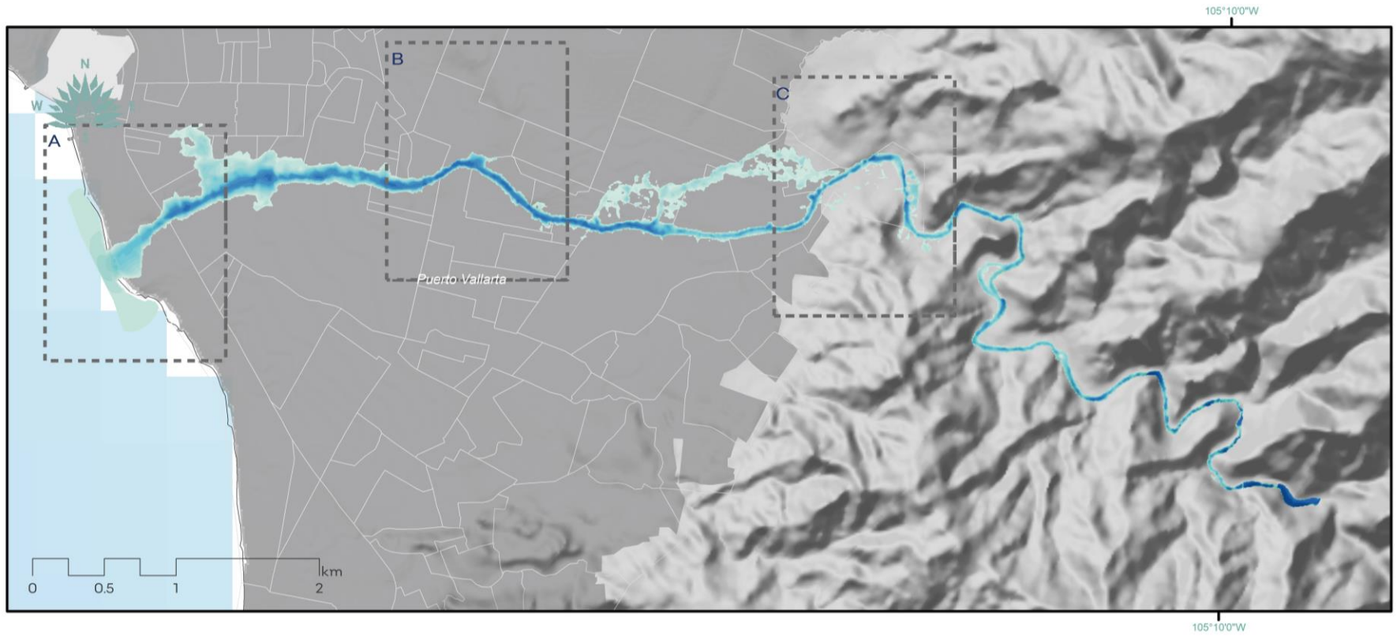
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

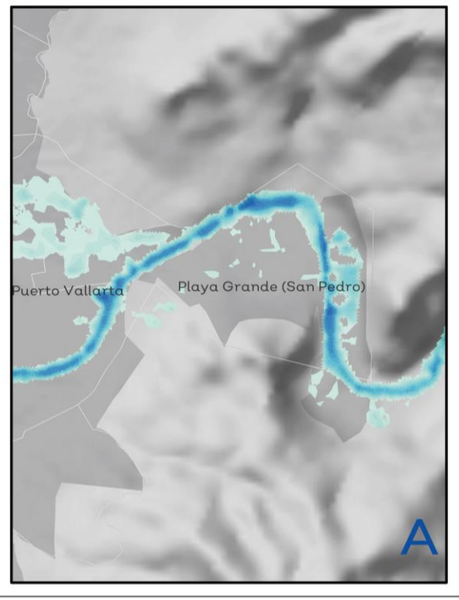
Fuente

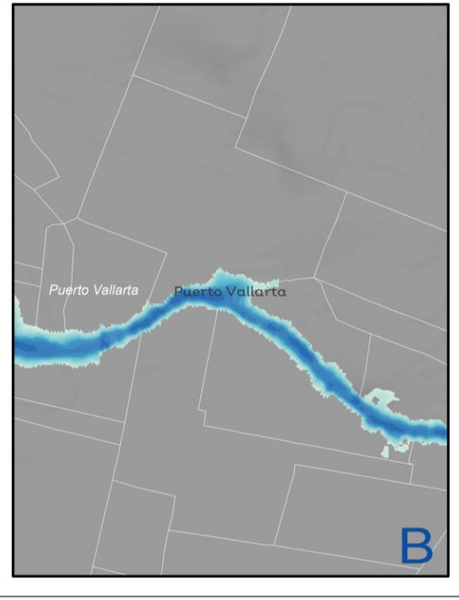
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

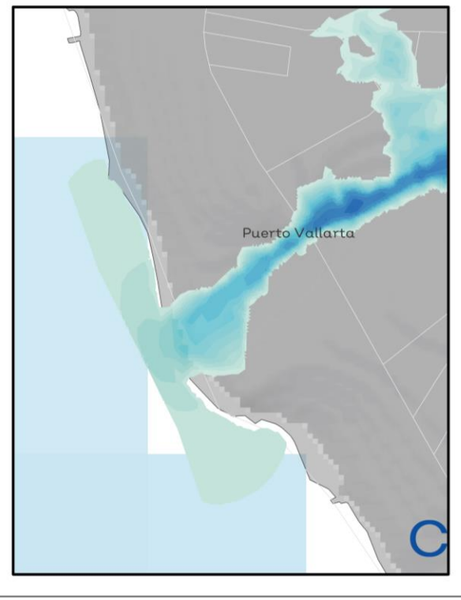
Junio 2024

C









ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Pitillal
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-08-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



Parámetros Cartográficos

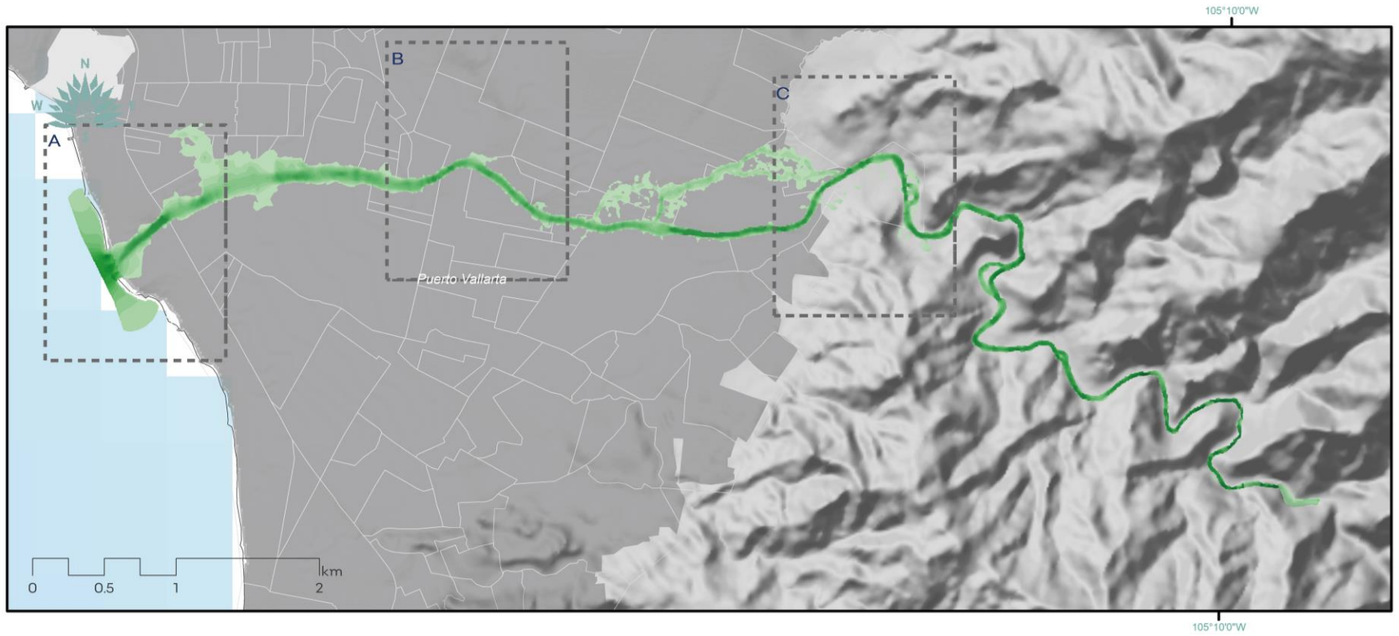
Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:150,000

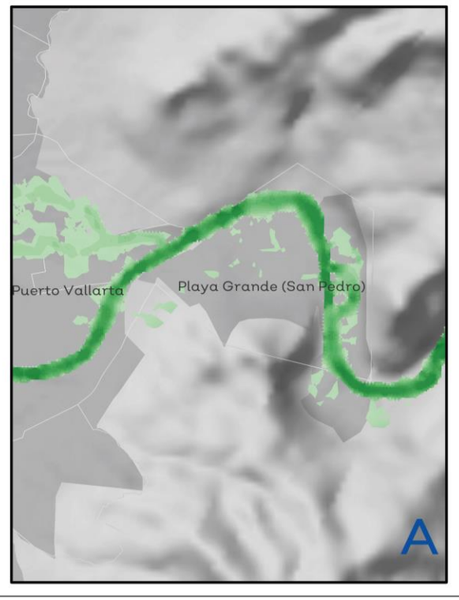
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

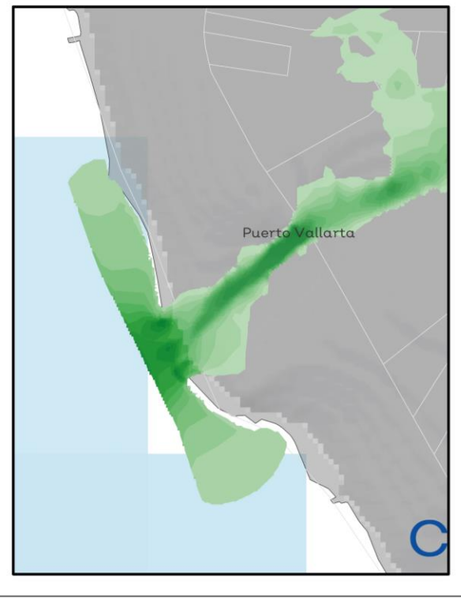
Junio 2024

C









ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Pitillal
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-08-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Cuale

El río Cuale nace en la sierra del Cuale y desemboca en Puerto Vallarta hacía el Océano Pacífico. El río tiene un área de 306.33 km2, una pendiente de 11.424 grados, y una longitud de 9,086 km. De acuerdo con la CEA Jalisco, el río Cuale es un afluente importante de la subcuenca Río Cuale, la cual a su vez pertenece a la cuenca del Pacífico. De acuerdo con la CEA Jalisco, la Cuenca Pacífico tiene una superficie de 55, 457.9 km2 y una precipitación media anual de 900 mm. En octubre del 2023, el aumento del caudal del Río Cuale provocó leves desprendimientos de tierra, daños a viviendas e infraestructura de Puerto Vallarta (figura 8). En agosto del 2021, el río Cuale se desbordó a causa del Huracán Nora. El desborde del río afectó la infraestructura del municipio y la vialidad de la misma (figura 9). En 2019, la tormenta tropical Narda provocó el desbordamiento del río cuale, mismo que inundó calles de la ciudad de Puerto Vallarta, ante esto, el gobierno municipal ordenó el cierre de labores en las zonas afectadas.

Imagen HDR-B-6. Desborde del río Cuale afecta a Puerto Vallarta en 2023



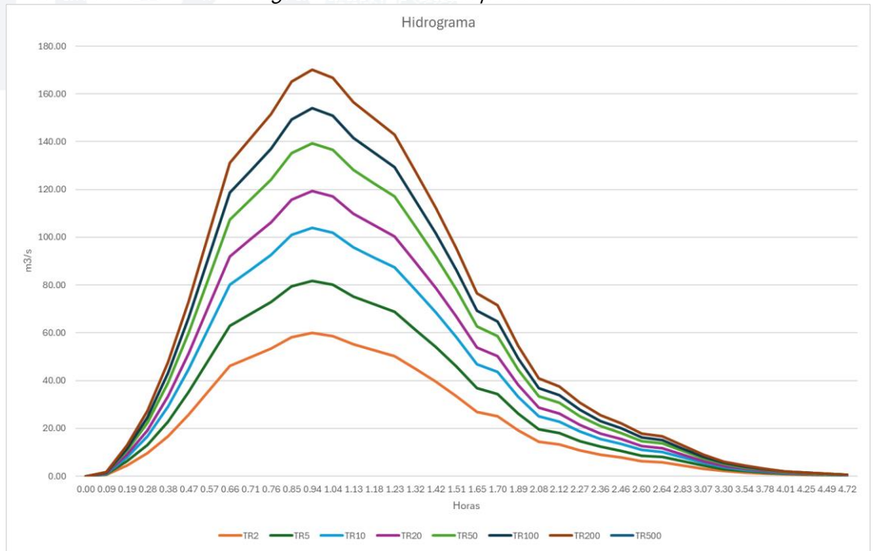
Fuente: Tribuna de la Bahía. https://tribunadelabahia.com.mx/incrementa-caudal-del-rio-cuale/

Imagen HDR-B-7. Desbordamiento del río Cuale

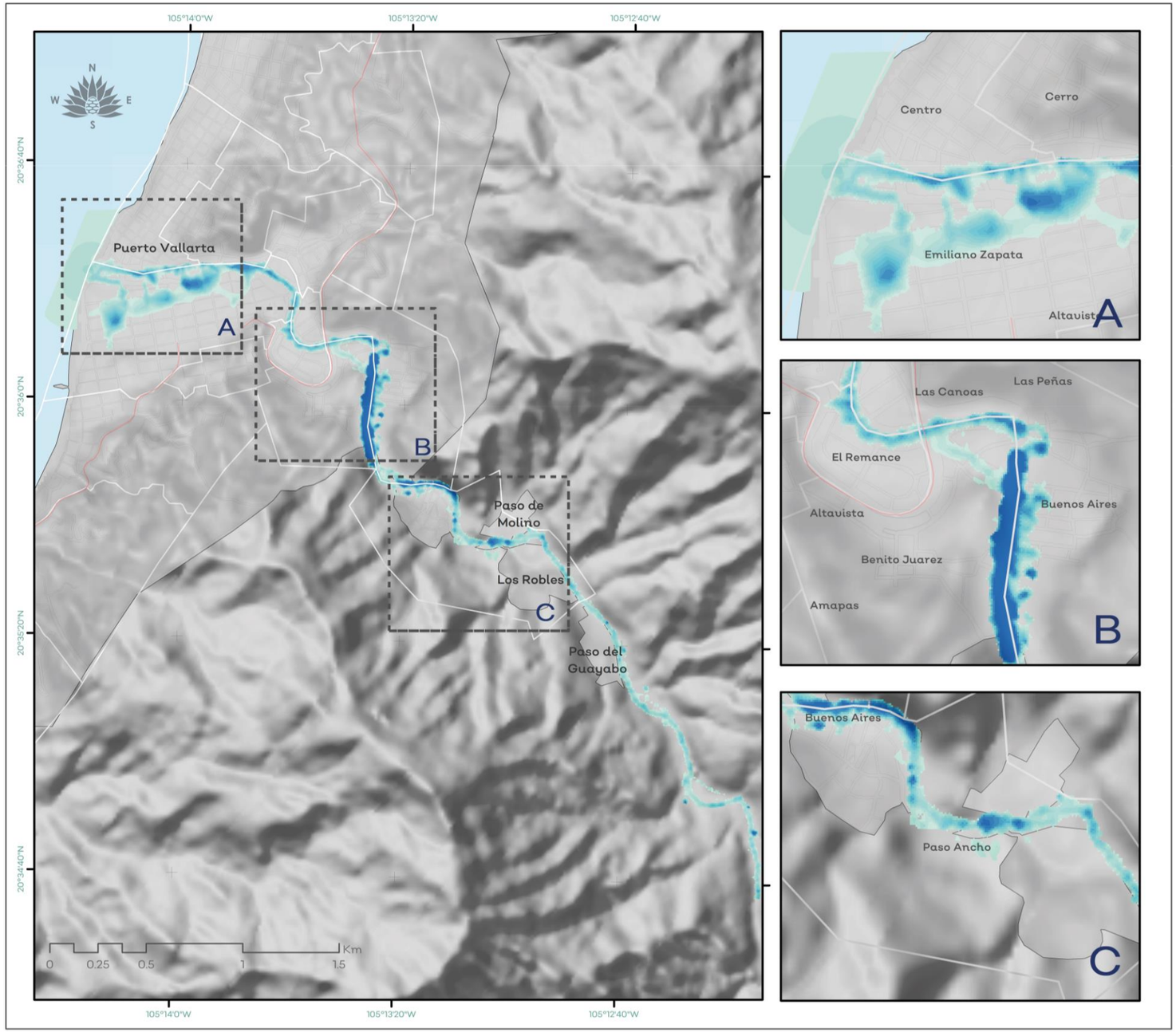


Fuente: López-Dóriga Digital. https://lopezdoriga.com/nacional/desborda-rio-cuale-puerto-vallarta-nora-jalisco/

Gráfica HDR-B-4. Hidrograma del Río Cuale para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Cuale
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-09-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



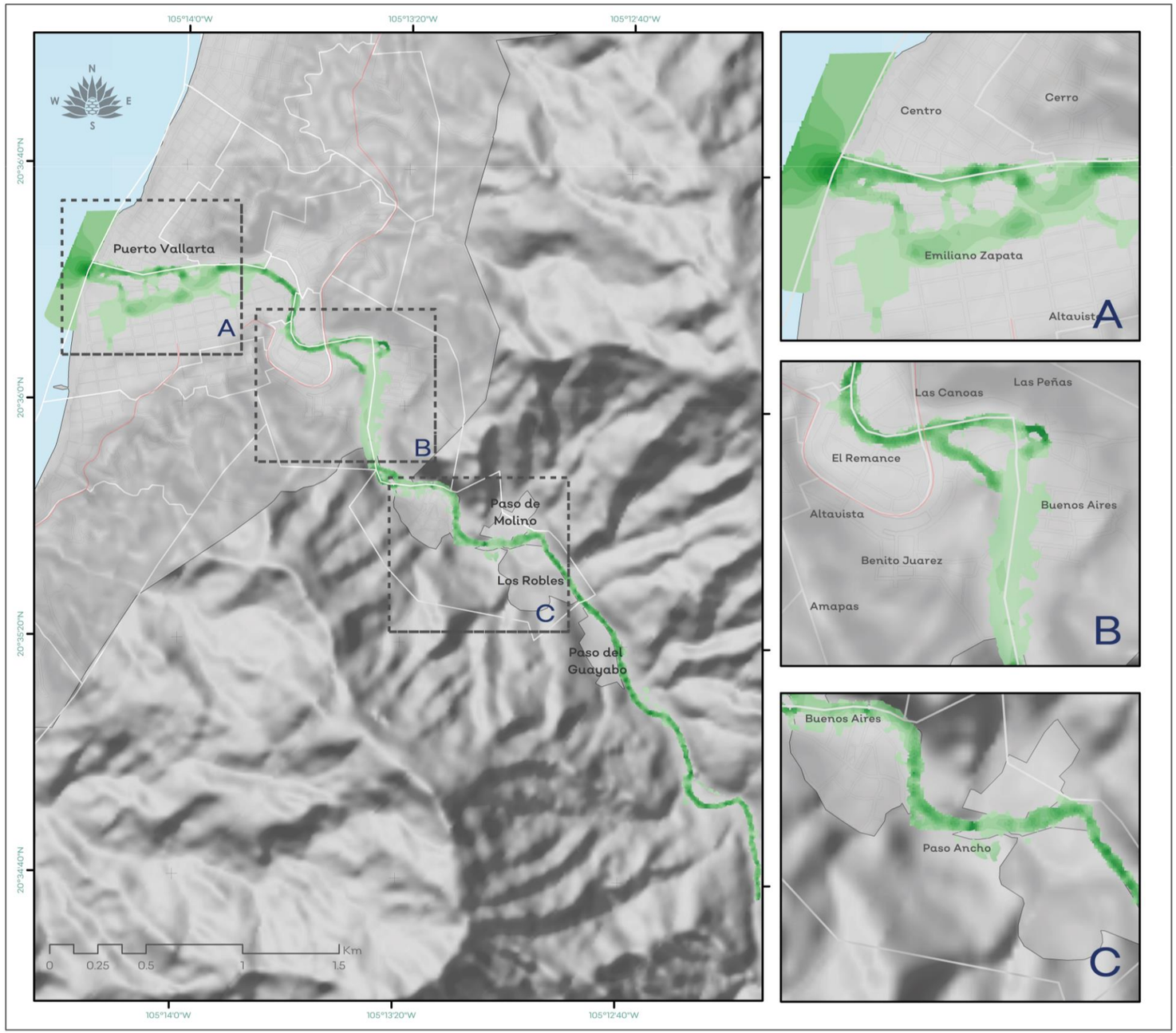
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda. INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Cuale
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-09-B

Leyenda Temática

Veocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



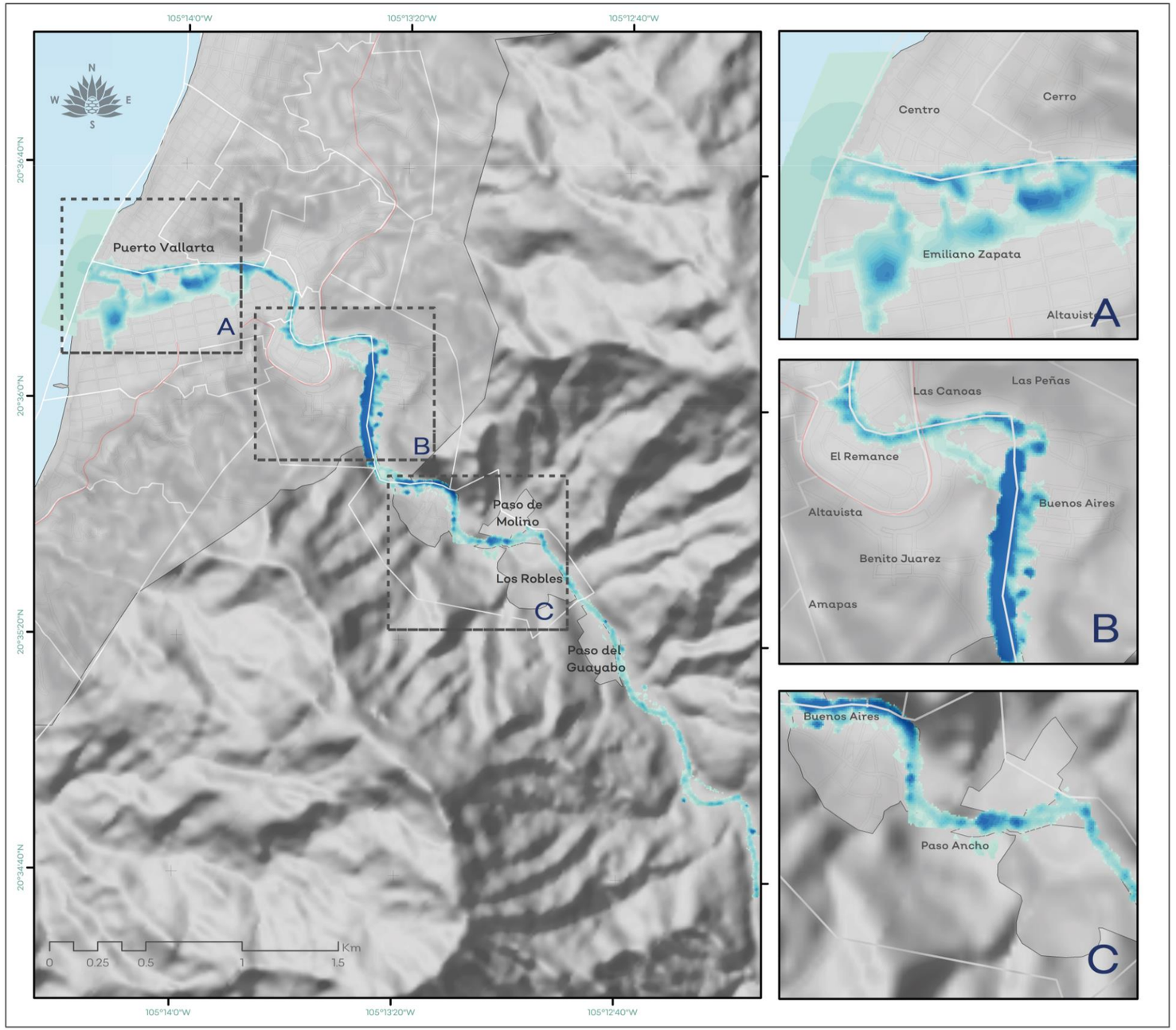
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Cuale
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-10-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



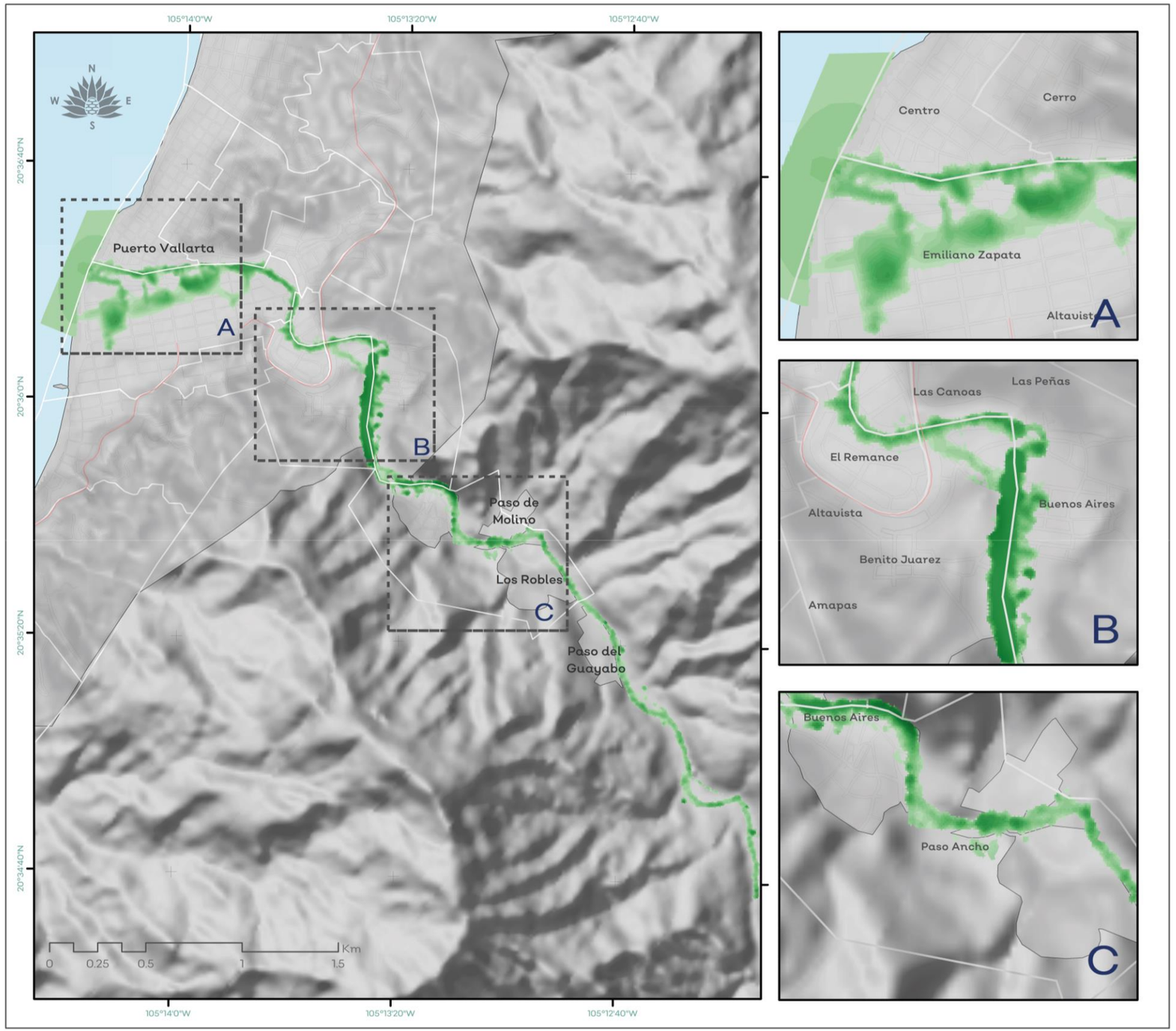
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Cuale
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-10-B

Leyenda Temática

Veocidad (m/s)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Tuito

La región presenta una variedad de formaciones que incluyen zonas montañosas y valles fluviales, lo que contribuye a la complejidad de su hidrología. En términos hidrológicos, el río Tuito es parte de un sistema que incluye tanto aguas superficiales como subterráneas, y su comportamiento está influenciado por las condiciones climáticas y la topografía del área.

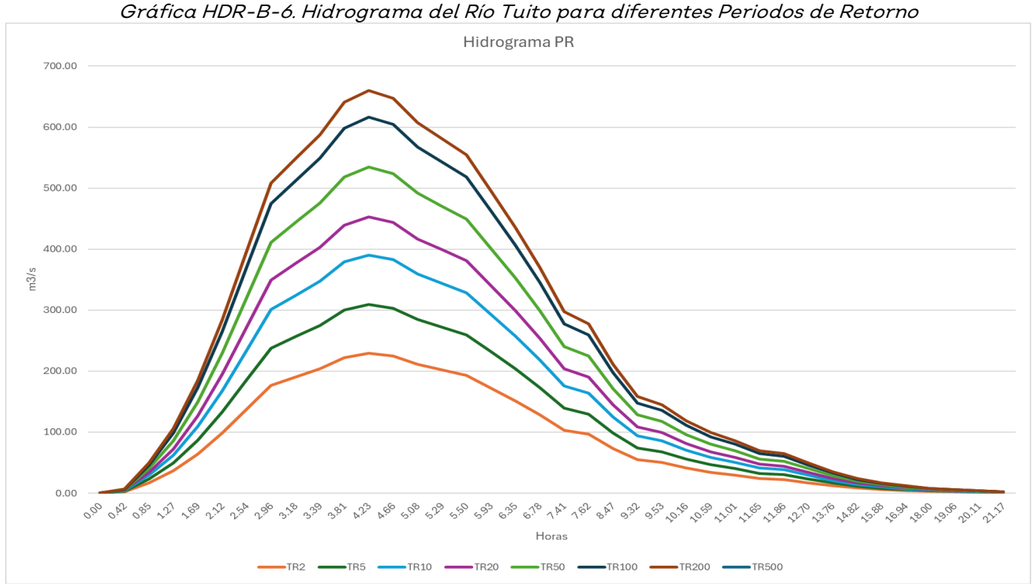
El Río Tuito en Jalisco, México, ha sido testigo de múltiples desbordamientos a lo largo del tiempo, principalmente debido a eventos meteorológicos extremos. Por ejemplo, en septiembre de 2019, el huracán Lorena desencadenó precipitaciones intensas en la región, lo que resultó en inundaciones repentinas y el desbordamiento del río. Asimismo, en octubre de 2018, las lluvias asociadas con el huracán Willa causaron un aumento significativo en el caudal del río, inundando áreas circundantes. Además, en septiembre de 1998, las tormentas tropicales Nora y Madeline provocaron una combinación de fuertes lluvias y deslizamientos de tierra, resultando en un desbordamiento del Río Tuito y otras vías fluviales en Jalisco. Estos eventos destacan la vulnerabilidad de la región a inundaciones debido a su geografía y a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos que afectan su régimen hidrológico.

Imagen HDR-B-8. Desbordamiento del río Tuito

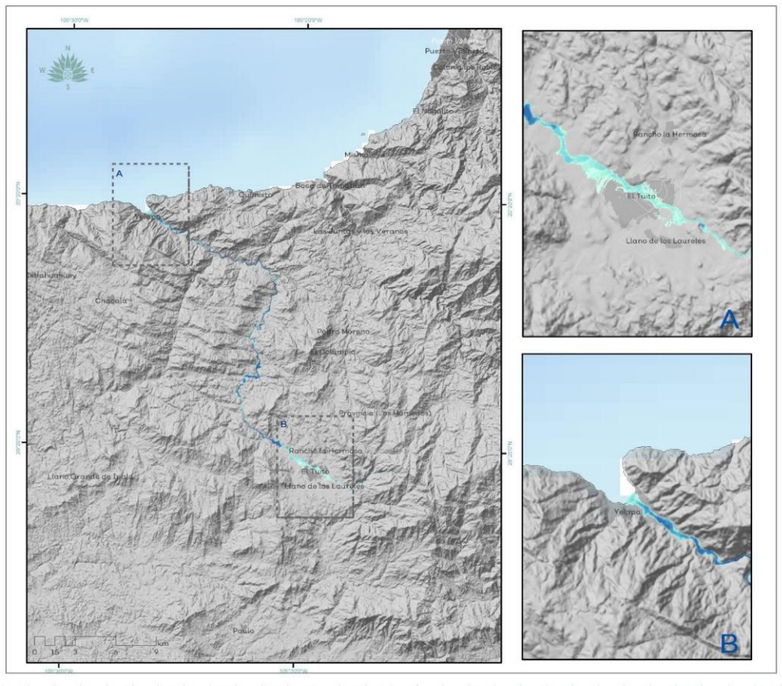


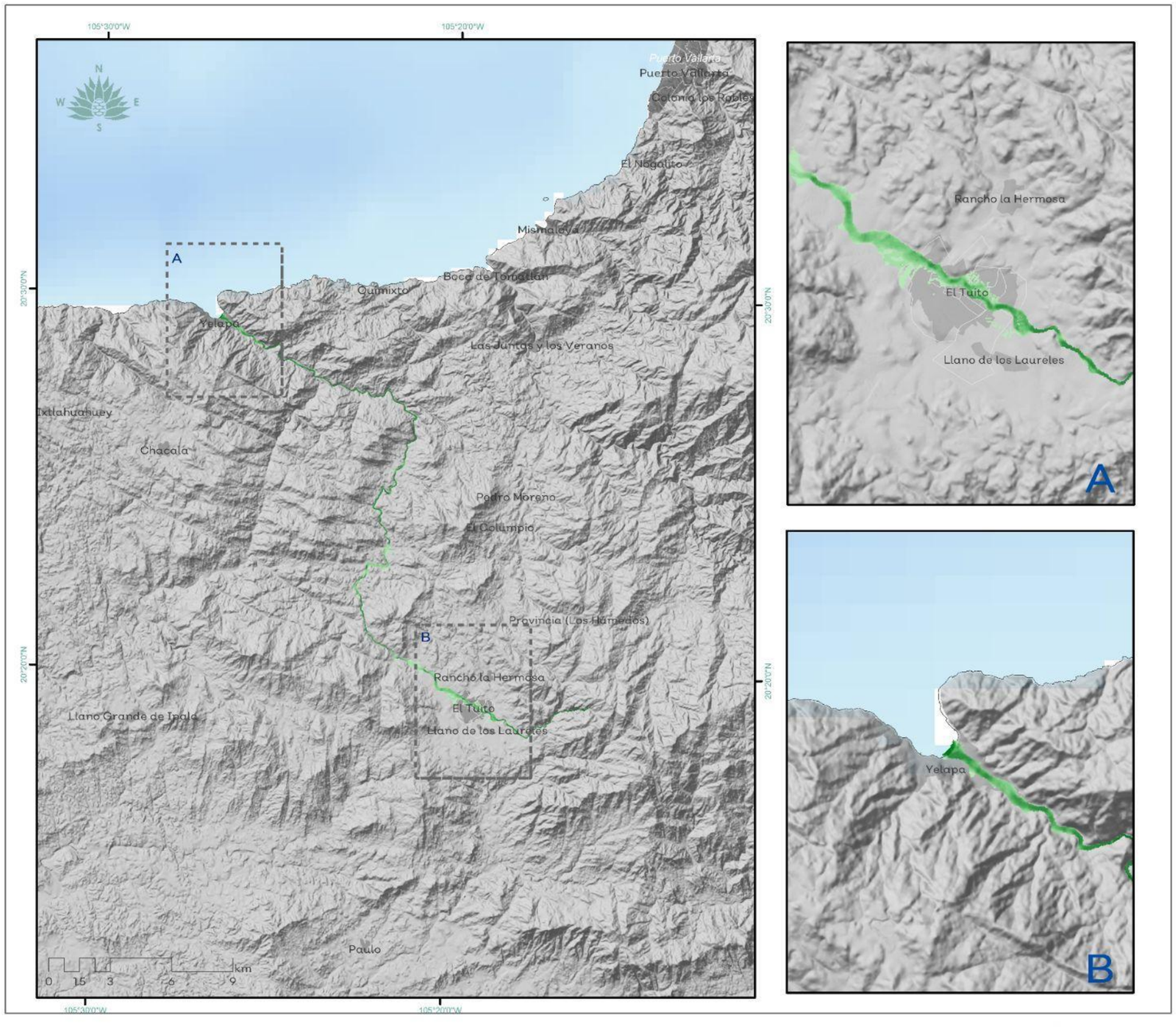
Fuente: UDGTV. https://udgtv.com/noticias/tormenta-hernan-causa-estragos-en-cabo-corrientes/16857

Gráfica HDR-B-6. Hidrograma del Río Tuito para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tuito
Periodo de Retorno de 20 años
HDR-B-11-B

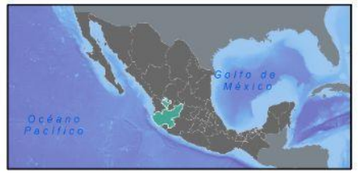
Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



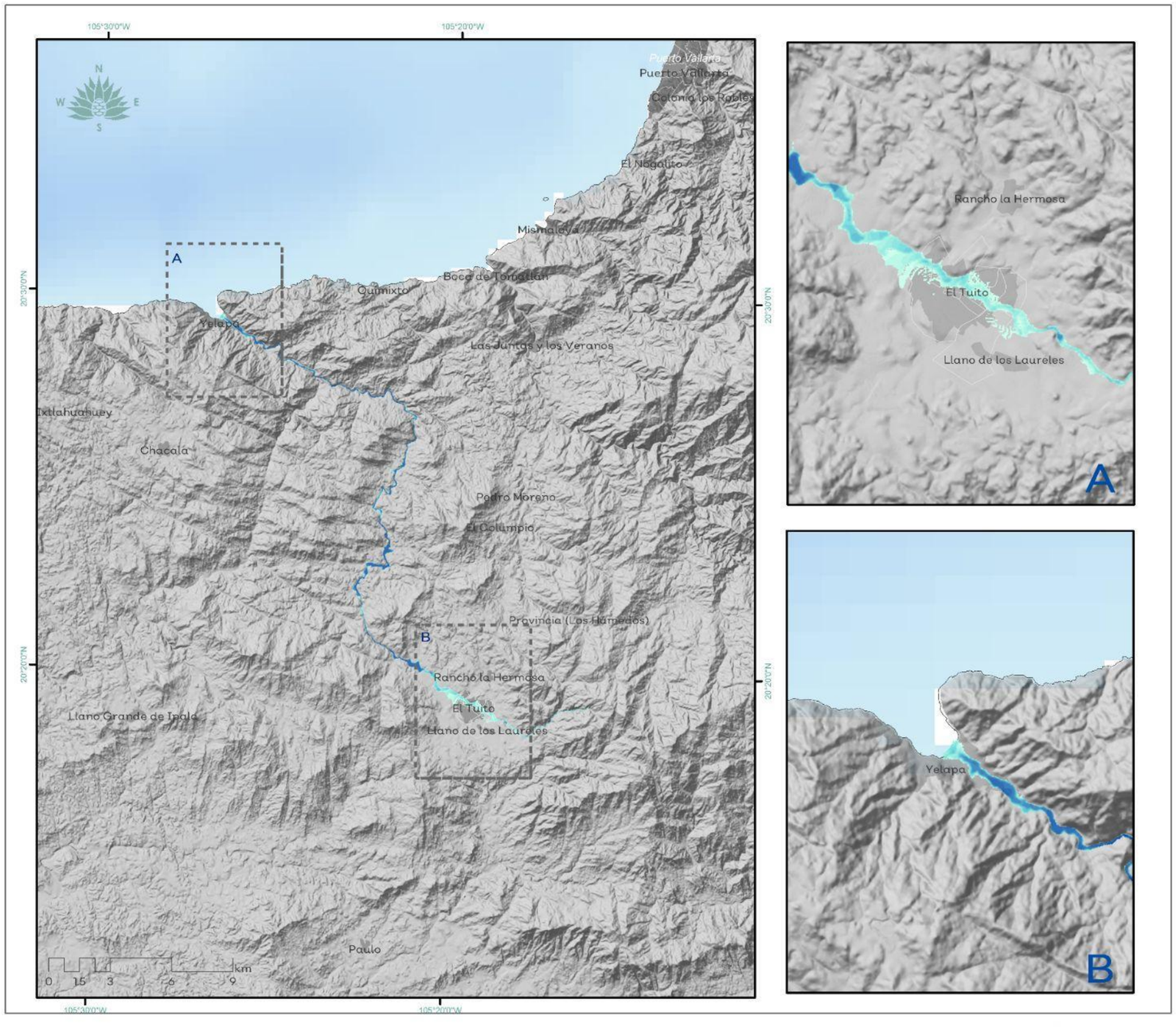
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:50,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI Marco Geoestadístico, 2022; Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tuito
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-12-A

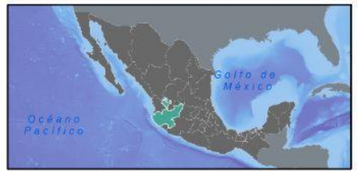
Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



Parámetros Cartográficos

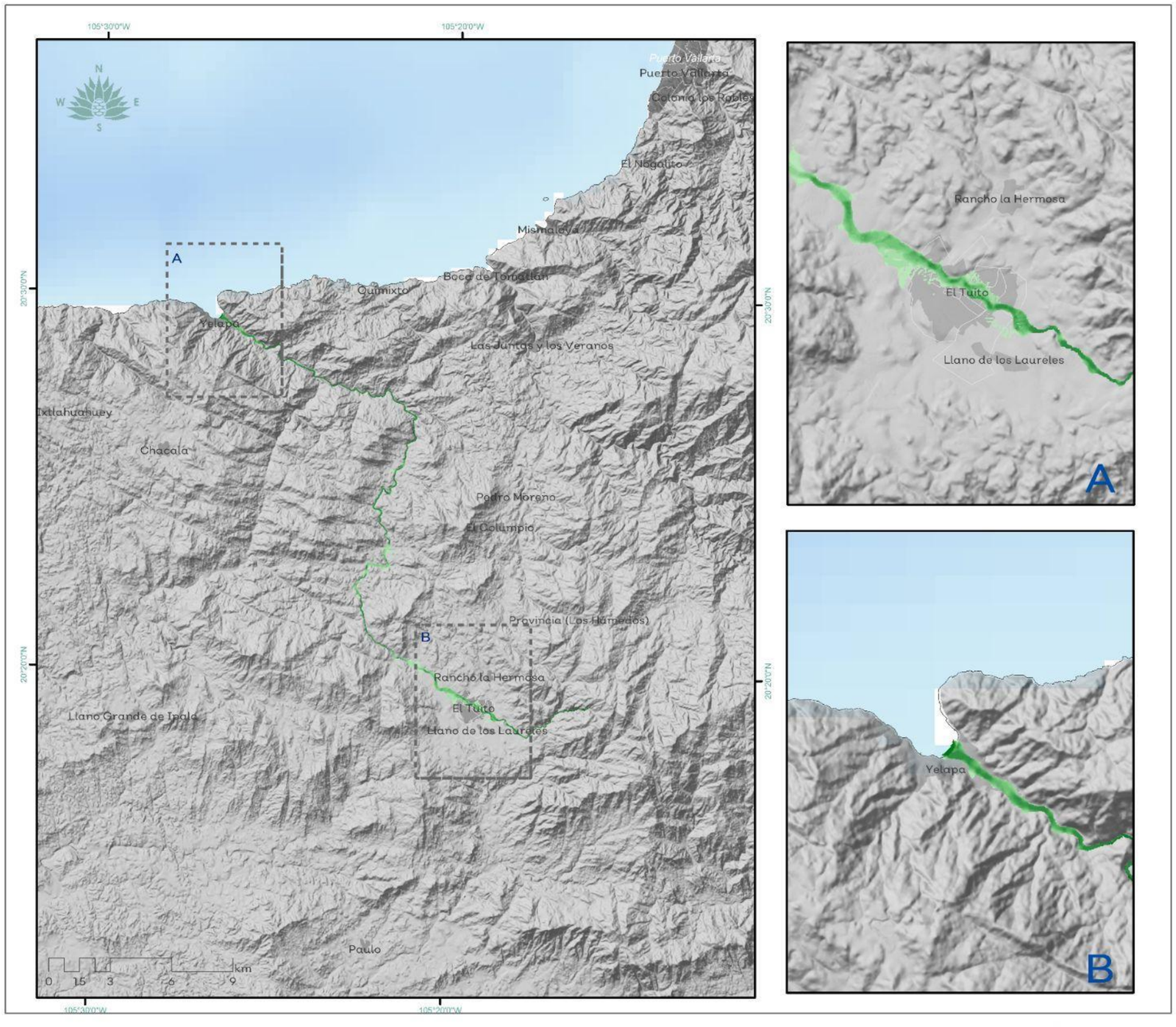
Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:50,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI Marco Geoestadístico, 2022; Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

C



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tuito
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-12-B

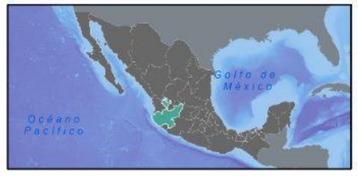
Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- colonias_imc2020
- Localidades



Parámetros Cartográficos

Proyección..... COL Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008 Escala numérica..... 1:50,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI Marco Geoestadístico, 2022; Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Zula

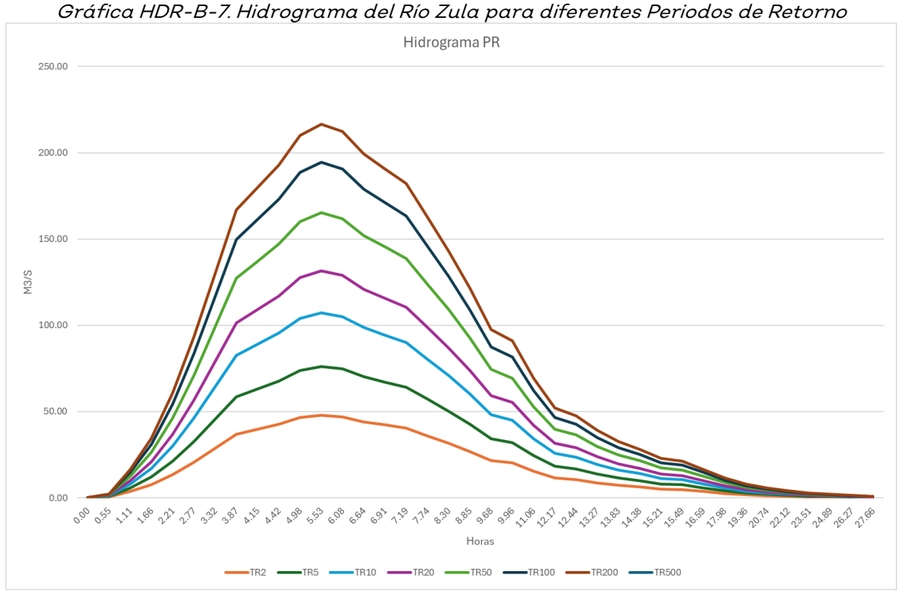
De acuerdo con la CEA Jalisco, el río Zula tiene un área de 2440.49 km2, una pendiente de 3.40 grados y una longitud de 9644 km. Este río forma parte de la cuenca del rio Lerma, la cual tiene una superficie de 51, 887 km2 (7,264 km2 en Jalisco), una longitud de 705 km y una precipitación media anual de 711 mm (CEA, Jalisco). En el año del 2022, el río Zula desbordó cerca del poblado de San Martín de Zula, por lo que las autoridades y protección civil construyeron un dique para contener la crecida del afluente (figura 12). En julio del 2017, la delegación de San Martín Zula presentó daños a predios utilizados para la agricultura, entre ellos, terrenos de la empresa Nestlé.

Imagen HDR-B-9. Desbordamiento del río Zula en 2022

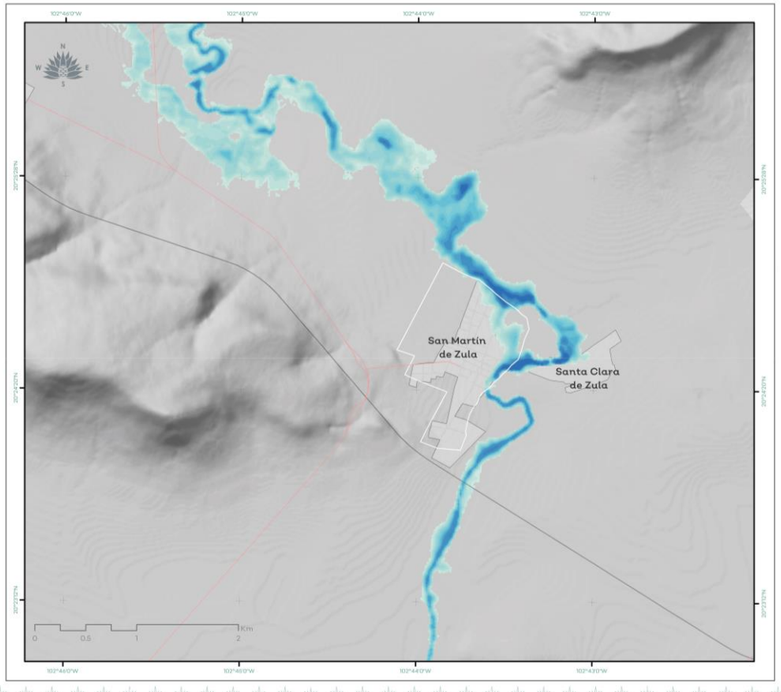


Fuente: UDG TV. https://udgtv.com/noticias/se-desborda-rio-en-san-martin-de-zula/52777

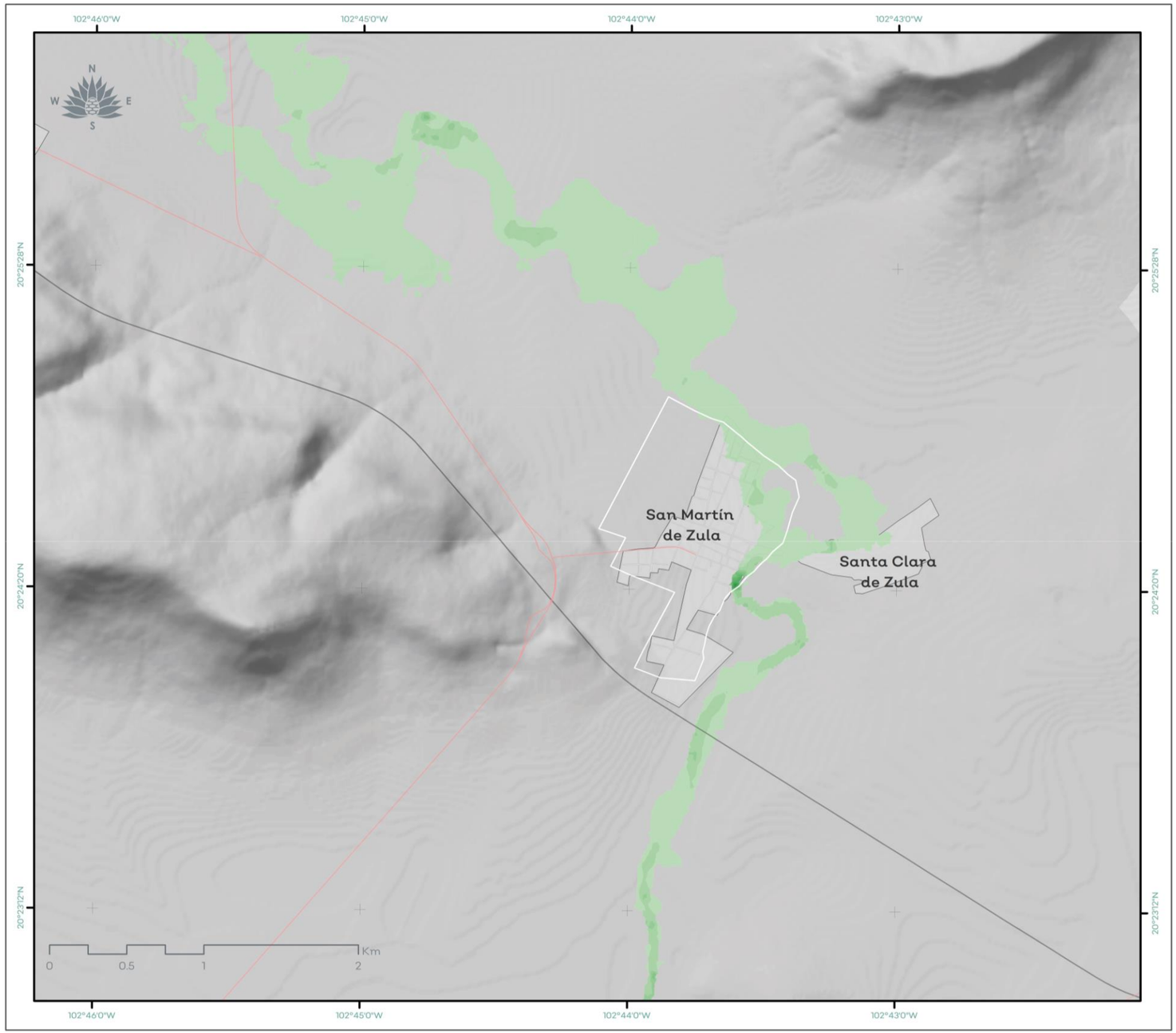
Gráfica HDR-B-7. Hidrograma del Río Zula para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.







ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Zula
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-13-B

Leyenda Temática

Tiirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



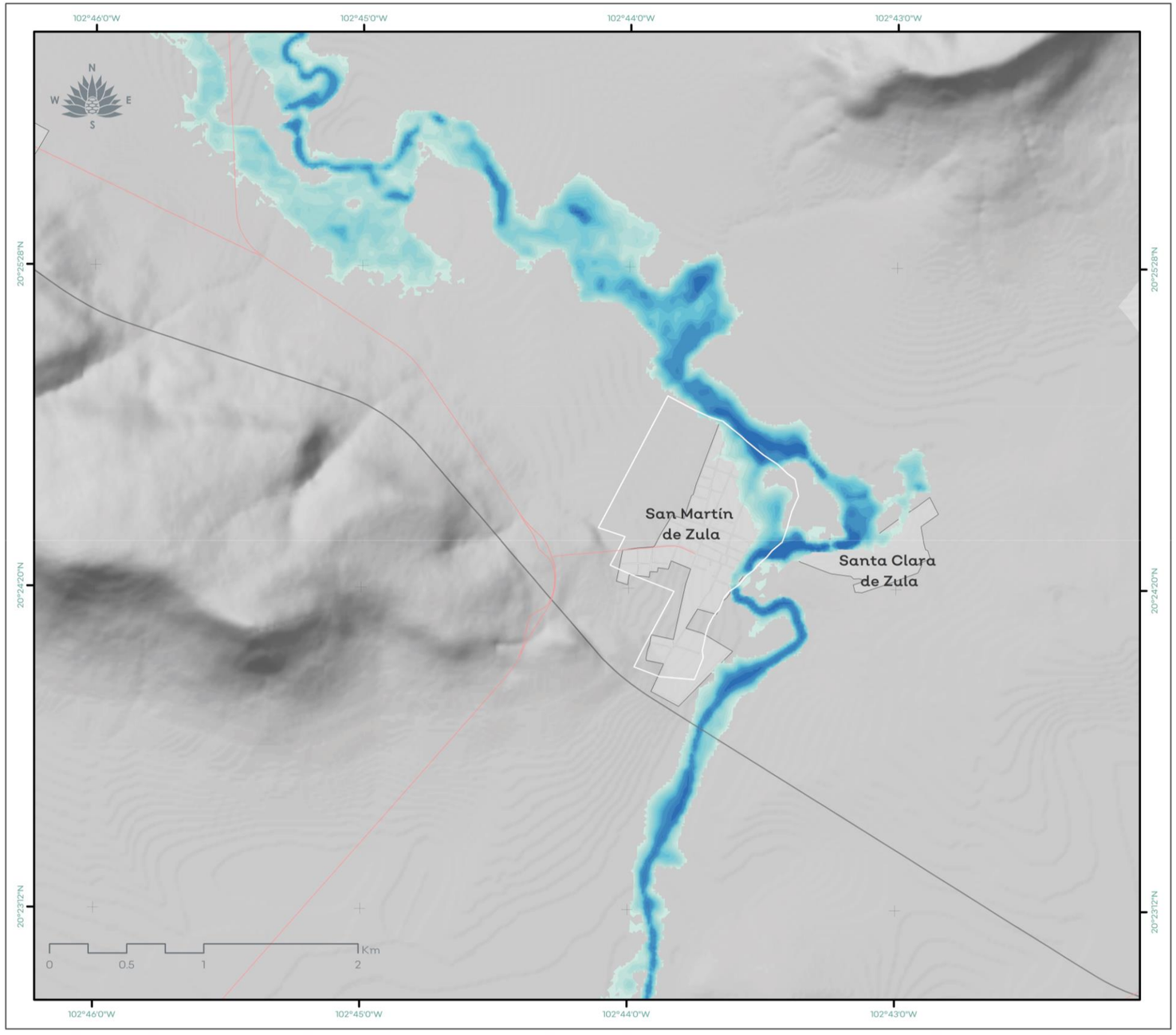
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Zula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-14-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



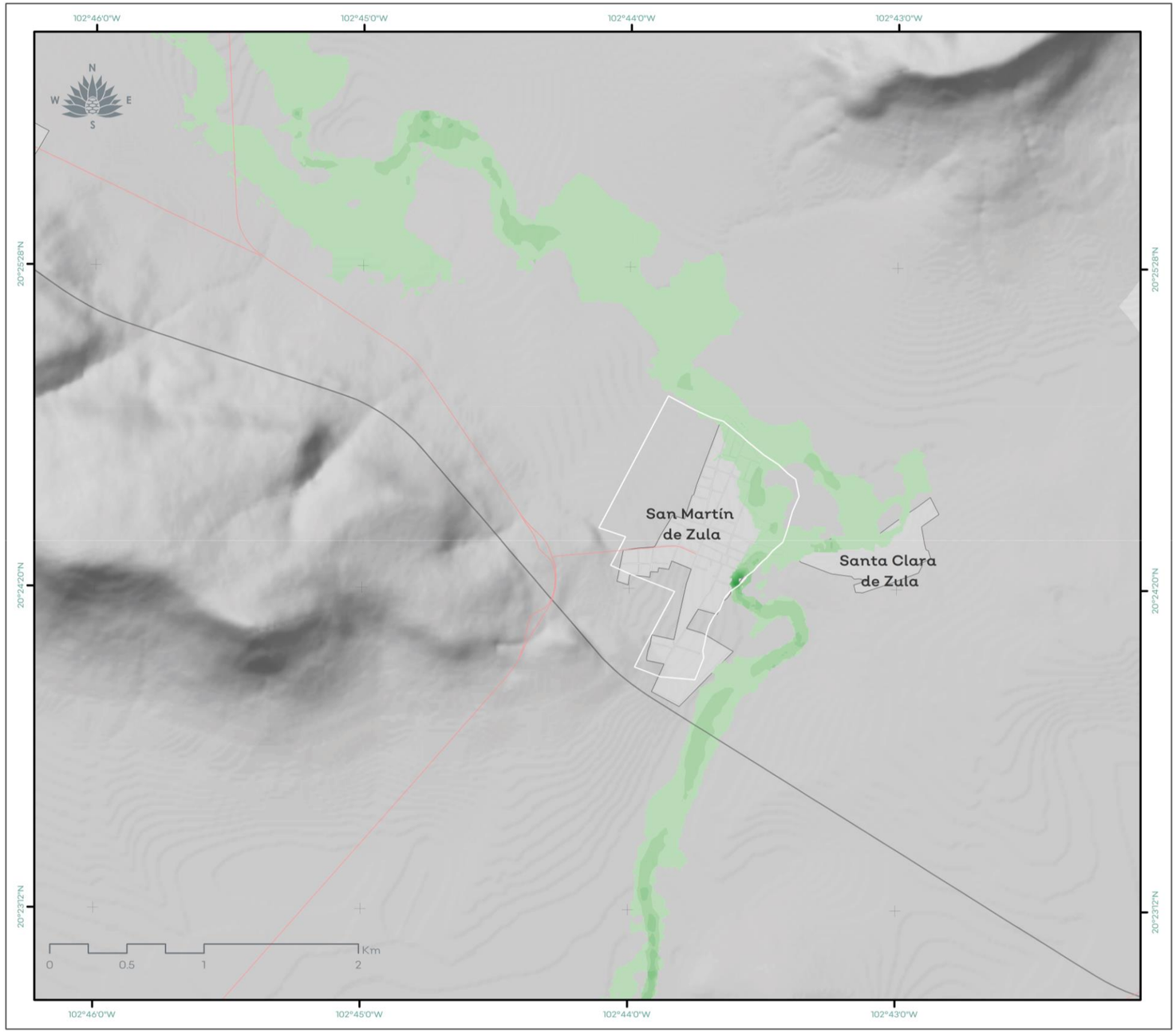
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Zula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-14-B

Leyenda Temática

Tiirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



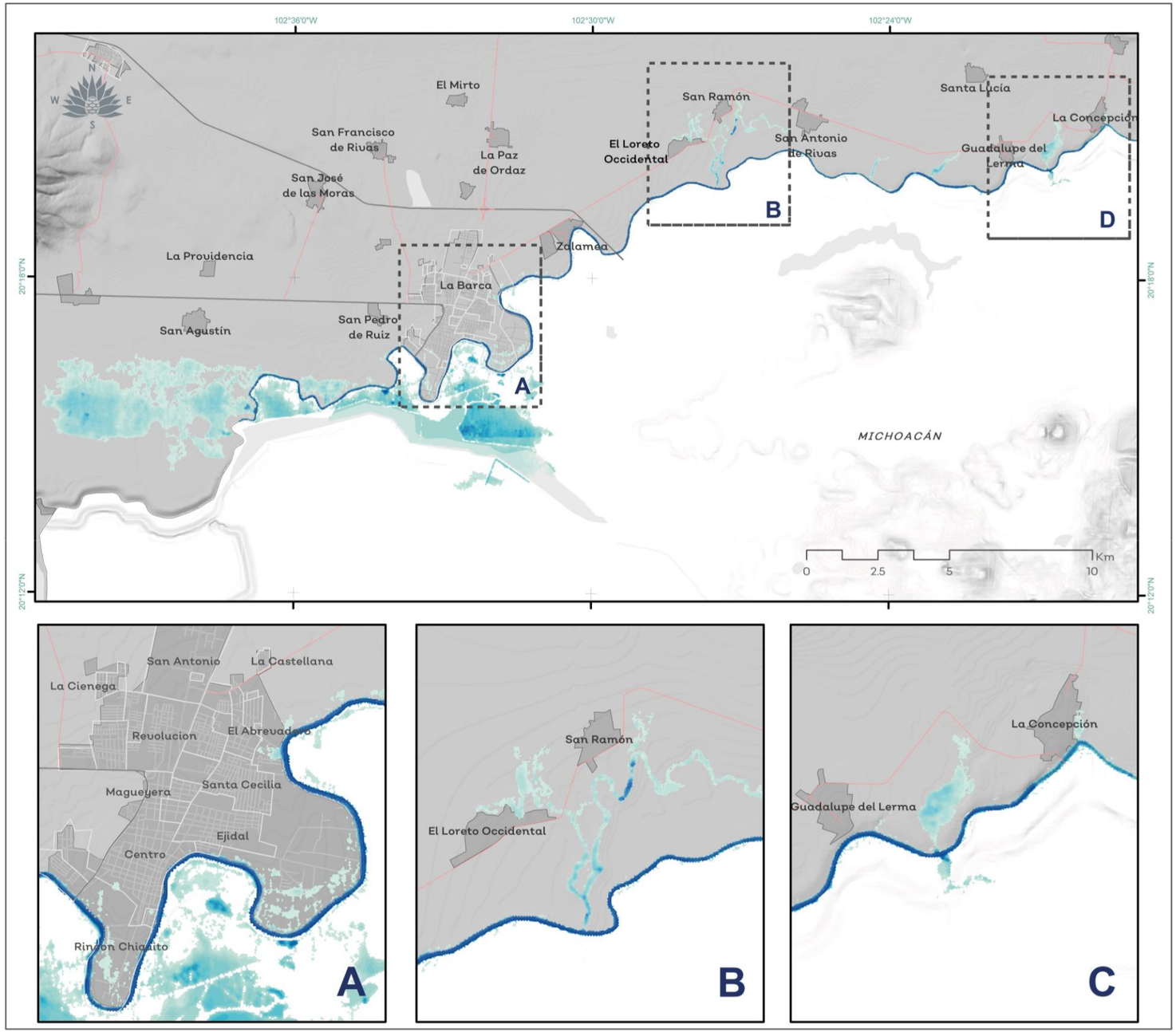
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-15-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



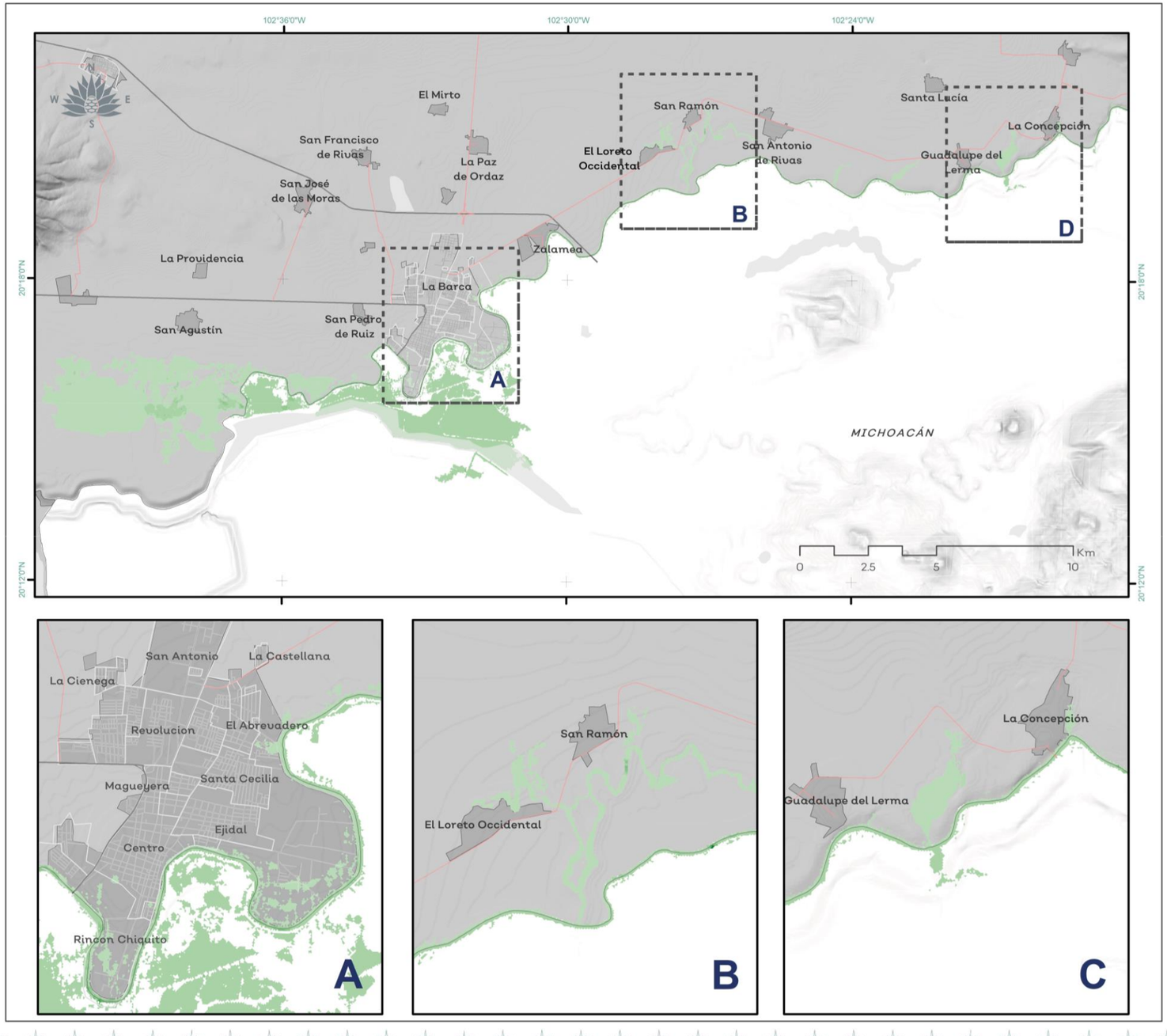
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:135,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-15-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



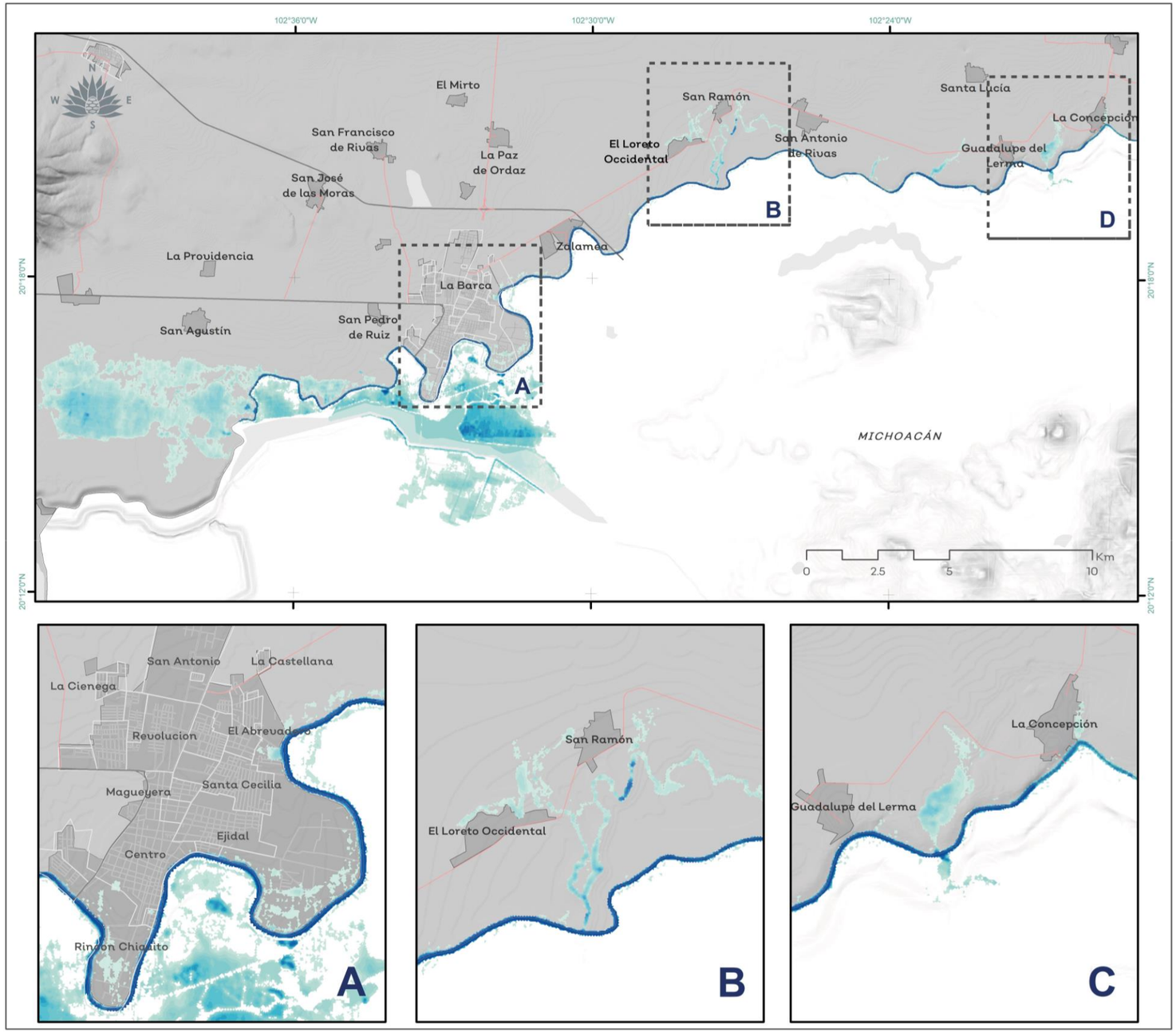
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:135,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-16-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



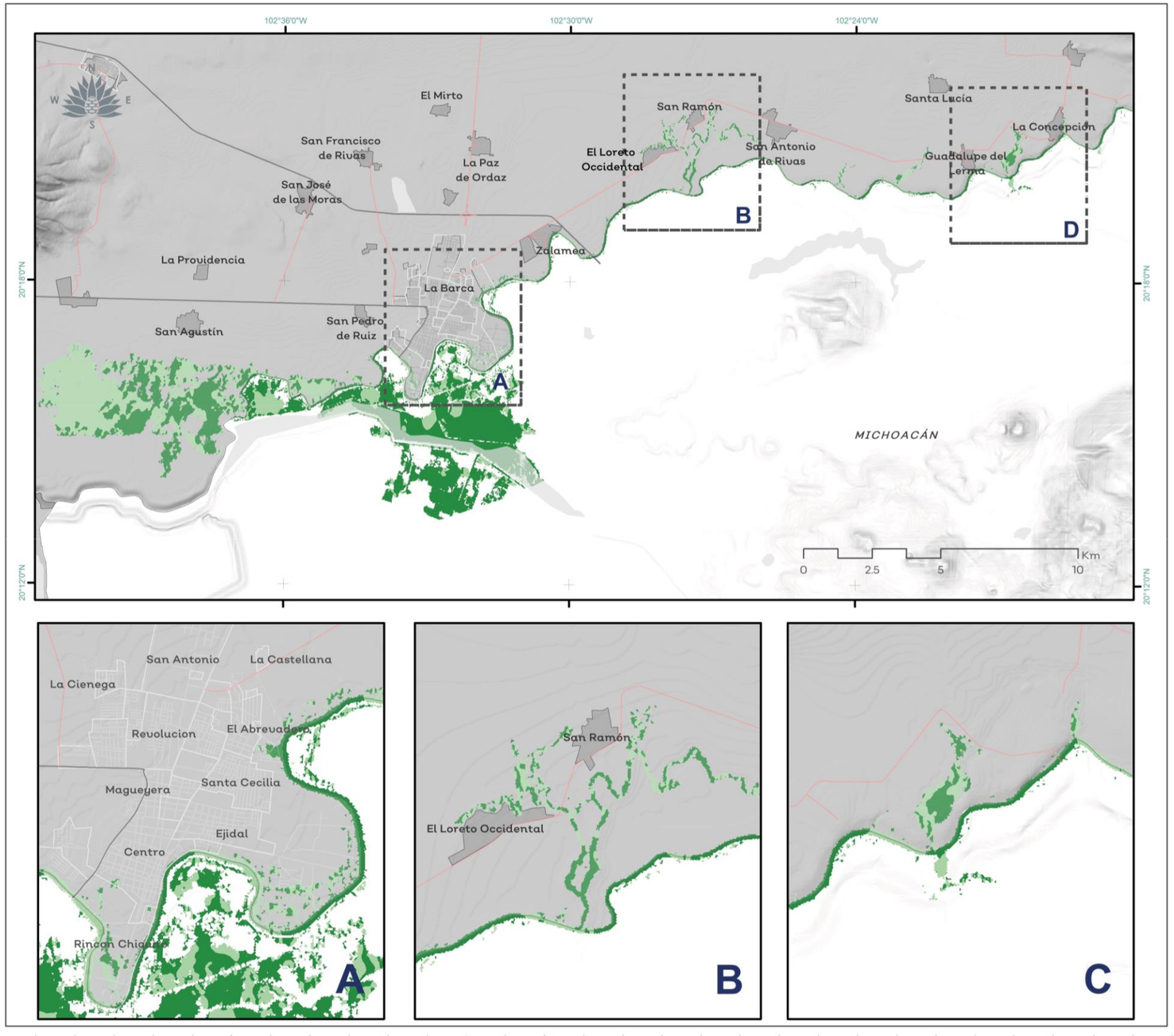
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:135,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-16-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.6 - 0.8	> 2
0.2 - 0.4	0.8 - 1	
0.4 - 0.6	1 - 1.2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:135,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Rio Tamazula

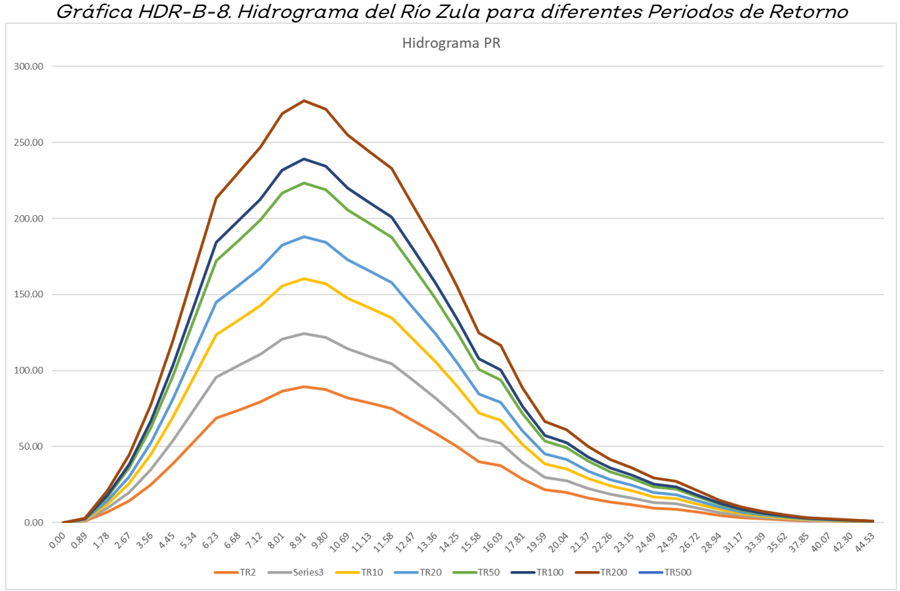
Las inundaciones en Tamazula de Gordiano, Jalisco, han sido recurrentes a lo largo del tiempo, especialmente durante periodos de lluvias intensas y eventos climáticos extremos. Por ejemplo, en septiembre de 2018, las precipitaciones torrenciales asociadas con la tormenta tropical Rosa provocaron desbordamientos de los ríos que cruzan la región, inundando áreas urbanas y rurales en Tamazula de Gordiano y sus alrededores. Además, en agosto de 2012, las fuertes lluvias causadas por el huracán Jova resultaron en graves inundaciones, afectando infraestructuras y causando daños materiales significativos en la ciudad. Estos episodios subrayan la necesidad de medidas de mitigación y adaptación ante el riesgo de inundaciones en Tamazula de Gordiano, así como la importancia de la planificación urbana resiliente y la gestión integrada de recursos hídricos para reducir la vulnerabilidad de la población ante tales eventos.

Imagen HDR-B-10. Inundaciones en Tamazula

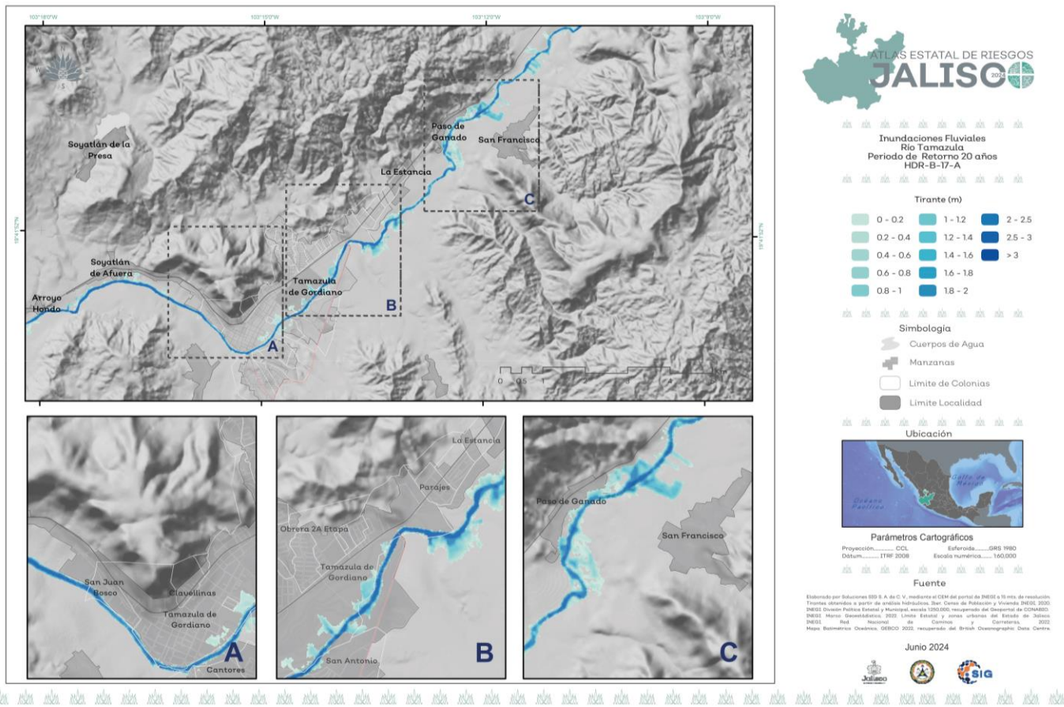


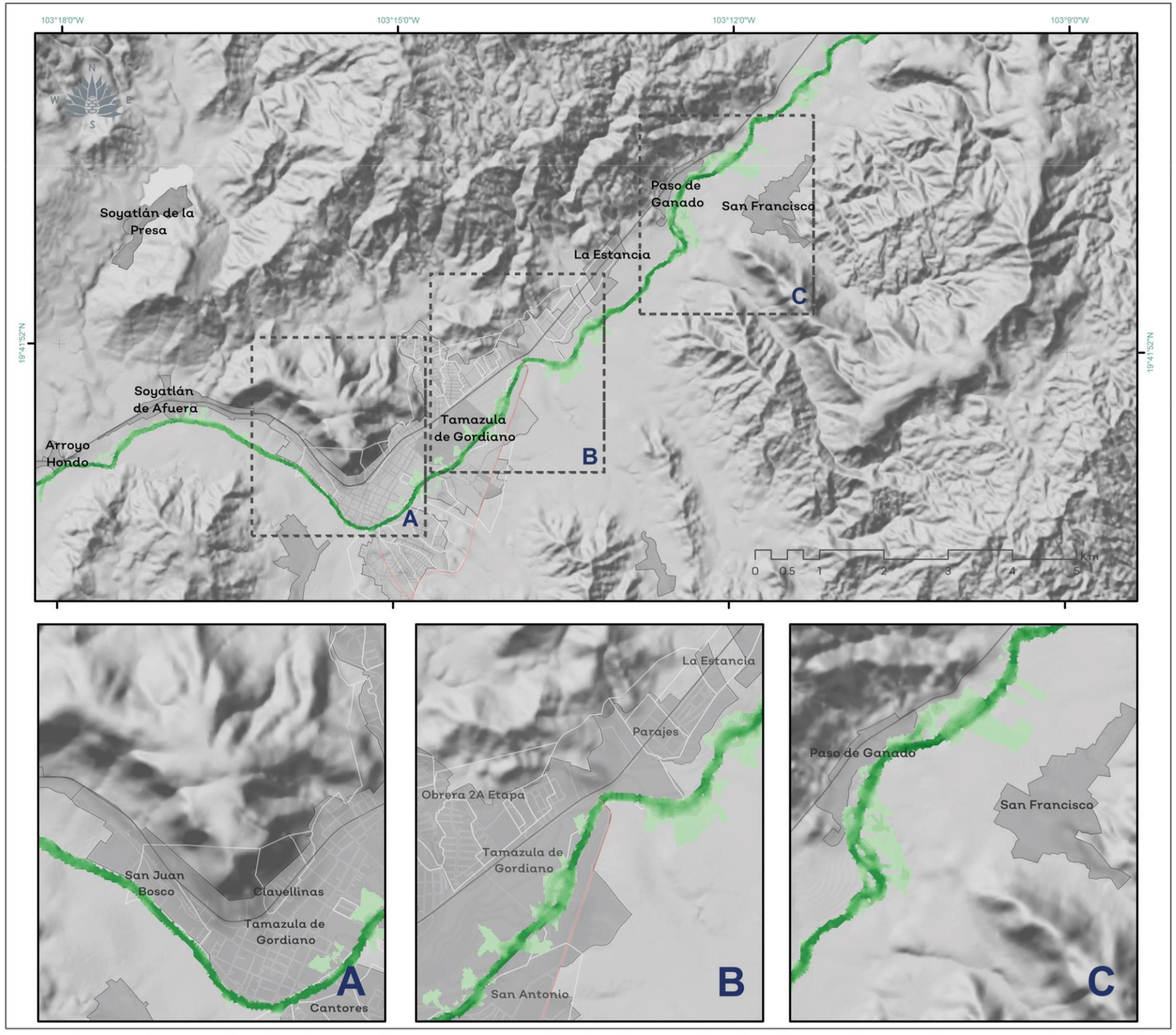
Fuente: Heraldo de México, 2021

Gráfica HDR-B-8. Hidrograma del Río Zula para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tamazula
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-17-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



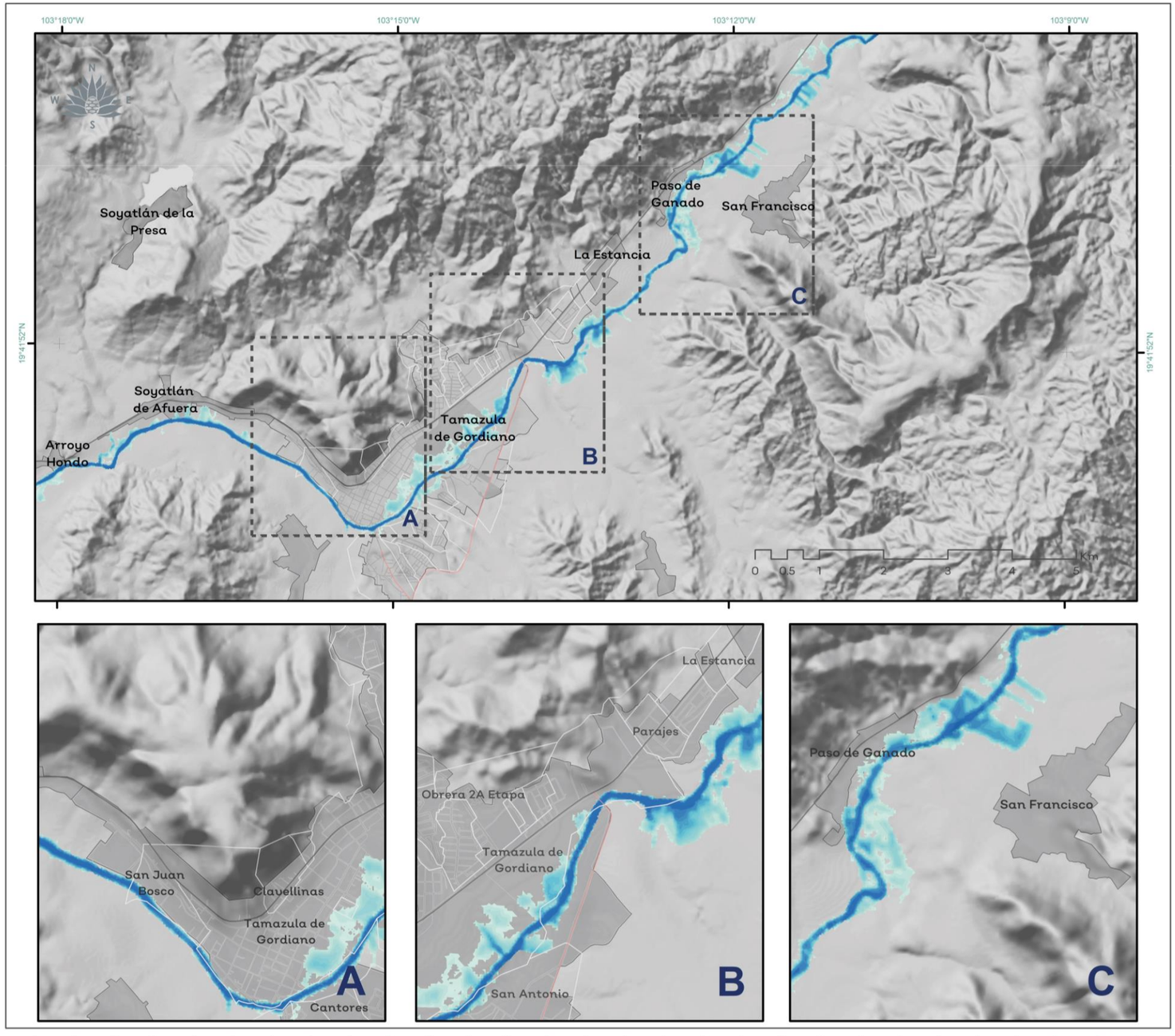
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tamazula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-18-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



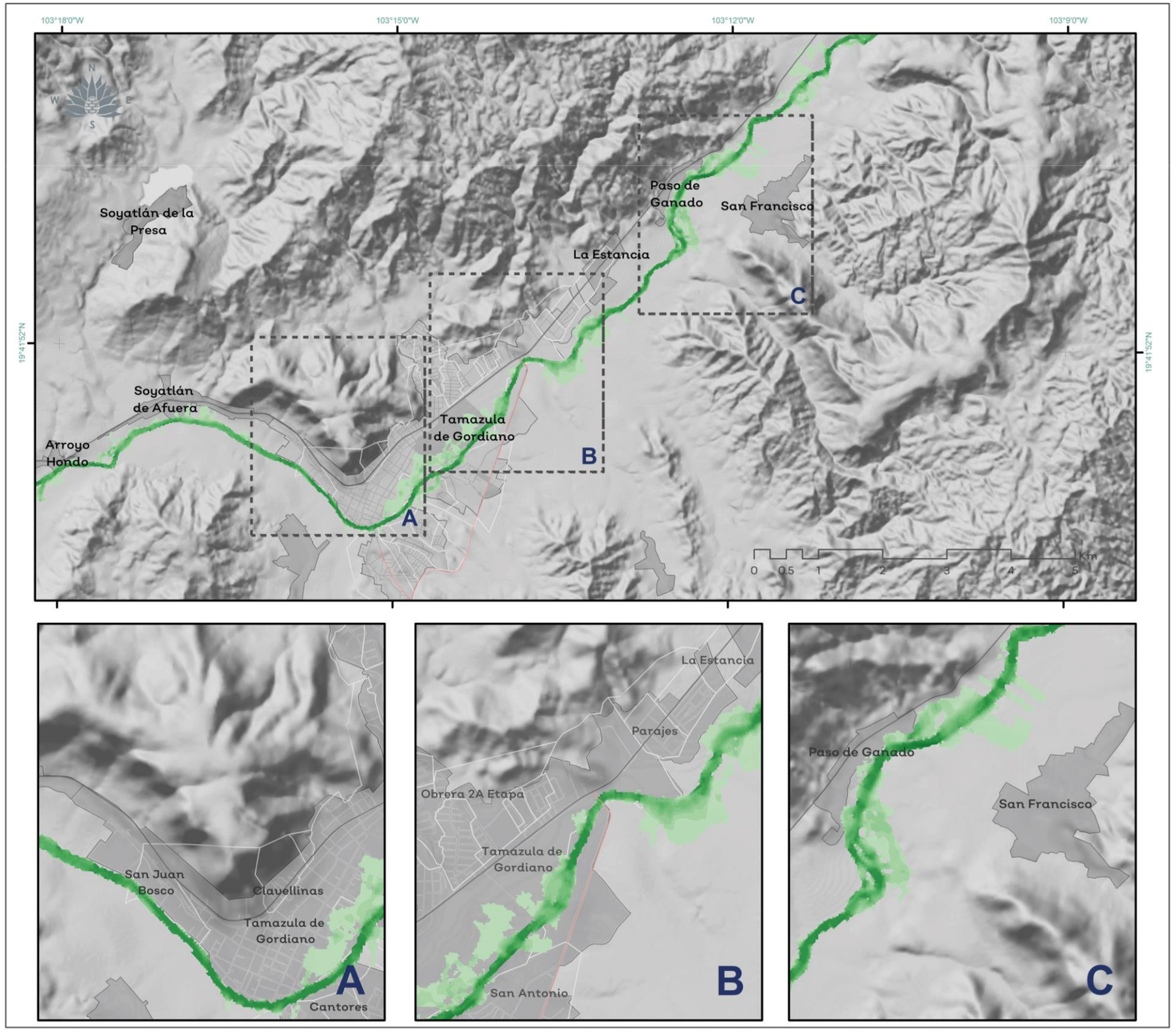
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tamazula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-18-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Río Marabasco

De acuerdo con el INEGI (2023), el Río Marabasco es un cuerpo de agua con una longitud de 138,093 km y una pendiente de 1. 28 grados. Este río es el cauce principal de la cuenca Río Marabasco, que abarca la porción occidental de la República Mexicana y tiene un área de 2,105 km2 repartidos entre Jalisco y Colima, dicha cuenca registra una precipitación media anual que oscila entre 800 y 2000 mm (CEA Jalisco). En octubre del 2023, el río Marabasco se desbordó afectando al menos 50 familias, en algunas porciones de Jalisco la corriente de agua superó dos metros de altura, cubriendo casi en su totalidad las edificaciones. Debido a la gravedad del suceso, el ejército mexicano activó el Plan DN-III para auxiliar a los pobladores.

Imagen HDR-B-11. Afectaciones del Río Marabasco en Jalisco (2023).



Fuente: Milenio Noticias. https://www.milenio.com/estados/rio-marabasco-abre-heridas-jalisco-colima-huracan-lidia

En el año 2022, el afluente del río Marabasco rebasó el nivel máximo de su cauce, alcanzando profundidades de hasta cuatro metros. Este suceso causó daños a los cultivos, casas y carreteras en comunidades como Cihuatlán, Jalisco (*Imagen HDR-B-9*). Estos desbordamientos son frecuentes en la comunidad mencionada ya que, en el 2017, el municipio se vio afectado por el desbordamiento del río Marabasco (*Imagen HDR-B-10*). En el mes octubre del 2015, el desborde del río Marabasco provocó el cierre de vialidades como la carretera federal 80, de igual forma, afectó decenas de construcciones y vehículos (*Imagen HDR-B-11*).

Resultado

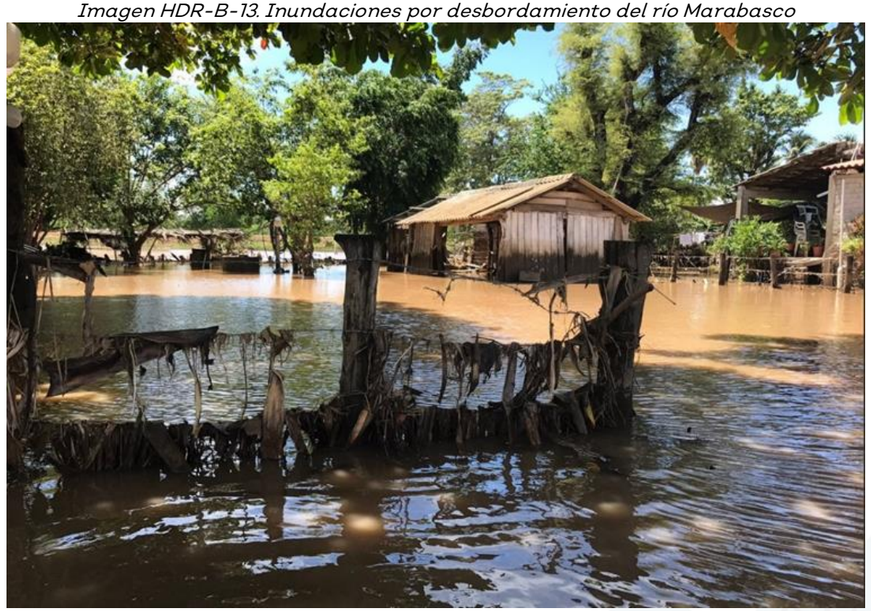
La extensión estimada de la inundación, basada en imágenes del satélite Sentinel-1 entre el 23 y el 29 de agosto de 2020, fue de 114 hectáreas. El número estimado de personas expuestas, según el Global Human Settlement Layer (GHSL) de 2015 con una resolución de 250 metros, fue de 0. Asimismo, las tierras de cultivo afectadas estimadas, de acuerdo con la cobertura terrestre MODIS del año 2020 con una resolución de 500 metros, también fueron 0 hectáreas. Del mismo modo, las áreas urbanas afectadas estimadas, basadas en la cobertura terrestre MODIS del año 2020 con una resolución de 500 metros, fueron 0 hectáreas

Imagen HDR-B-12. Desbordamiento del río Marabasco (2022)



Fuente: La razón. https://www.razon.com.mx/mexico/rio-marabasco-colima-jalisco-desborda-lluvias-lorena-huracan/

Imagen HDR-B-13. Inundaciones por desbordamiento del río Marabasco



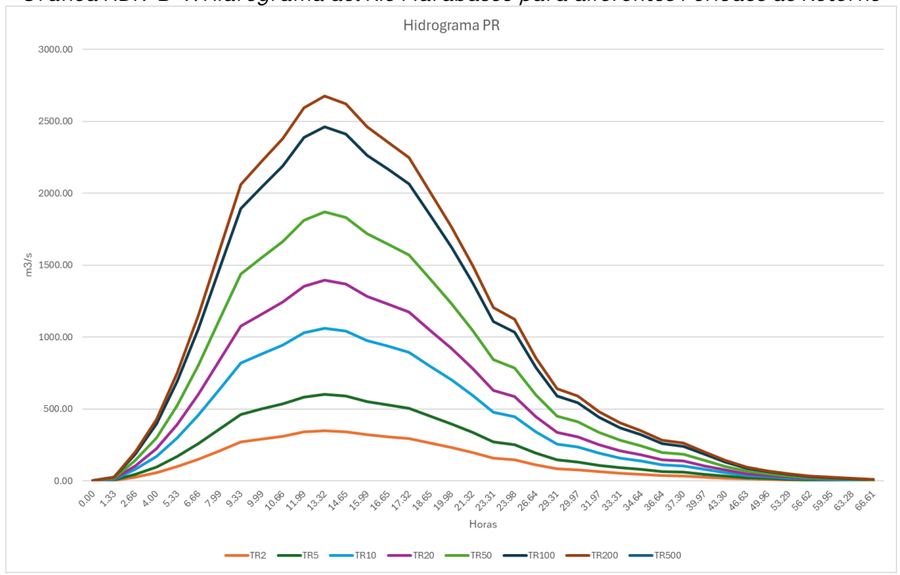
Fuente: Noticieros Televisa. https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/lluvias-provocan-desbordamiento-rio-marabasco/

Imagen HDR-B-14..Inundaciones por desbordamiento del río Marabasco en 2015.

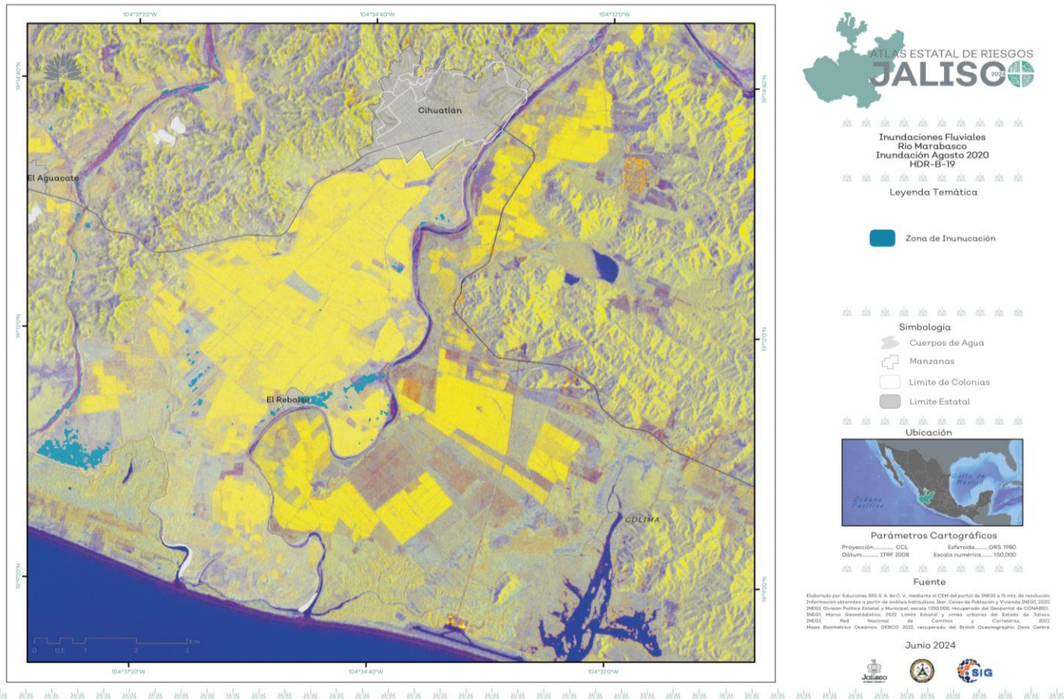


Fuente: Crónica Jalisco. https://www.cronicajalisco.com/notas/2015/54742.html

Gráfica HDR-B-9. Hidrograma del Río Marabasco para diferentes Periodos de Retorno



Fuente: Soluciones SIG.



Modelo Para Análisis De Riesgo Por Inundación El Rebalse, Cihuatlán Jal.

La Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco realizó un proyecto en la localidad del Rebalse, Cihuatlán, a fin de realizar un modelo de análisis de riesgo ante los fenómenos Hidrometeorológicos, específicamente ciclones tropicales e inundaciones. El estudio se llevó a cabo en junio del 2020 en el cual se realizó lo siguiente.

- Encuesta de percepción local del riesgo por vivienda
- Encuesta de capacidad de respuesta a las autoridades locales
- Análisis de la dinámica Hidrológica de en la microcuenca.
- Levantamiento topográfico de secciones del rio Marabasco
- Georreferencia de toponimia de calles, servicios etc.
- Georreferencia de viviendas.

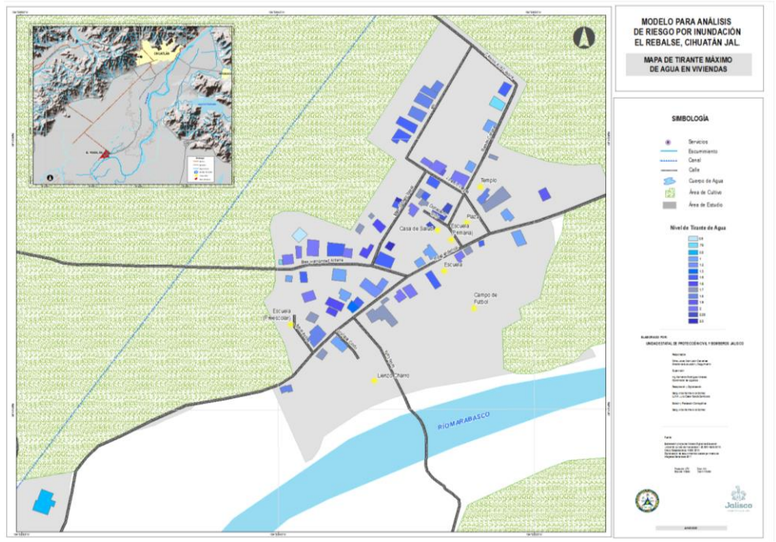
Resultados

Se realizó el levantamiento topográfico tanto de la delegación de El Rebalse como del río Marabasco en el tramo que comprende del Puente Marabasco en cabecera municipal de Cihuatlán, hasta la localidad de El Rebalse, con cadenamiento a cada 50 metros.

Se concluyó que la irregularidad del curso del Río (con curvaturas pronunciadas) así como la reducción de las secciones, provocan que, al variar las velocidades, el tirante se eleve aumentando la presión sobre los bordos de ambas márgenes con el colapso de estos como ya es recurrente. Además, en el valle en estudio se observó una pendiente natural del suelo dirección sursureste, por lo que no se puede descartar que, por diversos factores, el curso que presenta actualmente el cauce haya sido modificado o que existieran escurrimientos secundarios que hayan sido eliminados o reducidos.

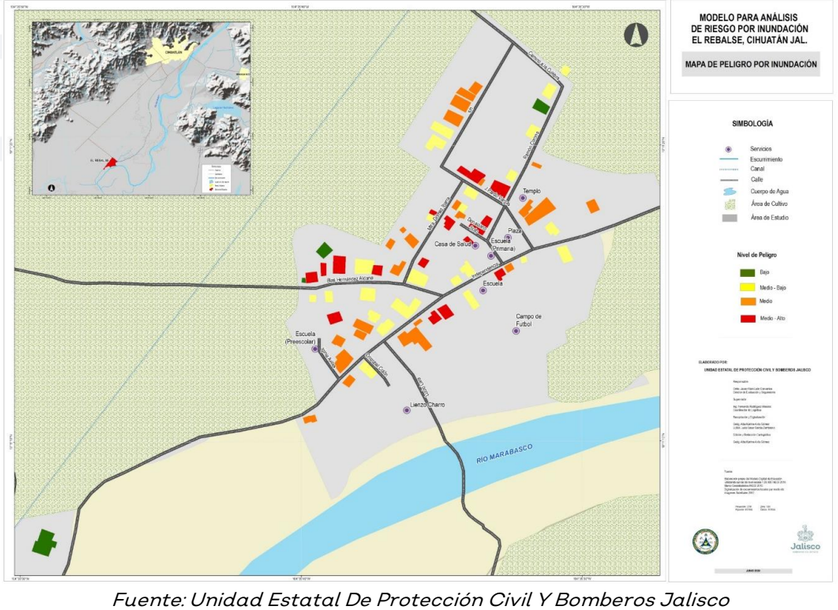
Se propone en el estudio que las obras de prevención que se ejecutan actualmente (Desazolve y Reforzamiento de Bordos), reducen las posibilidades de afectación. Además de continuo trabajo en la Gestión Local del Riesgo, en la generación de programas que, dentro del proceso de desarrollo estratégico municipal, incorporen la prevención dentro de la cultura de las comunidades. La participación de actores públicos y privados en el ámbito local y la implementación de un Sistema de Alerta Temprana en la comunidad de El Rebalse.

Imagen HDR-B-15. Mapa de Tirante máxima en viviendas



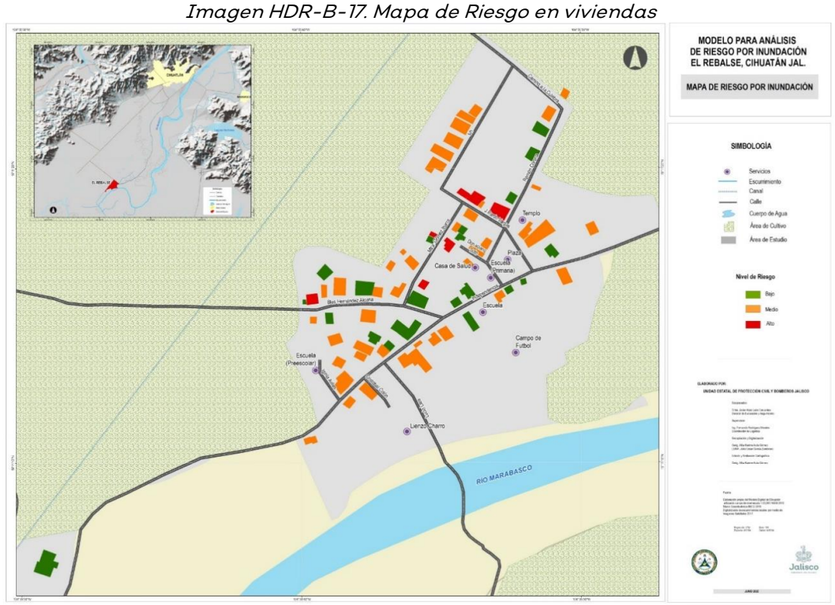
Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco

Imagen HDR-B-16. Mapa de Peligro



Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco

Imagen HDR-B-17. Mapa de Riesgo en viviendas



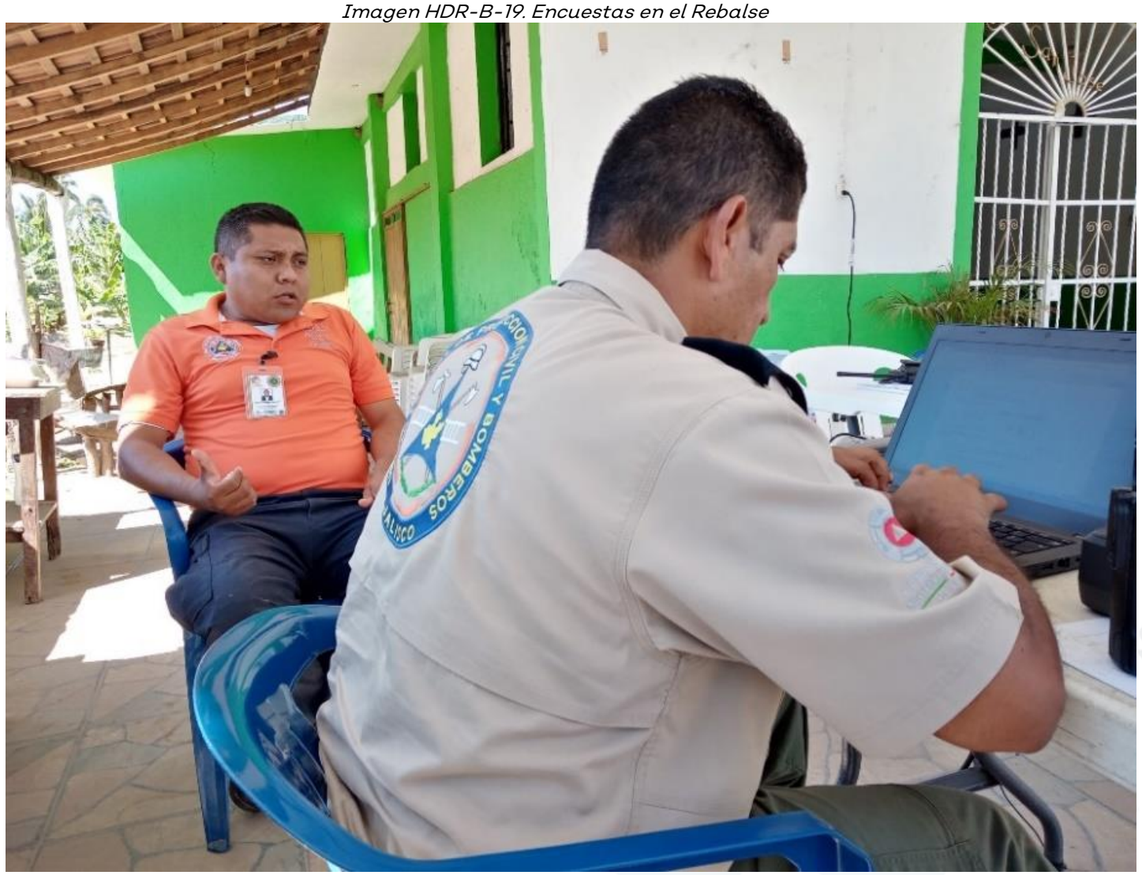
Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco

Imagen HDR-B-18. Levantamiento Topográfico



Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco

Imagen HDR-B-19. Encuestas en el Rebalse

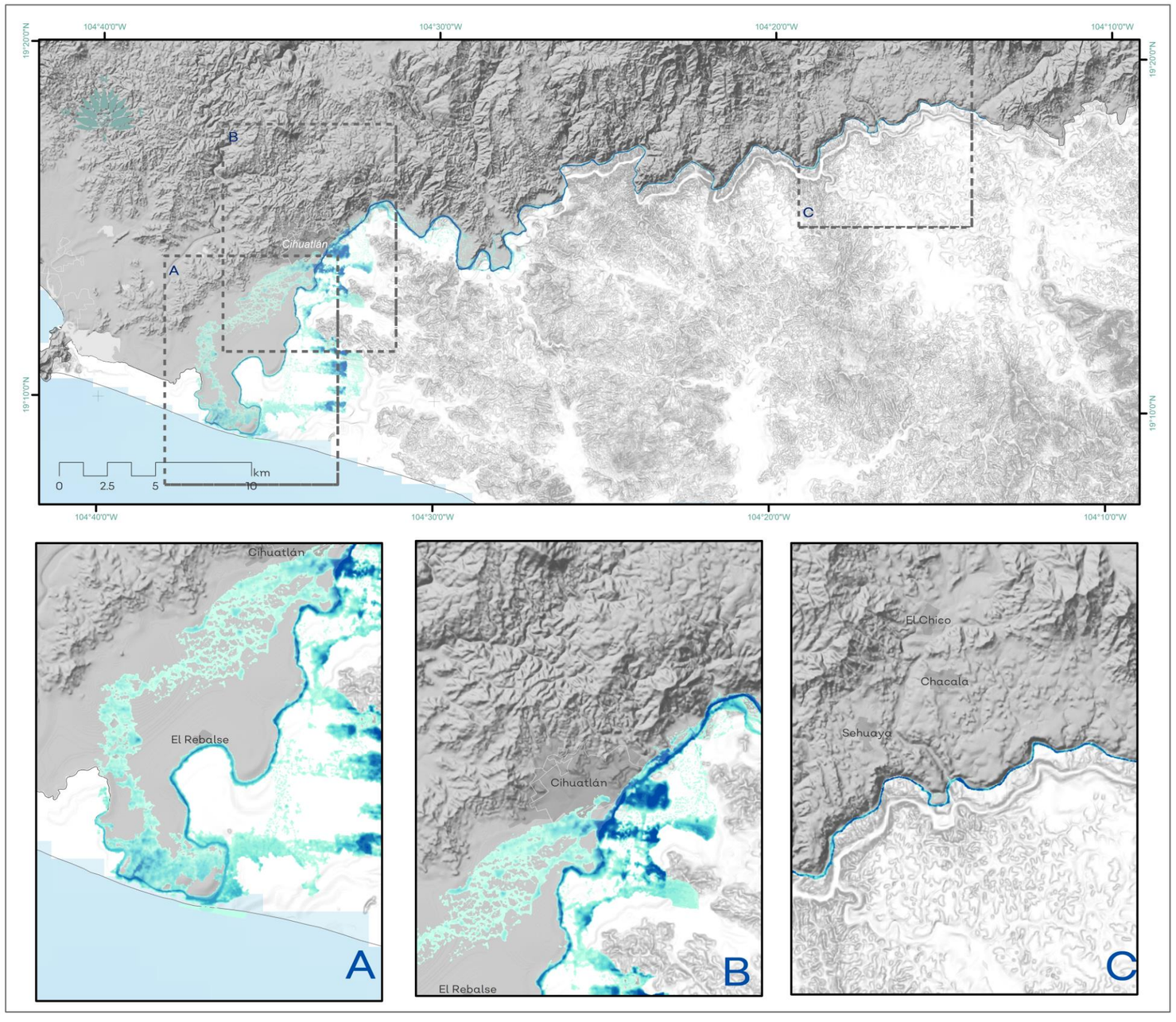


Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco

Imagen HDR-B-20. Encuestas con Pobladores Locales en la localidad del Rebalse



Fuente: Unidad Estatal De Protección Civil Y Bomberos Jalisco



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Marabasco
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-20-A

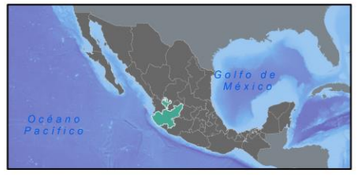
Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



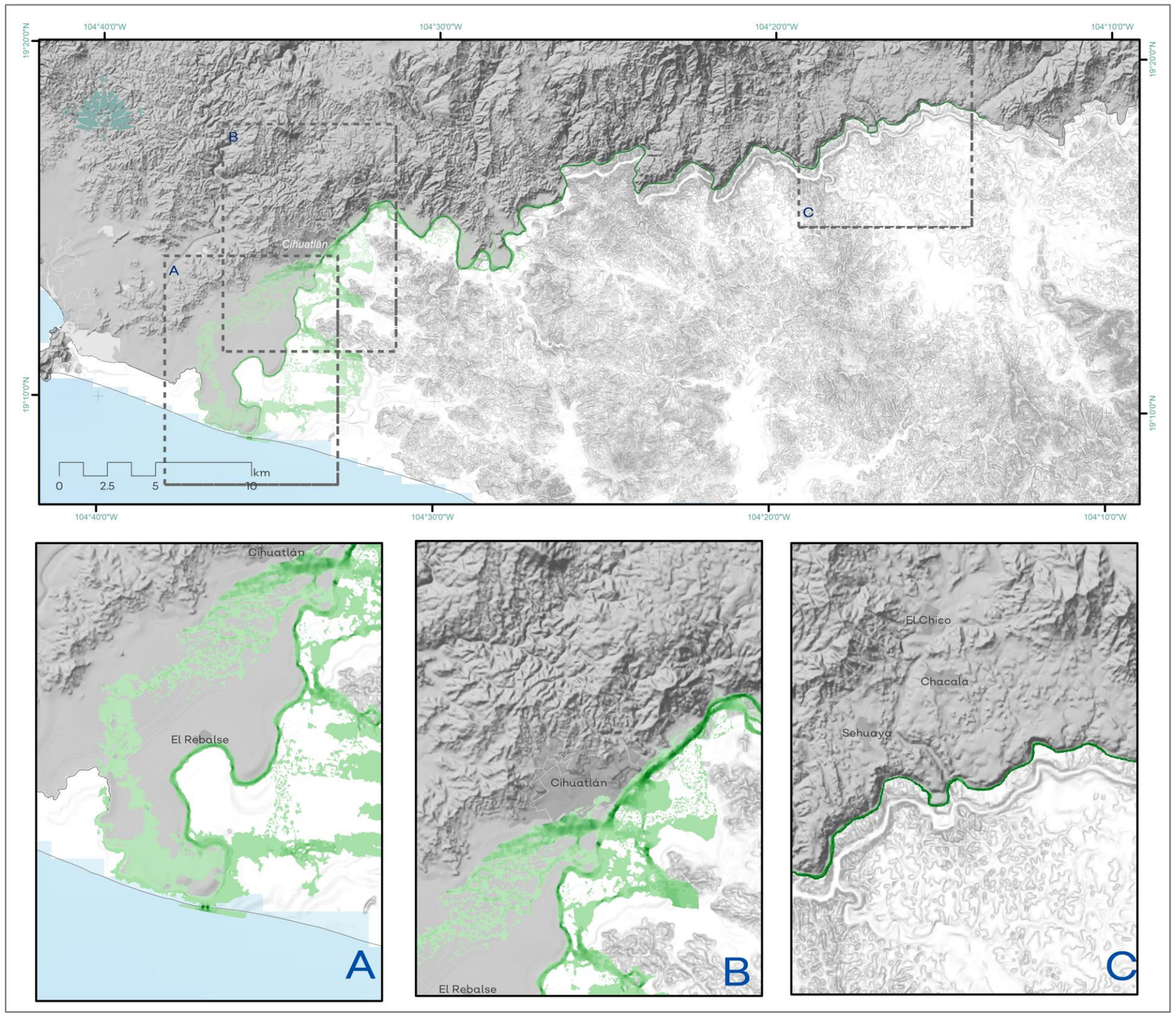
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Marabasco
Periodo de Retorno de 100 años
HDR-B-20-B

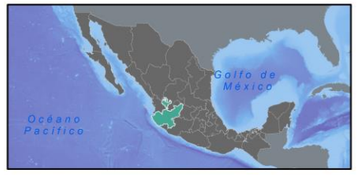
Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad



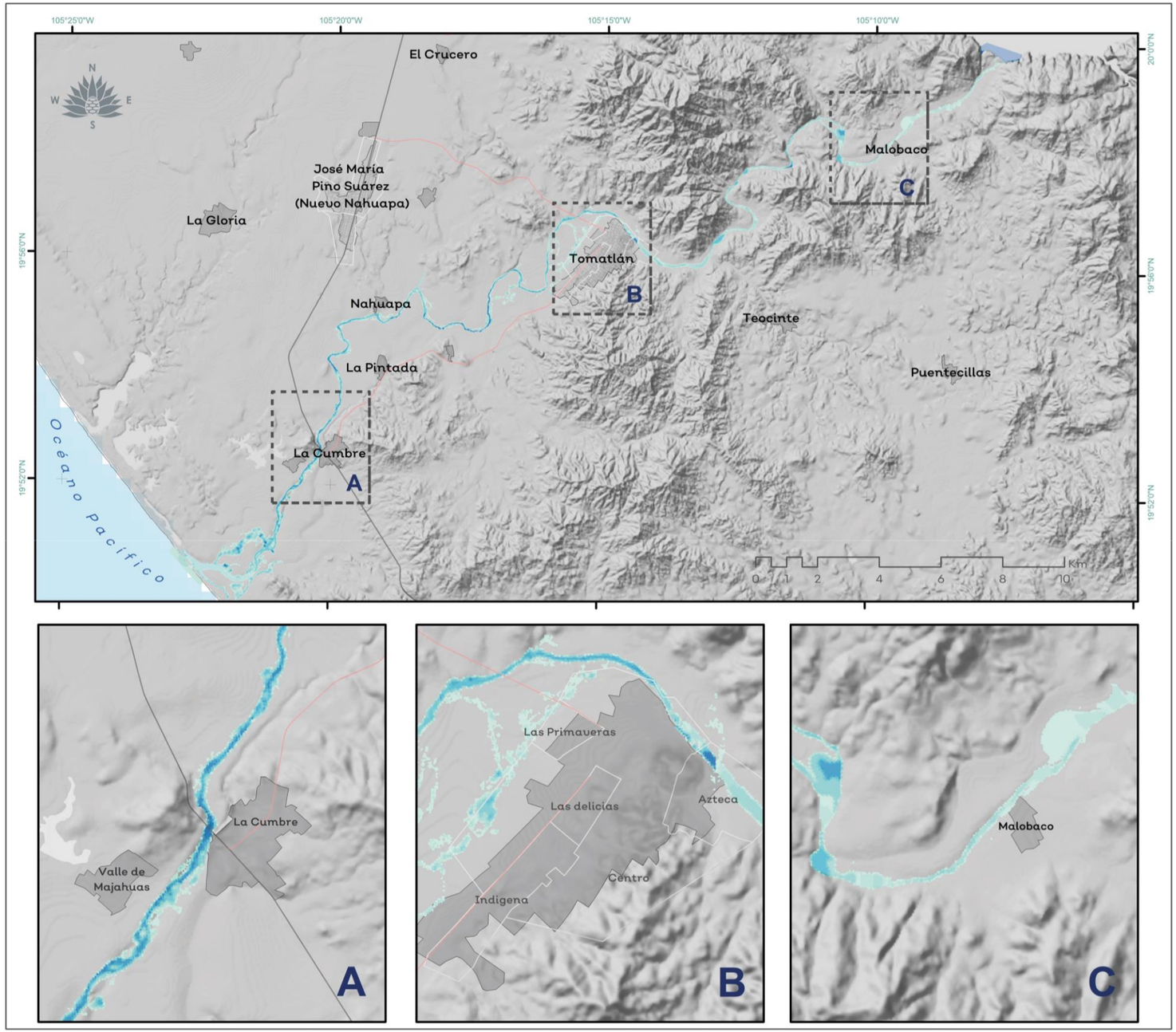
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tomatlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-21-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



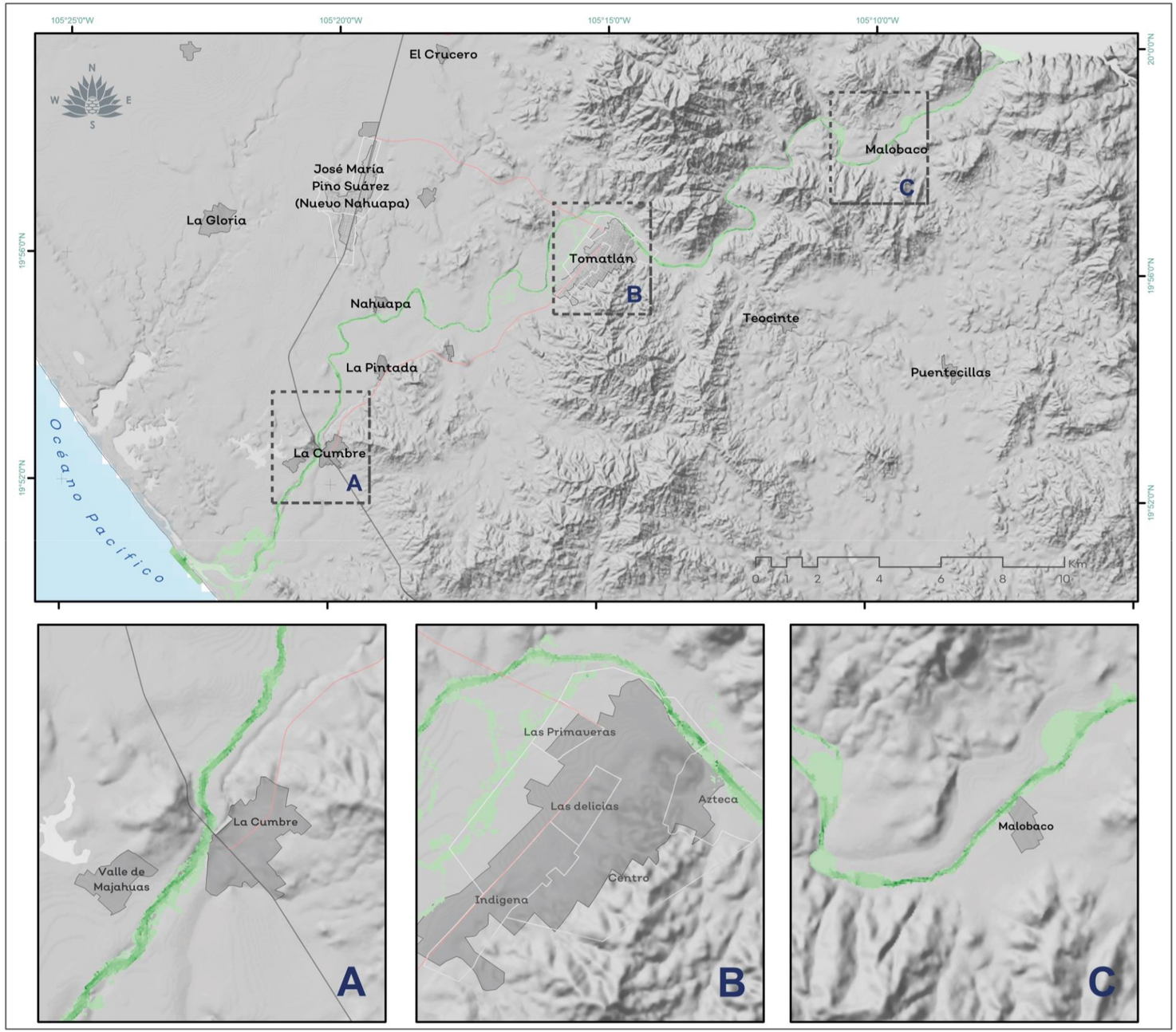
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:125,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tomatlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-21-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



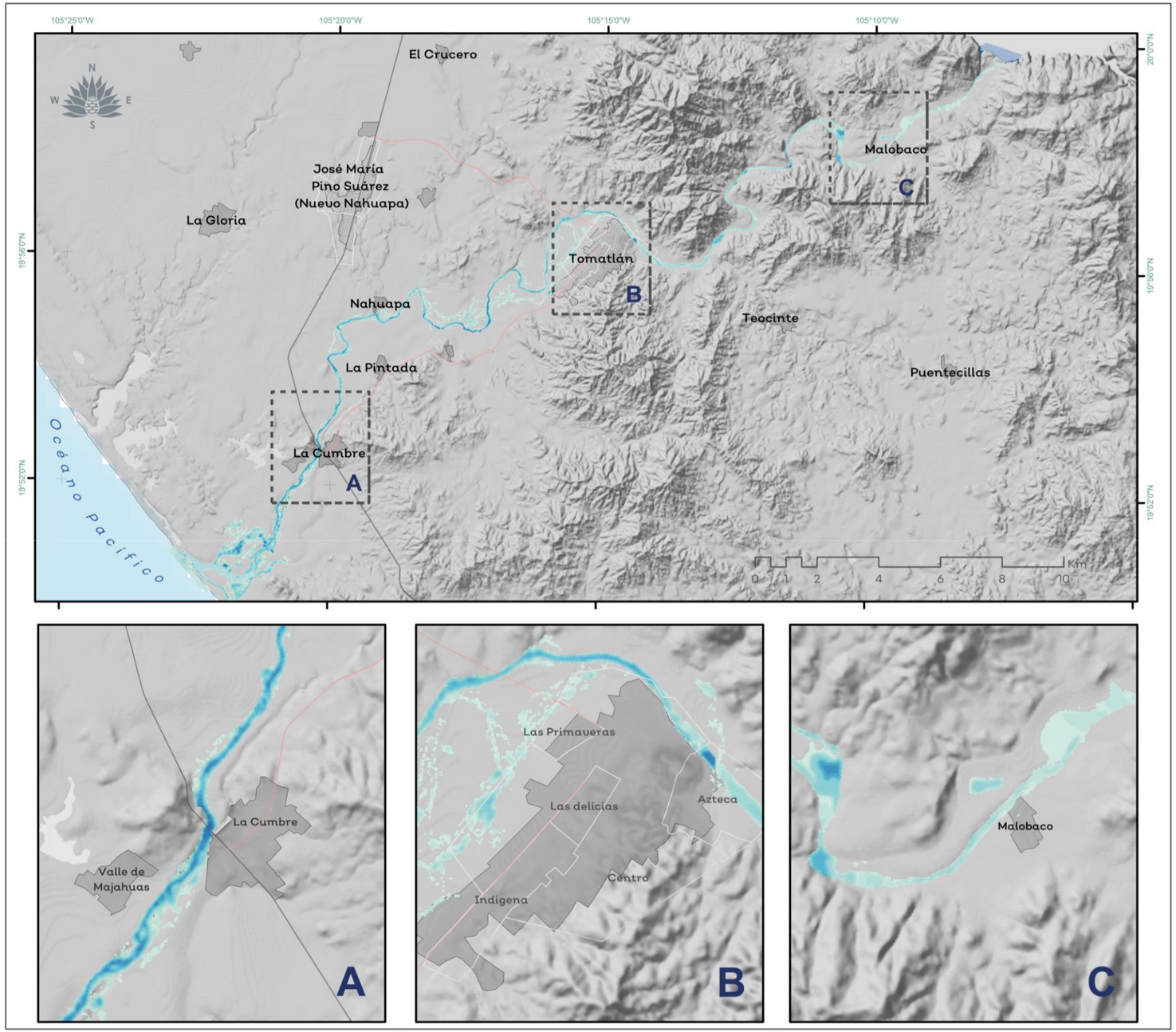
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:125,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tomatlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-22-A

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



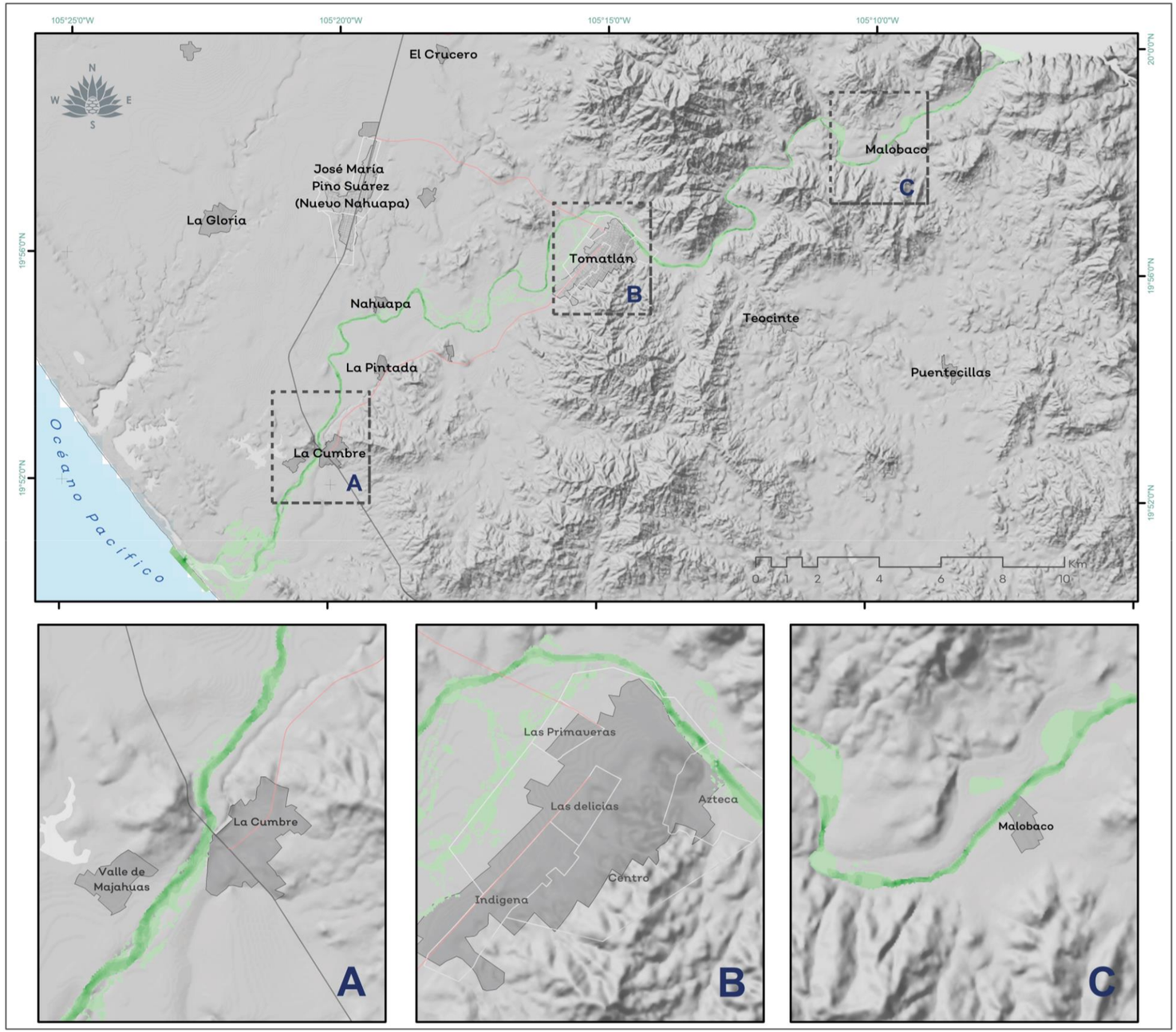
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:125,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda. INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Fluviales
Río Tomatlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-22-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:125,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.2.4. Vulnerabilidad

6.1.2.5. Índices de riesgo ante Inundaciones fluviales

Los mapas de riesgo (R) por inundación se obtienen combinando los mapas de peligro (P) y de vulnerabilidad (V). El tirante es el criterio para estimar el riesgo por inundaciones, lo que significa que los daños esperados dependen del tirante de la inundación. La fórmula utilizada para calcular el riesgo para un periodo de retorno de interés específico es:

$$R(i) = C\ P(i)\ V(i)$$

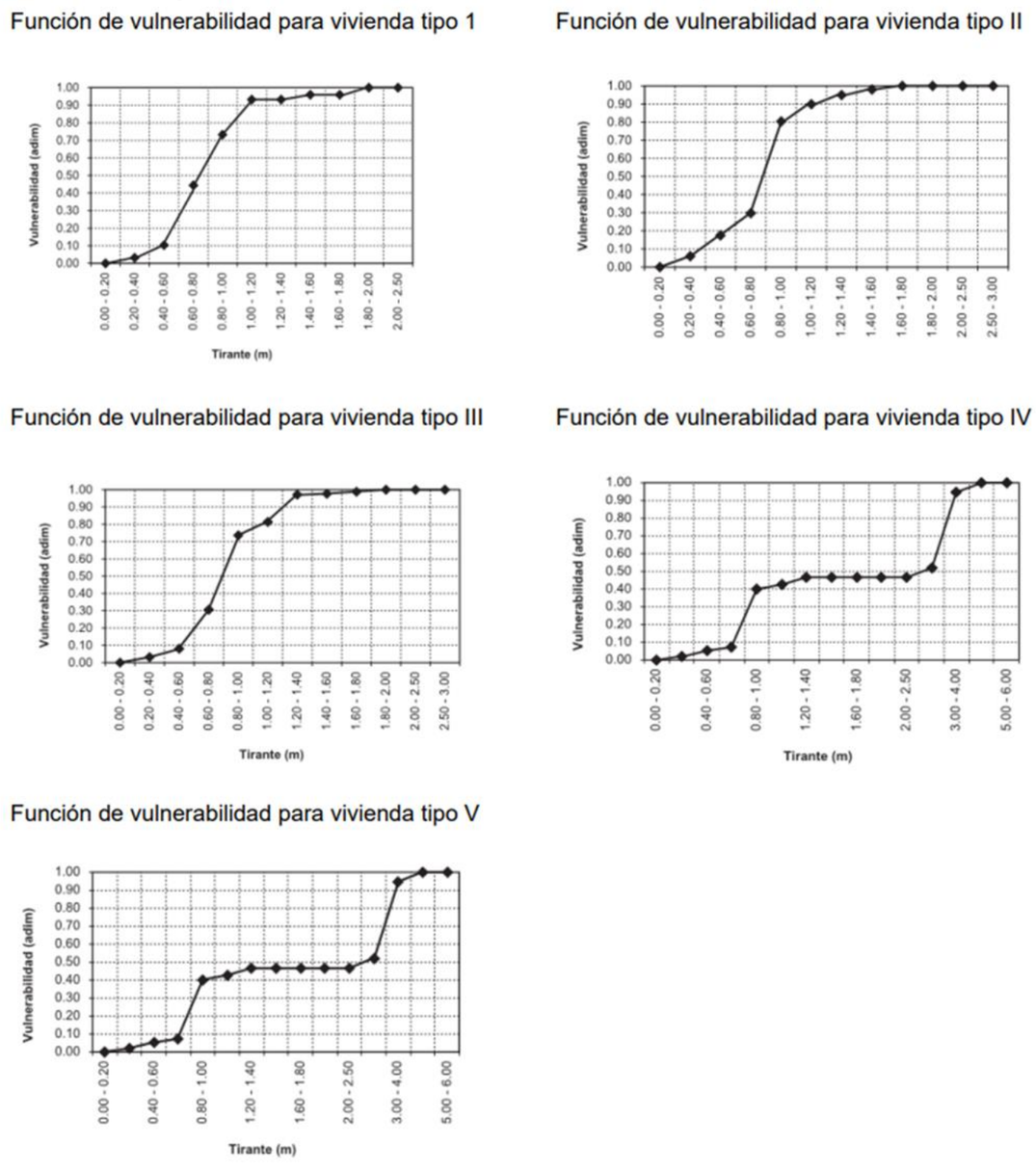
En donde:

- R(i) es el Riesgo para el próximo evento con periodo de retorno "i" en pesos.
- C es el costo de la vivienda en función de su tipología en pesos.
- P(i) es la probabilidad de ocurrencia del evento con periodo de retorno (i), adimensional.
- V(i) es la vulnerabilidad o porcentaje de daños en una vivienda debido a una inundación, adimensional.

El riesgo tendrá las unidades de los bienes expuestos, expresadas en unidades monetarias, en este caso pesos, ya que la vulnerabilidad y el peligro son variables sin dimensiones. Se estimó el porcentaje de daño en el menaje de las viviendas, es decir, el porcentaje de pérdidas, con el tirante de agua promedio que llegó a las viviendas de cada manzana y la vulnerabilidad de éstas según su tipo (I, II, III, IV o V). Con este porcentaje y el menaje estimado para cada tipo de vivienda se calculó un monto.

Los mapas subsiguientes han sido diseñados para ofrecer una representación visual de la vulnerabilidad de las viviendas frente a las inundaciones en la región estudiada. Utilizando una escala cromática análoga a la de un semáforo, que va del verde al rojo, se ilustra el grado de riesgo de manera intuitiva y accesible. Las áreas marcadas en verde indican un riesgo bajo, mientras que las zonas en rojo señalan una alta vulnerabilidad. Este sistema de codificación por colores facilita la identificación rápida de las áreas que requieren atención prioritaria y la implementación de medidas preventivas para proteger las viviendas y a sus habitantes

Imagen HDR-B-21. Función de vulnerabilidad e inundación por tipo de vivienda



Fuente: CENAPRED.

Para analizar el peligro se usan las funciones de peligro de cada vivienda, con el valor de la probabilidad para cada periodo de retorno, como se indica en la tabla siguiente. Luego, se divide el

monto estimado para cada manzana entre el valor máximo de la zona, que en este caso se tomó de las zonas de los ríos principales, y así se obtiene el índice de riesgo.

Tabla HDR-B-2. Probabilidad de ocurrencia para los periodos de retorno analizados

Periodo de Retorno	Probabilidad de Ocurrencia
2	0.6
5	0.2
20	0.12
20	0.05
50	0.02
100	0.012
500	0.002

Fuente: Cenapred.

6.1.2.6. Riesgo

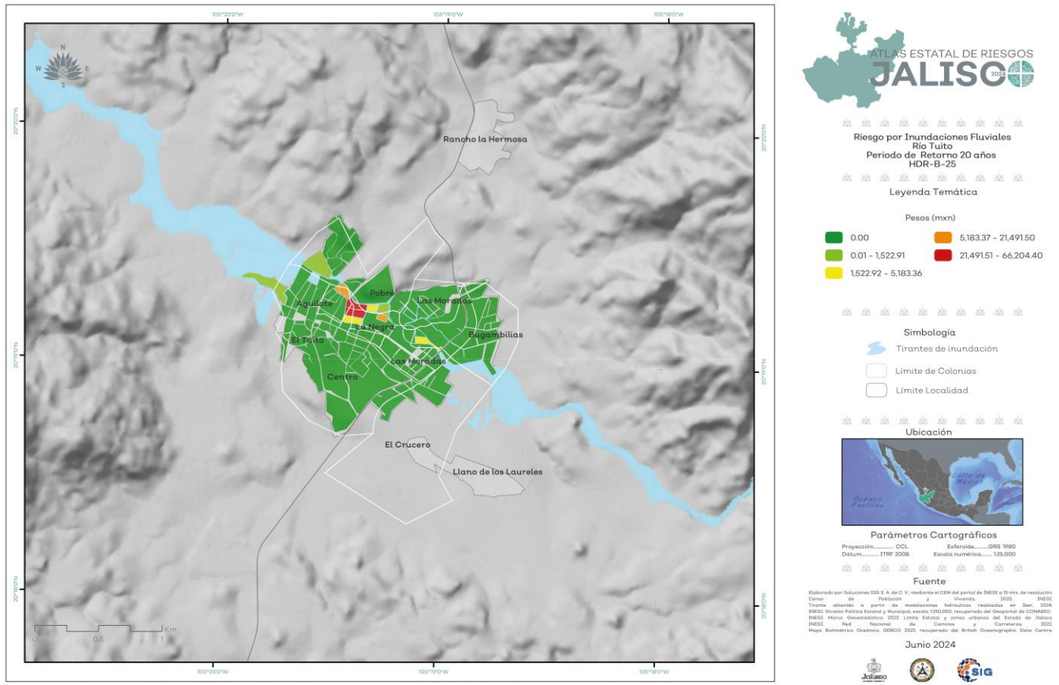
Se elaboraron los mapas de riesgo por inundaciones para cada periodo de retorno, el mapa de daños y pérdidas estimadas

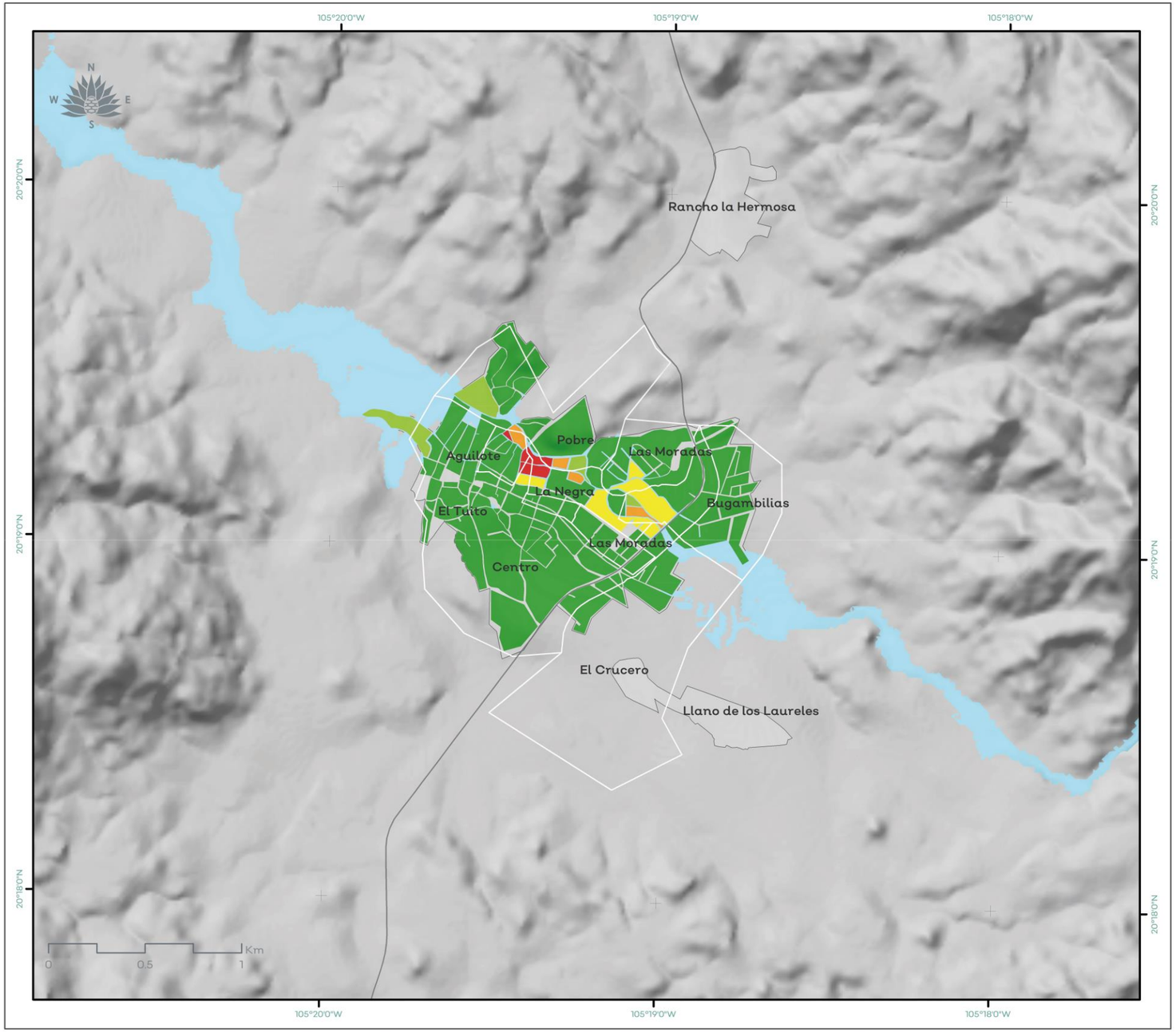
El mapa de riesgo por inundación permite zonificar al municipio para:

- Identificar las zonas críticas para cuantificar el daño potencial
- Identificar sitios de interés para estudios más formales y exhaustivos
- Llevar a cabo un análisis costo beneficio (comparando los costos de la solución proyectada vs. los daños potenciales)
- Servir como herramienta de apoyo, para la optimización de planes de ordenamiento territorial

El mapa de riesgo por inundación permite establecer zonas críticas que requieran de medidas de mitigación:

- De tipo estructural, como puede ser una reubicación o una obra de protección.
- Monitoreo durante eventos de lluvias potencialmente extremas, es decir, que rebasen umbrales previamente fijados, mediante un sistema de alerta que permita a la población, asentada en estas zonas, ser evacuadas y resguardar algunos de sus bienes.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Tuito
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-26

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

0.00	871.30 - 5,415.85
0.01 - 396.51	5,415.86 - 17,780.60
396.52 - 871.29	

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



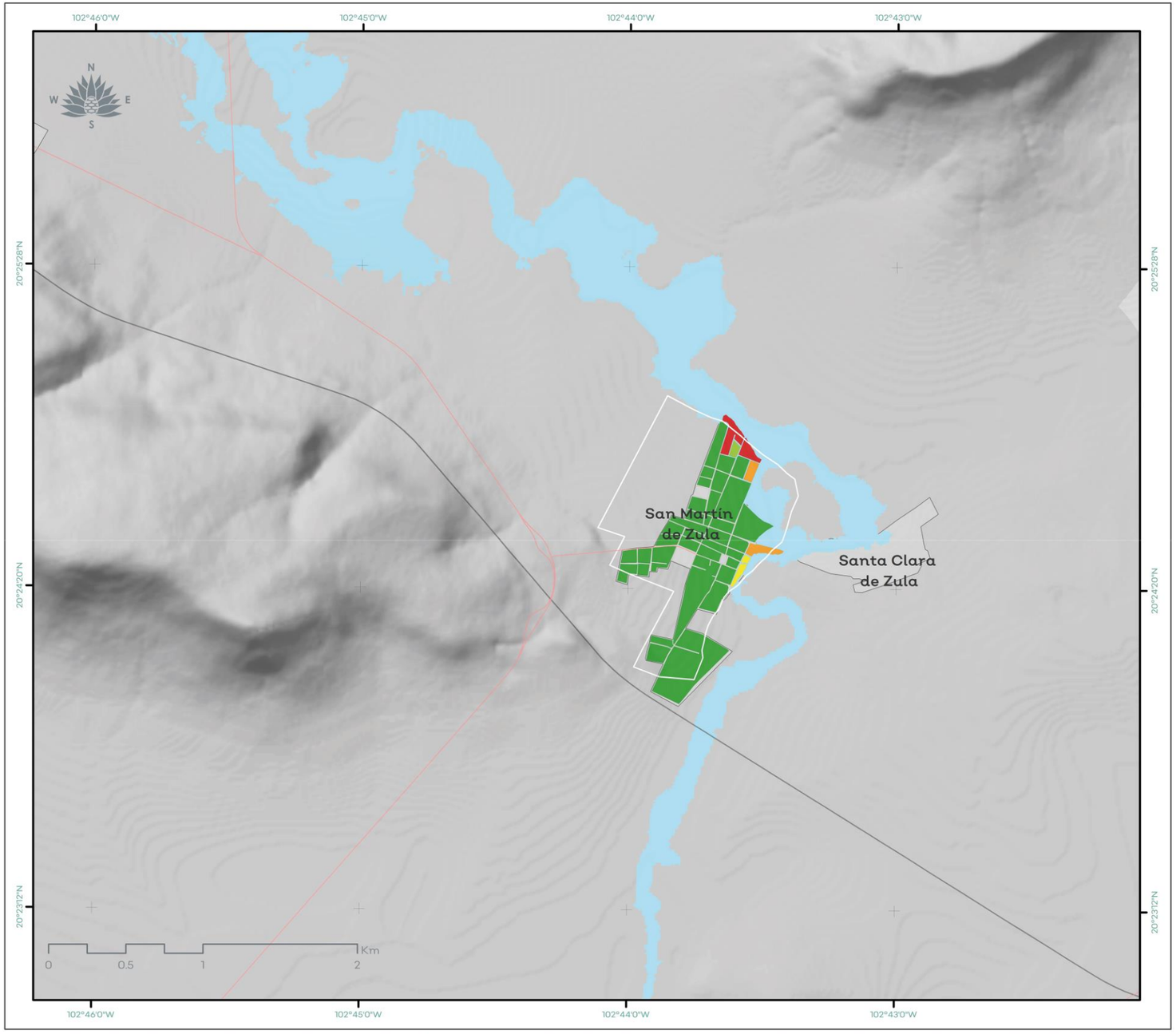
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Zula
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-27

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 2,754.73
- 2,754.74 - 5,173.05
- 5,173.06 - 28,615.70
- 28,615.71 - 81,854.00

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



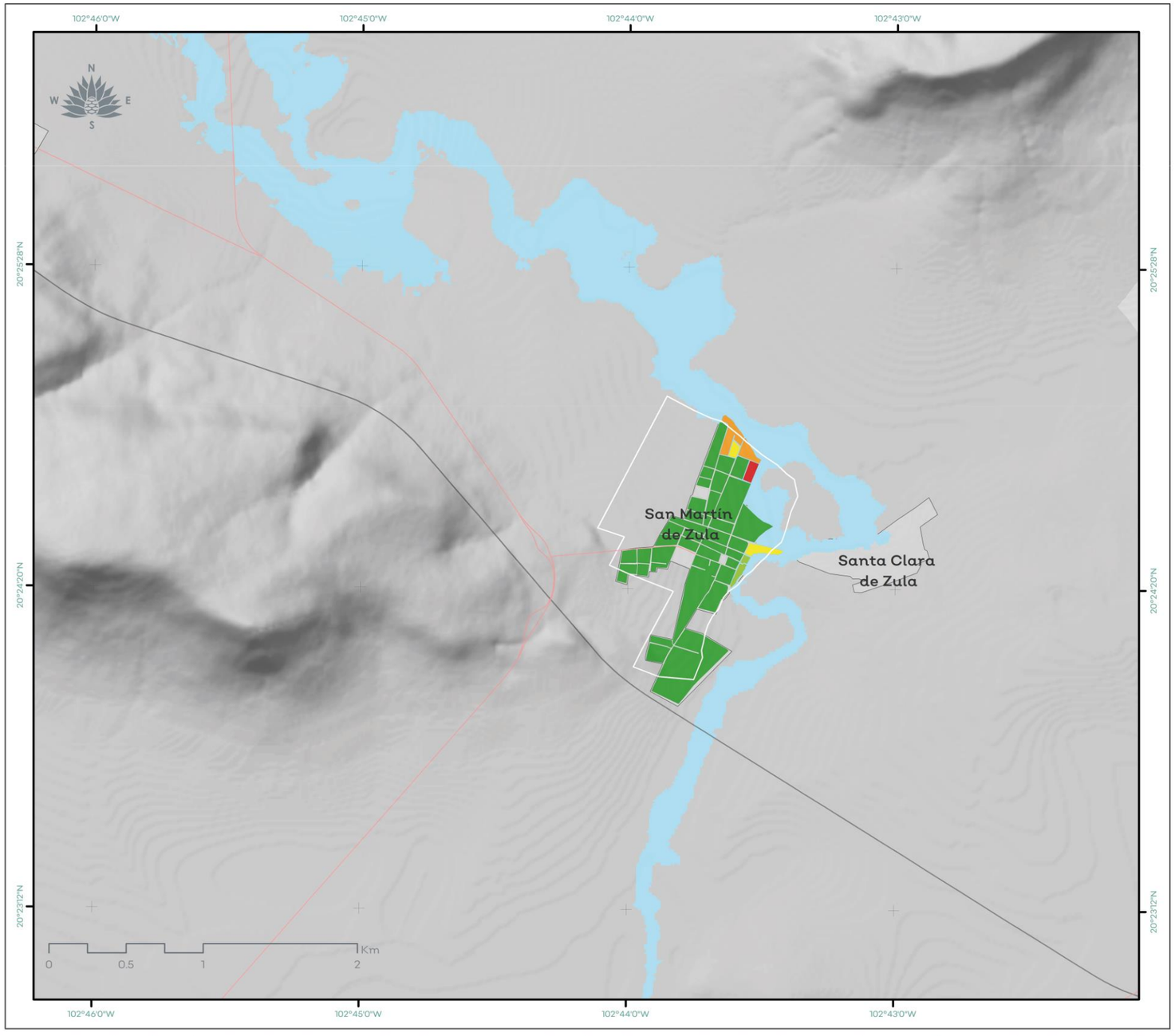
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Zula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-28

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 1,303.61
- 1,303.62 - 6,867.76
- 6,867.77 - 19,645.00
- 19,645.01 - 24,977.40

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



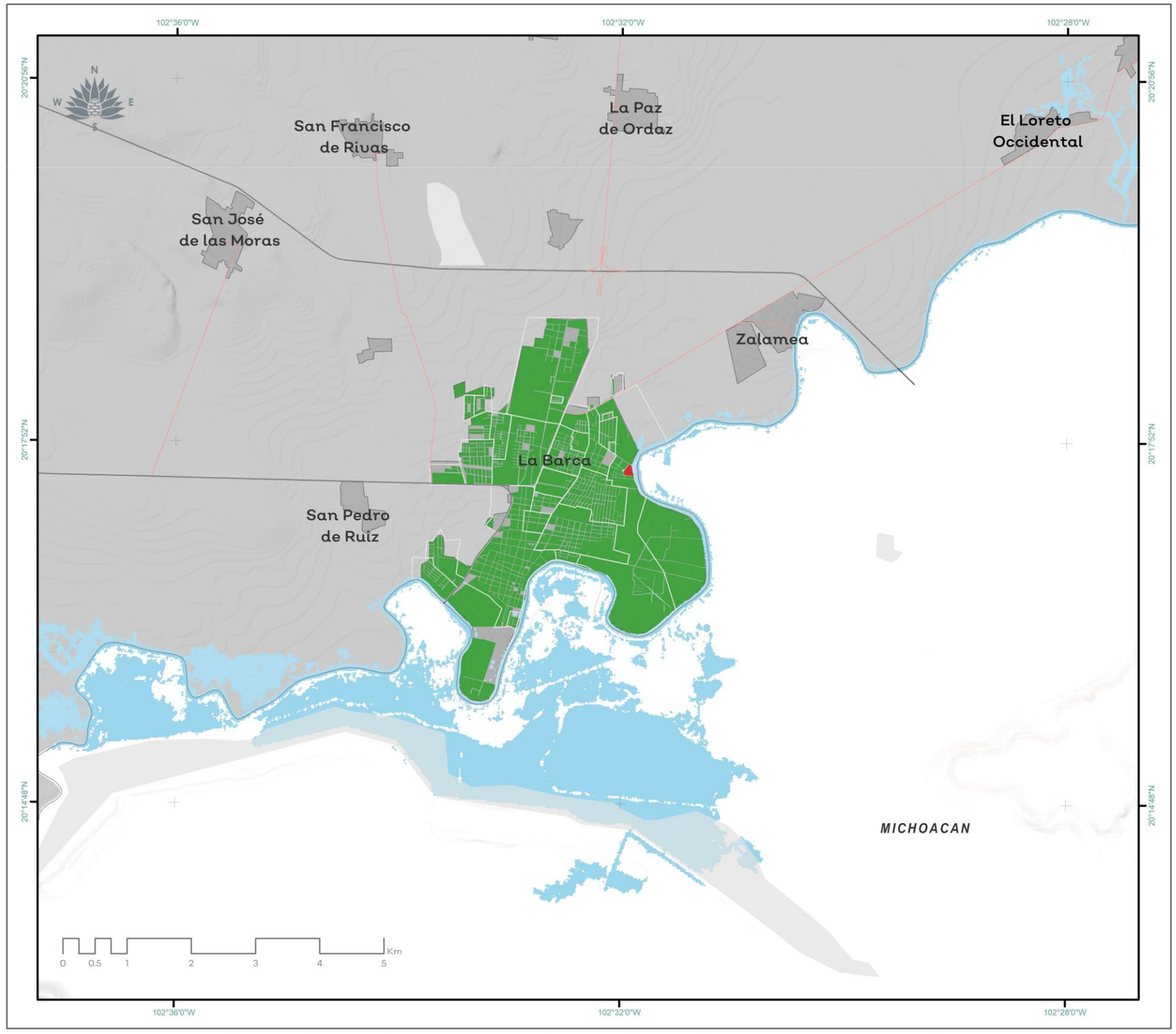
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-29

Pesos (mxn)

0.00 — 0.01 - 4,988.10

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



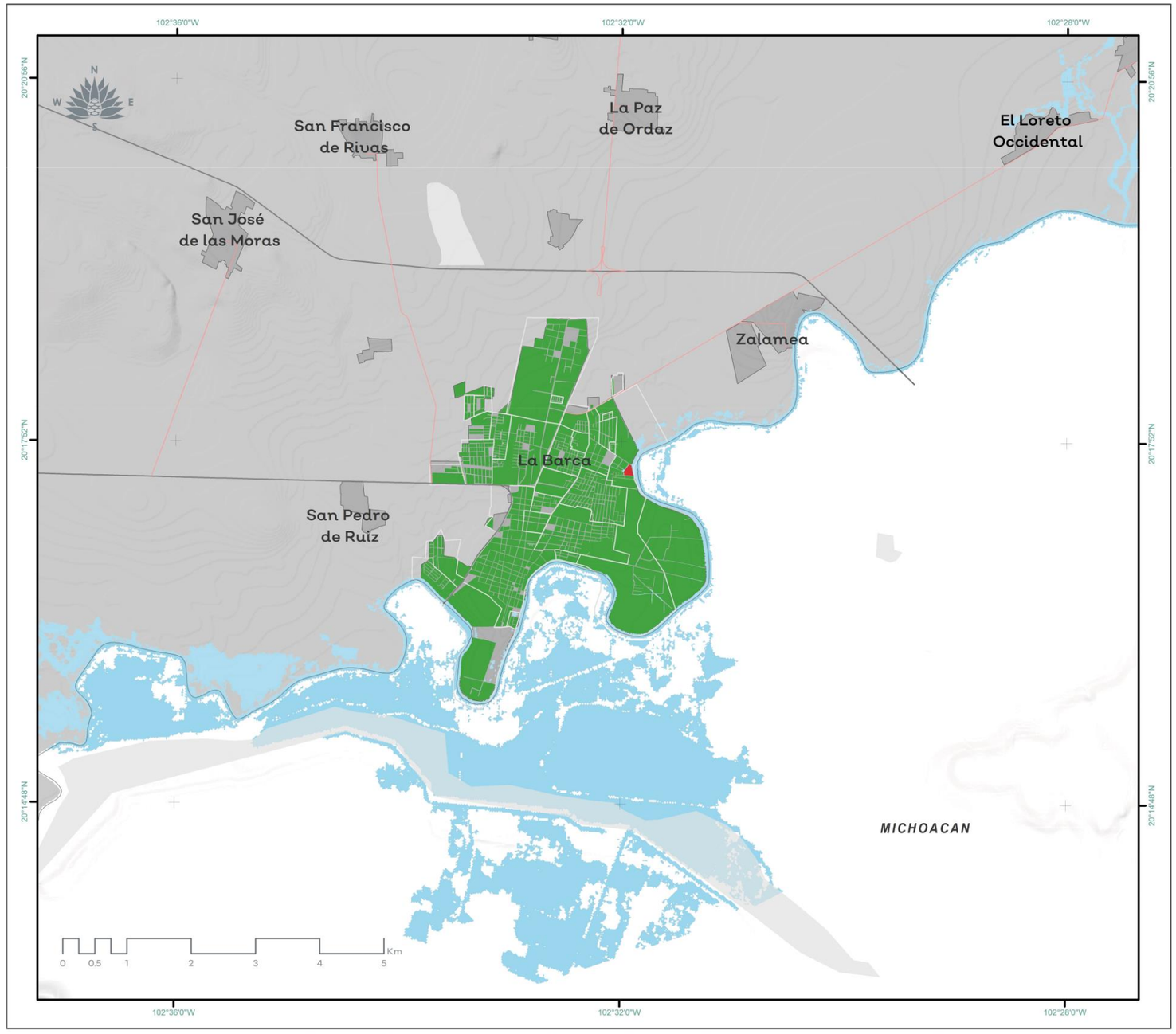
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Lerma
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-30

Pesos (mxn)

0.00 — 0.01 - 5,985.73

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



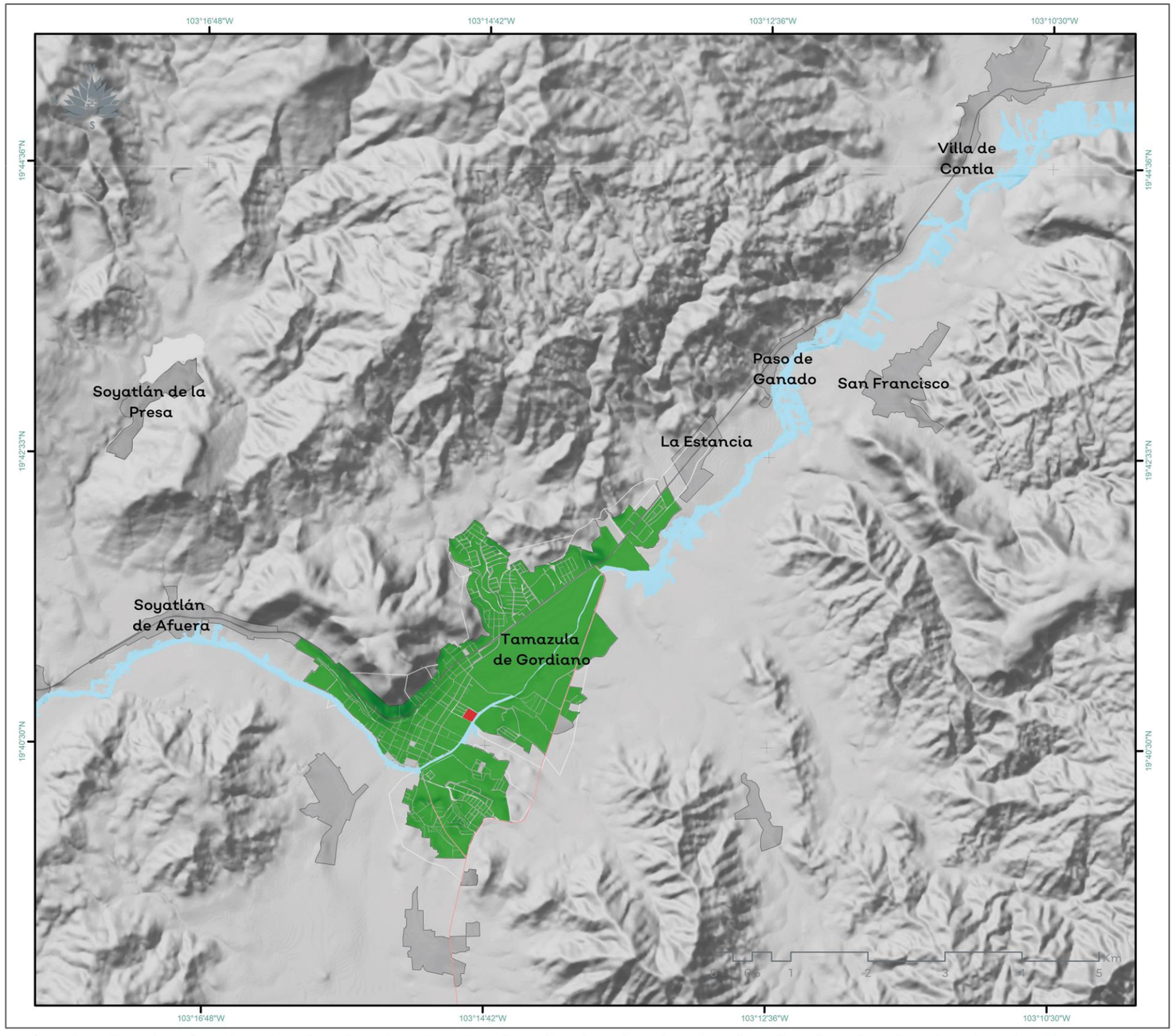
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Tamazula
Periodo de Retorno 20 años
HDR-B-31

Pesos (mxn)

0.00 — 0.01 - 619.15

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



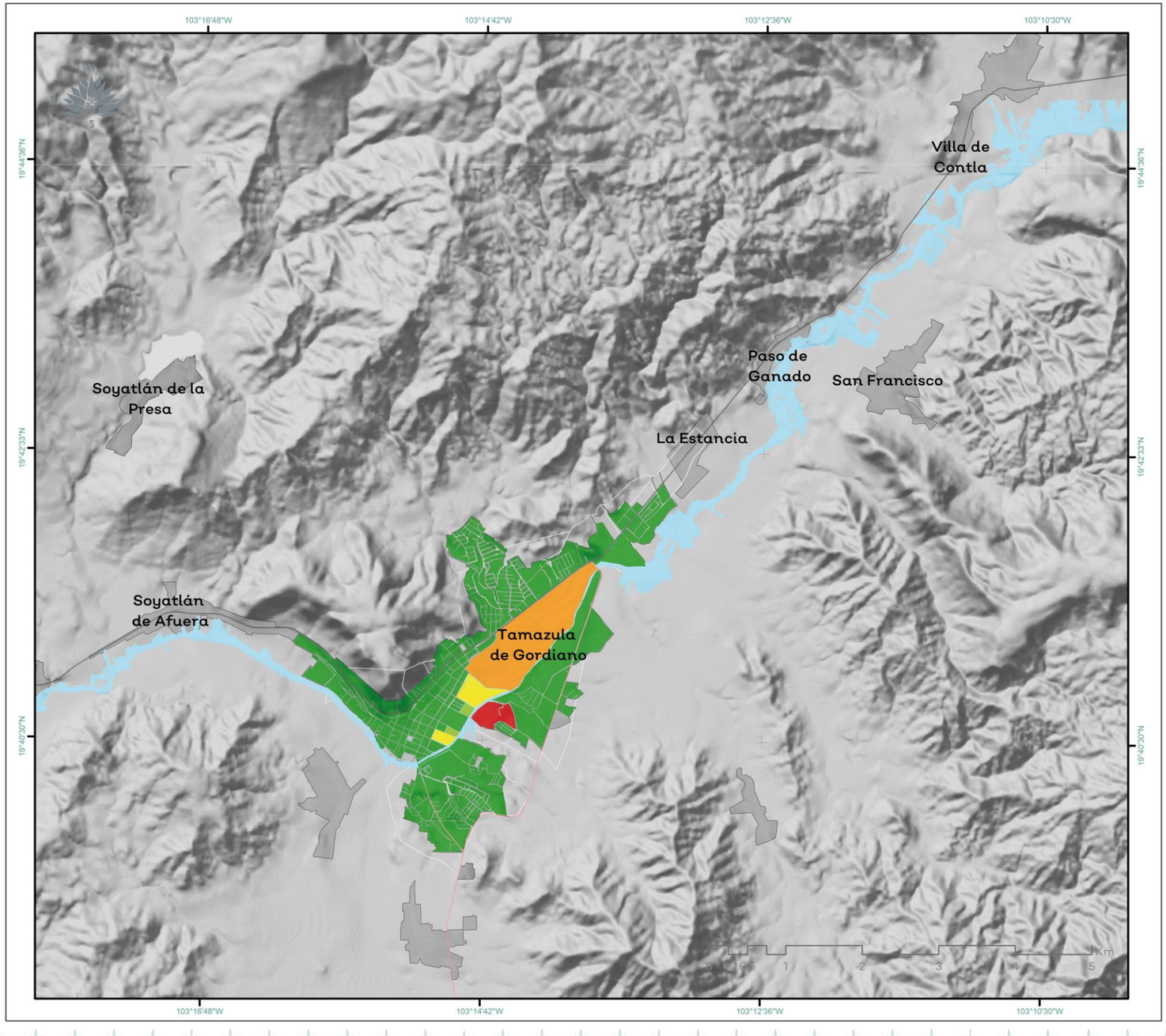
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:50,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI.
Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Fluviales
Río Tamazula
Periodo de Retorno 100 años
HDR-B-32

Pesos (mxn)

0.00	3,221.50 - 3,421.53
0.01 - 396.25	3,421.54 - 3,841.36
396.26 - 3,221.49	

Simbología

- Tirantes de inundación
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:50,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI.
Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Tabla HDR-B-3. Perdidas y Riesgo de Inundaciones Fluviales en el Estado de Jalisco, periodos de 20 y 100 años

Municipio/ Colonia y Localidades	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Cabo Corrientes	$24,586,590	$4,004,643	$200,232	$5,645,036	$67,740	191	608
Aguilote	$3,624,135	$633,794	$31,690	$1,471,141	$17,654	29	111
La Negra	$13,547,483	$2,853,584	$142,679	$3,200,692	$38,408	82	241
Las Moradas	$4,739,008	$103,667	$5,183	$194,004	$2,328	58	207
Pobre	$2,134,547	$120,000	$6,000	$478,167	$5,738	16	30
El Habillo	$247,820	$0	$0	$7,435	$89	3	6
Tiopa	$293,598	$293,598	$14,680	$293,598	$3,523	3	13
Encarnación de Díaz	$25,048,203	$0	$0	$10,536,603	$126,439	177	486
Centro	$5,212,280	$0	$0	$2,443,032	$29,316	35	72
El Rosario	$116,703	$0	$0	$54,850	$658	6	9
La Noria	$168,461	$0	$0	$79,177	$950	1	6
Las Arboledas	$19,388,898	$0	$0	$7,946,595	$95,359	126	369
Niños Héroes	$161,861	$0	$0	$12,949	$155	9	30
La Barca	$1,247,026	$99,762	$4,988	$498,810	$5,986	17	63
Abrevadero	$1,247,026	$99,762	$4,988	$498,810	$5,986	17	63
Mascota	$43,168,307	$3,641,962	$182,098	$6,124,386	$73,493	223	634
Centro	$40,469,864	$3,480,055	$174,002	$4,856,116	$58,273	204	577
Localidad Rural	$2,698,443	$161,907	$8,095	$1,268,270	$15,219	19	57
Ocotlán	$13,301,585	$3,539,497	$176,975	$5,304,210	$63,651	73	262
San Martin de Zula	$13,301,585	$3,539,497	$176,975	$5,304,210	$63,651	73	262
Puerto Vallarta	$192,666,098	$16,312,049	$815,603	$23,717,727	$284,613	1638	3158
Benito Juárez	$9,898,157	$1,714,078	$85,704	$1,714,078	$20,569	85	231
Buenos Aires	$5,123,692	$1,558,753	$77,938	$1,592,677	$19,112	55	146
Emiliano Zapata	$20,615,465	$4,482,149	$224,108	$4,712,131	$56,546	502	366
Ex Hacienda El Pitillal	$1,861,707	$111,702	$5,585	$148,937	$1,787	8	24
Fracc Paseo de La Ribera	$5,308,524	$0	$0	$318,511	$3,822	20	53
Las Juntas	$26,191,422	$4,315,513	$215,776	$7,049,087	$84,589	229	698
Marina Vallarta	$24,694,074	$0	$0	$1,481,640	$17,780	113	205
Montessori	$9,974,869	$0	$0	$541,632	$6,500	70	130
Palmar de Aramara	$19,001,033	$0	$0	$570,031	$6,840	93	179
Paso Ancho	$3,969,574	$1,219,300	$60,965	$1,219,300	$14,632	47	98
Prados de La Montaña	$1,296,383	$0	$0	$38,892	$467	6	13
Primavera de Vallarta	$4,559,484	$61,355	$3,068	$294,021	$3,528	17	31
San Esteban	$10,467,860	$223,411	$11,171	$441,410	$5,297	90	268
Tabachines	$36,074,384	$2,164,468	$108,223	$2,885,950	$34,631	163	336
Villa de Guadalupe	$13,629,470	$461,320	$23,066	$709,431	$8,513	140	380
Tamazula de Gordiano	$23,417,369	$12,383	$619	$1,044,307	$12,532	150	395
Del Bosque	$4,001,413	$0	$0	$320,113	$3,841	25	95
Tamazula de Gordiano	$19,415,956	$12,383	$619	$724,194	$8,690	125	300
Tomatlán	$268,556	$21,485	$1,074	$198,732	$2,385	2	2
Majahuas	$268,556	$21,485	$1,074	$198,732	$2,385	2	2

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

6.1.3. Inundaciones pluviales

6.1.3.1. Introducción

Las inundaciones pluviales son causadas por lluvias intensas o prolongadas que generan un exceso de agua en áreas específicas. Este tipo de inundación se produce cuando la capacidad de absorción del suelo es superada por la cantidad de precipitación. Cuando llueve más rápido de lo que el suelo puede absorber o cuando la lluvia persiste durante un período prolongado, el agua puede acumularse rápidamente y provocar inundaciones. Estas inundaciones pueden permanecer horas o días, hasta que el agua se evapore o se extraiga y el suelo recupere su capacidad de infiltración. (CENAPRED, 2009).

Las inundaciones pluviales son eventos que pueden tener graves consecuencias para las personas y el entorno. Entre estas consecuencias se encuentran los daños a la propiedad y el riesgo para la vida humana, El agua en rápido movimiento puede causar ahogamientos, y las inundaciones repentinas pueden atrapar a las personas en áreas de peligro Otras consecuencias son: la interrupción de servicios esenciales, los impactos económicos, la contaminación del agua, los problemas de salud, el desplazamiento de población, los impactos ambientales, las dificultades en la recuperación y el aumento del riesgo futuro. Aunado al problema generado por la basura, la deficiente planeación de los asentamientos humanos es factor para el incremento de las inundaciones al ubicar vivienda en zonas de recarga de acuíferos, presas y bordos; modificando el terreno. Sumando todo esto a la falta de mantenimiento en la infraestructura de la red de drenaje, el cual contribuye a la acumulación de desechos.

La acumulación de basura y la deficiente planeación de los asentamientos humanos son factores clave en el aumento de las inundaciones pluviales. La construcción de viviendas en zonas de recarga de acuíferos y en áreas de presas, así como la modificación del terreno, agravan la situación. Estas prácticas no solo alteran el flujo natural del agua, sino que también reducen la capacidad del suelo para absorber el exceso de lluvia. Además, la falta de mantenimiento en la infraestructura de la red de drenaje, junto con la acumulación de desechos, contribuye significativamente a este problema. La obstrucción de los sistemas de drenaje por residuos sólidos impide el flujo adecuado del agua, lo que resulta en inundaciones más frecuentes y severas. Es crucial implementar una planificación urbana sostenible y mejorar la gestión de residuos para mitigar estos riesgos y proteger a las comunidades vulnerables.

Imagen HDR-C-1. Factores que provocan Inundaciones



Fuente: Cenapred 2018.

6.1.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo

El enfoque de los lineamientos de CENAPRED para la creación de mapas de riesgo por inundaciones pluviales implica varios pasos:

- **Identificación de Zonas Susceptibles:** Utilización de información histórica, hidrológica, topográfica y geográfica para identificar áreas urbanas propensas a inundaciones por lluvias intensas.
- **Simulación de Escenarios de Inundación:** Empleo de modelos hidráulicos para simular escenarios de inundación, teniendo en cuenta variables como el nivel del agua, la velocidad del flujo en calles, arroyos y ríos.

- **Integración de Información y Resultados:** Integración de la información espacial y los resultados de la simulación para obtener una representación completa del riesgo de inundación en la zona.

Memoria de Cálculo

Para las inundaciones pluviales, se necesitó obtener un hietograma unitario. El hietograma muestra la variación temporal de la lluvia en un punto o en un área, y se puede obtener a partir de los datos de pluviómetros o de radares meteorológicos. El hietograma es útil para caracterizar las tormentas y estimar la precipitación efectiva o la lluvia en exceso que genera escorrentía superficial.

Se realizó un análisis de tormenta por el método Dick Peshcke. Este método calcula la precipitación máxima que ocurre en menos de una hora, basándose en la duración de la tormenta y la precipitación máxima diaria. Se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_D = P_{24h} \times \left(\frac{D}{1440}\right)^{0.25}$$

Donde:

PD = precipitación máxima de duración D, en mm
P24h = precipitación máxima de 24 horas, en mm
D = duración de la precipitación, en horas

La intensidad se determina dividiendo la precipitación (Pd) entre la duración (d).

$$I = \frac{P_D}{D}$$

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

Donde:

- I = intensidad de la lluvia en mm/h
- K = parámetro que depende del período de retorno y la zona climática
- Tm = tiempo medio de duración de las tormentas en horas
- D = duración de la lluvia en horas
- n = parámetro que depende de la zona climática

A partir de la ecuación se genera el hietograma de diseño usando el método del bloque alterno, que consiste en dividir el tiempo total de la tormenta en bloques iguales y alternar los valores máximos y mínimos de intensidad dentro de cada bloque. El valor máximo de intensidad se obtiene usando la

curva IDF correspondiente al período de retorno deseado, y el valor mínimo se asume como cero o un porcentaje del valor máximo. Para calcular la profundidad de precipitación para cada intervalo se multiplica la intensidad por el intervalo de tiempo. Se ordena los valores de profundidad de precipitación en forma decreciente, colocando el valor máximo de profundidad en el centro del hietograma, y alternando los valores restantes a la derecha y a la izquierda del centro, hasta completar la duración total de la tormenta. El área bajo el hietograma debe ser igual al volumen total de precipitación efectiva.

6.1.3.3. Peligro

En el análisis reciente, se han calculado los periodos de retorno para las frecuencias de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250 y 500 años. Se destacarán específicamente los periodos de 20 y 100 años. La información detallada y completa de cada periodo está disponible para su consulta en el portal de archivo digital de las capas del Atlas de Riesgo Estatal, el cual ofrece una visualización detallada y específica de las características y distribución de las variables de interés para este estudio.

En el proceso de cartografía, se utilizaron datos provenientes de instituciones federales, como el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas Hidrográficas SIATL del INEGI, Isoyetas de precipitación elaboradas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, y datos de la CONAGUA. Se emplearon programas, QGIS, HMS-HECRAS e IBER para modelar los datos obtenidos en el terreno. Además, de Modelos Digitales de Terreno, proporcionado por el INEGI.

El estado de Jalisco, con su vasto territorio y diversidad geográfica, enfrenta desafíos significativos en términos de riesgos naturales. En este contexto, se han seleccionado las principales ciudades y áreas de interés dentro del estado para su inclusión en el análisis. En colaboración con la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, se han identificado áreas críticas y vulnerables que requieren una atención especial en términos de planificación, mitigación y respuesta ante desastres. Las ciudades como Guadalajara, la capital de Jalisco, y Zapopan, que forman parte de la Zona Metropolitana de Guadalajara; así como otros centros urbanos importantes, que han experimentado inundaciones pluviales en el pasado debido a su ubicación geográfica y la intensidad de las precipitaciones como Cihuatlán, Ocotlán, Lagos de Moreno, San Juan de los Lagos, Tepatitlán de Morelos. Además de Puerto Vallarta, sitio turístico y cultural, que se han visto afectado por eventos climáticos extremos.

San Juan de Los Lagos

De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de San Juan de Los Lagos forma parte de la Cuenca Río Santiago. A nivel local, el municipio está conformado por las subcuencas Río de Lagos, Río Aguascalientes y Río San Miguel (*Revisar imagen MF-06 y MF-06a*). La subcuenca Río de Lagos tiene una superficie de 2,794.8 km2; la subcuenca Río Aguascalientes tiene una superficie de 660.8 km2; y la subcuenca Río San Miguel una ocupación de 1,108 km2.

La CEA Jalisco reporta una precipitación media anual de 700 mm. para el municipio de San Juan de los Lagos; mientras que las presas del municipio con un almacenamiento mayor a 0.5 Mm3 son: la presa Alcalá (4.00 Mm3), Peñas de León (2.99 Mm3), San Juan (1.00 Mm3) y Los Laureles (0.83 Mm3).

Las precipitaciones que dan lugar al municipio han ocasionado pérdidas humanas y económicas. En Julio del 2021 las intensas lluvias provocaron la muerte de tres personas, esto tras ser arrastradas por el arroyo El Pozito (*Imagen HDR-C-3*).

Imagen HDR-C-2. Intensas lluvias provocan la muerte de tres personas en San Juan de los Lagos



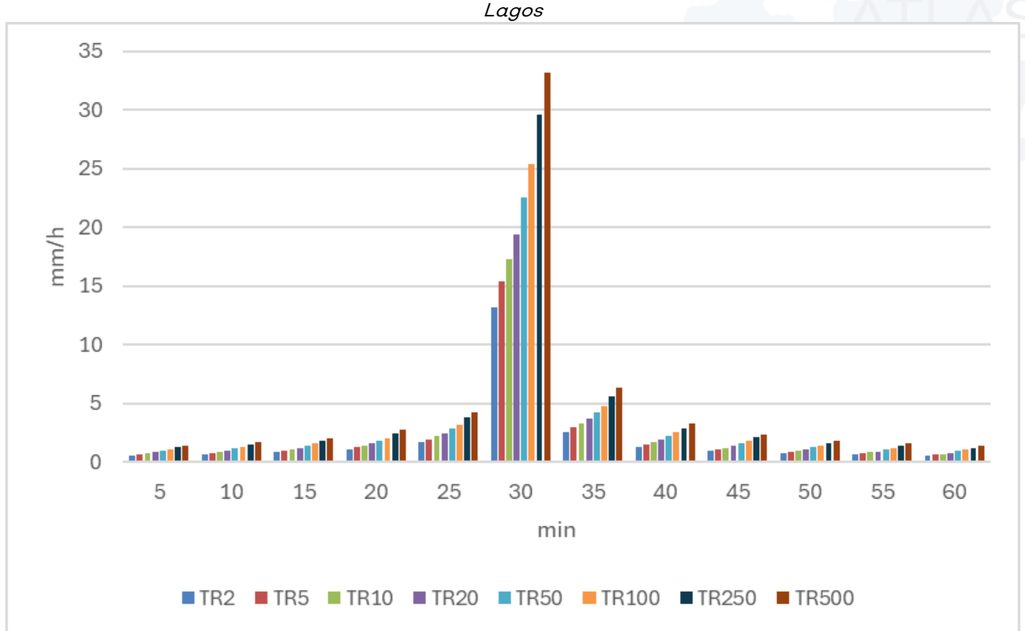
Fuente: La Razón. https://www.razon.com.mx/mexico/mueren-tres-personas-jalisco-crecida-arroyo-444232

Tabla HDR-C-1. Precipitación acumulada para San Juan de Los Lagos en una hora para cada periodo de retorno

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	0.56	0.66	0.74	0.83	0.97	1.09	1.27	1.42
10	0.66	0.77	0.87	0.97	1.13	1.27	1.49	1.67
15	0.81	0.94	1.06	1.19	1.39	1.56	1.82	2.04
20	1.07	1.25	1.40	1.57	1.83	2.06	2.40	2.69
25	1.67	1.95	2.19	2.46	2.86	3.22	3.75	4.21
30	13.17	15.36	17.24	19.36	22.57	25.35	29.55	33.18
35	2.49	2.91	3.26	3.66	4.27	4.80	5.59	6.28
40	1.29	1.51	1.69	1.90	2.22	2.49	2.90	3.26
45	0.92	1.07	1.20	1.35	1.57	1.77	2.06	2.31
50	0.73	0.85	0.95	1.07	1.25	1.40	1.63	1.83
55	0.61	0.71	0.80	0.90	1.04	1.17	1.37	1.53
60	0.53	0.62	0.69	0.78	0.90	1.02	1.18	1.33

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Gráfica HDR-C-1. Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para San Juan de Los Lagos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Resultados

La cabecera municipal de San Juan de los Lagos exhibe anegaciones menores en prácticamente todo su territorio. Aunado a esto, se han observado anegaciones moderadas en puntos específicos, como las intersecciones de las calles Manuel Álvarez con Los Pinos, Calle Providencia, Fray Antonio de Segovia, y calle Amado Nervo en la coordenada 21°14'55.50"N-102°19'14.12"O (con niveles superiores a 0.2 metros). También se observó tirantes importantes en Calle Juárez en el punto 21°14'47.78"N-102°19'17.59"O (con alturas de 1.2 a 1.4 metros).

Tabla HDR-C-2. Perdidas y Riesgo para Lagos de Moreno para periodos de 20 y 100 años.

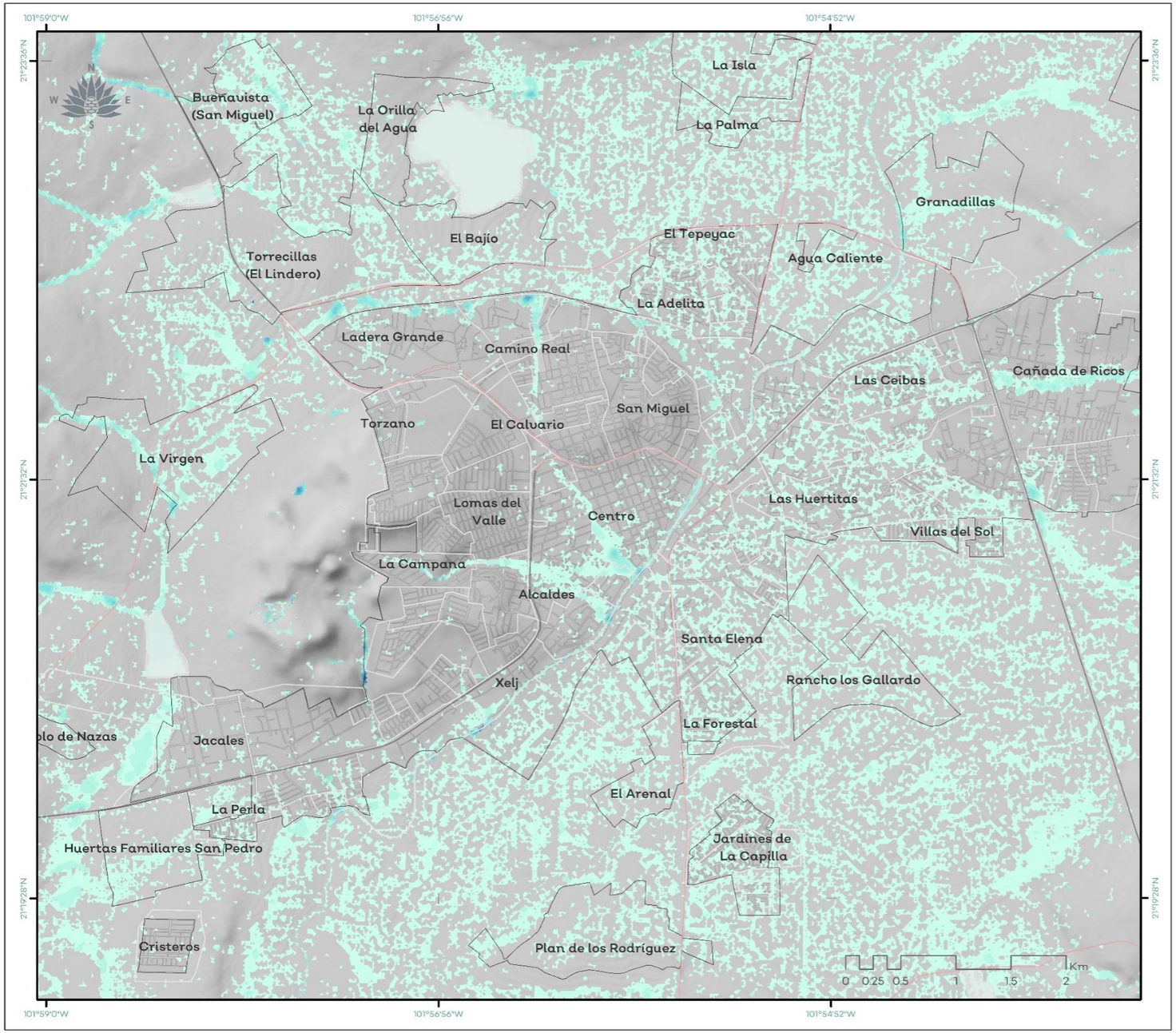
Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Alcaldes	$14,588,053	$365,161	$18,258	$437,641	$5,252	62	201
Cañada de Ricos	$73,236	$0	$0	$2,197	$26	3	8
Centro	$18,944,614	$603,942	$30,197	$2,023,952	$24,287	133	276
El Tepeyac	$4,561,205	$136,836	$6,842	$136,836	$1,642	15	59
Jardines de La Ladera	$3,769,589	$113,088	$5,654	$113,088	$1,357	27	82
Jardines de Las Ceibas	$6,698,725	$0	$0	$200,961	$2,412	75	181
La Estación	$6,215,342	$0	$0	$186,460	$2,238	36	133
La Huitlacocha	$2,557,195	$0	$0	$76,716	$921	13	46
San Felipe	$16,026,872	$148,923	$7,446	$486,414	$5,837	92	195
Torzano	$2,024,862	$60,746	$3,037	$60,746	$729	9	18
Total	**$75,459,693**	**$1,428,696**	**$71,435**	**$3,725,012**	**$44,700**	476	1,225

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-3. Perdidas y Riesgo para San Juan de los Lagos para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Benito Juárez	$6,305,475	$378,328	$18,916	$504,438	$6,053	32	97
Centro	$20,308,739	$1,022,323	$51,116	$8,319,554	$99,835	145	344
Las Moras 3 (El Pedregal)	$78,870	$4,732	$237	$4,732	$57	4	9
Las Ventanas	$3,573,124	$292,439	$14,622	$348,997	$4,188	26	82
Lomas de Santa Fe	$1,744,657	$750,031	$37,502	$770,019	$9,240	13	12
Lomas de Santa Teresa	$28,672,961	$1,433,828	$71,691	$1,708,239	$20,499	132	408
Total	**$60,683,827**	**$3,881,681**	**$194,084**	**$11,655,979**	**$139,872**	354	956

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-02-A

Leyenda Temática

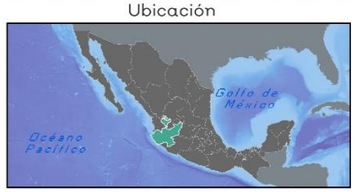
Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Datum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-02-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



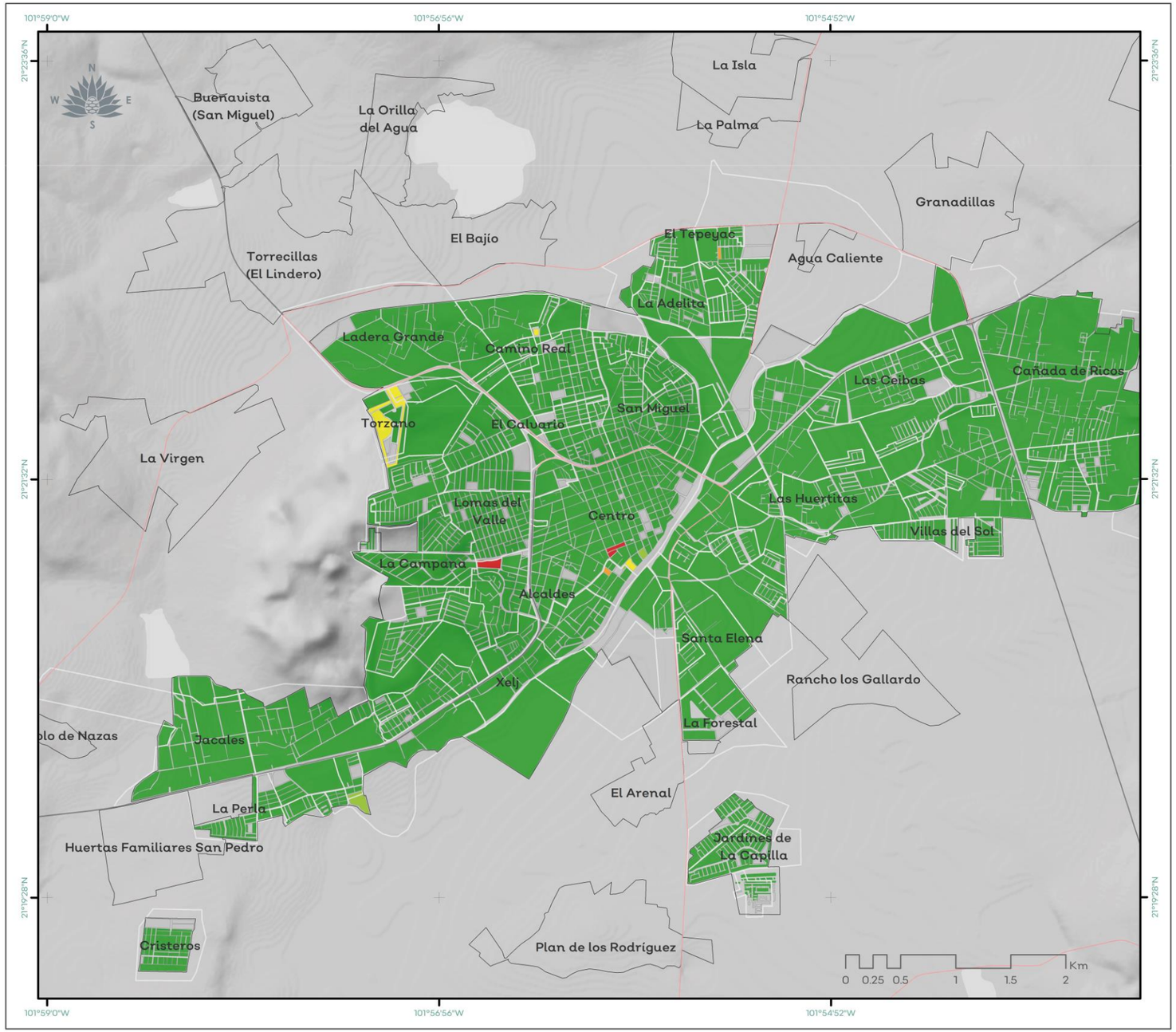
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI, Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-02-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

0.00	5,946.81 - 7,866.70
0.01 - 2,968.15	7,866.71 - 45,721.80
2,968.16 - 5,946.80	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



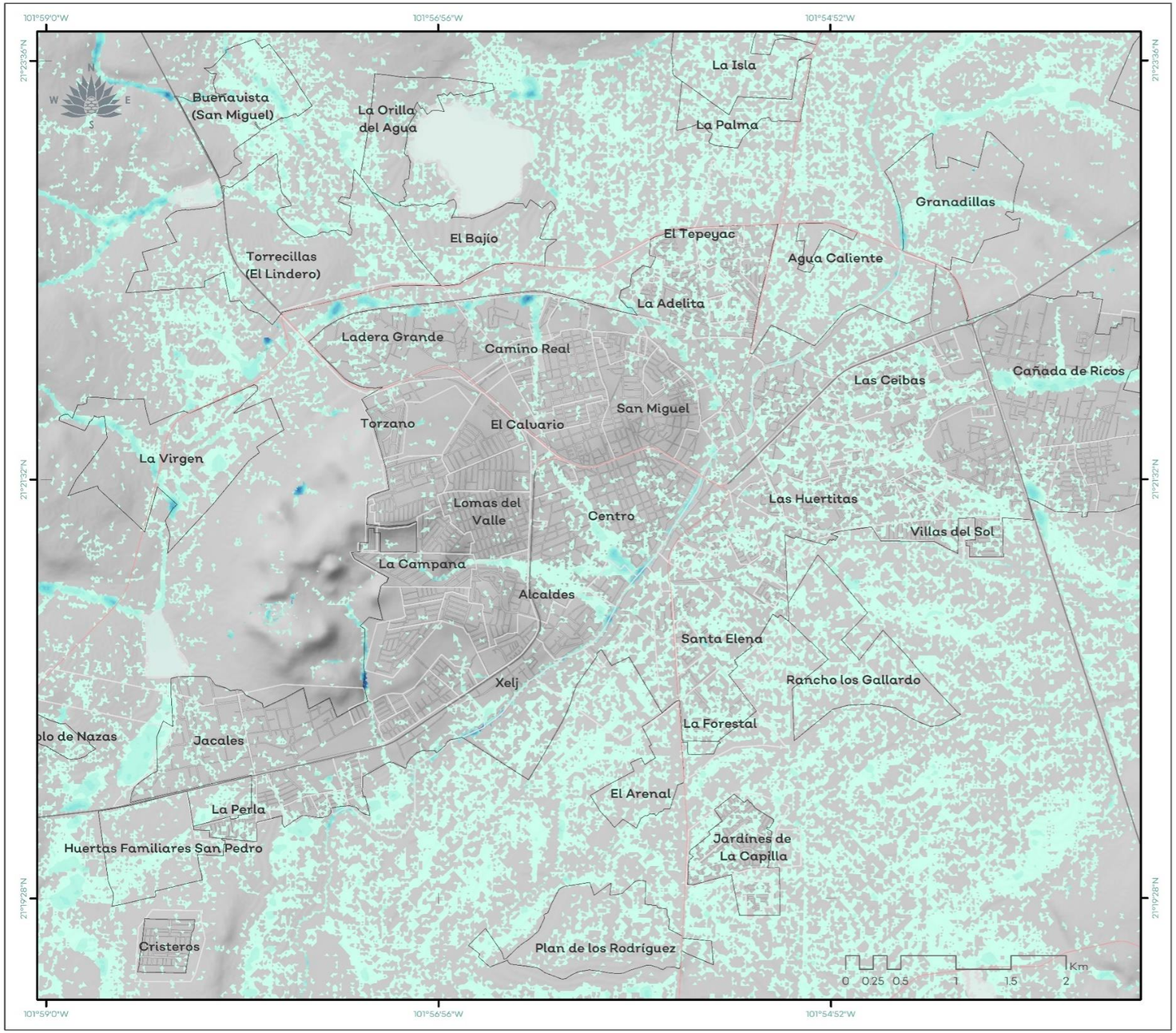
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-03-A

Leyenda Temática

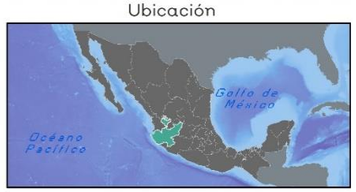
Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



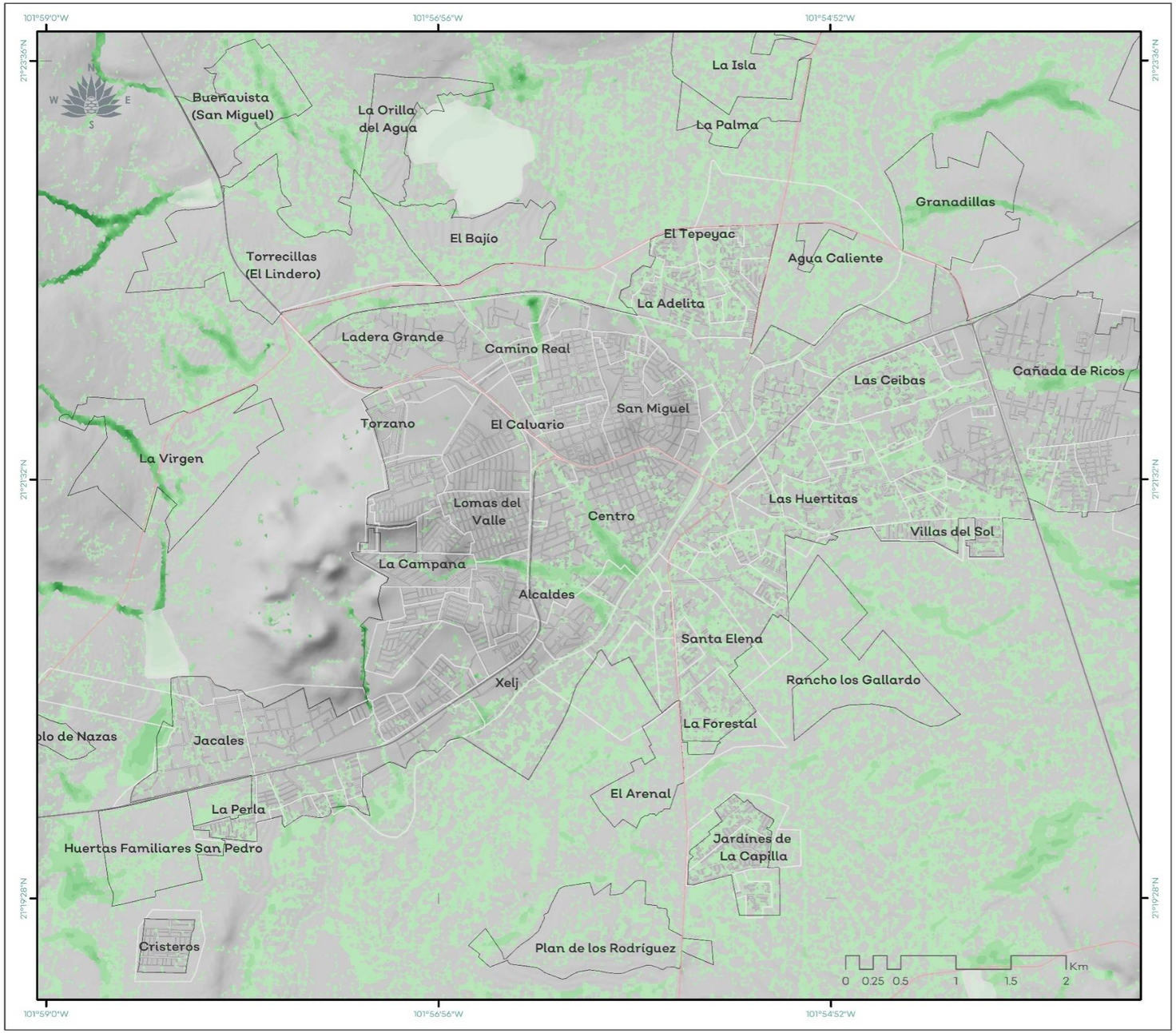
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Datum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI, Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-03-B

Leyenda Temática

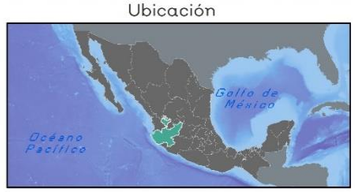
Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



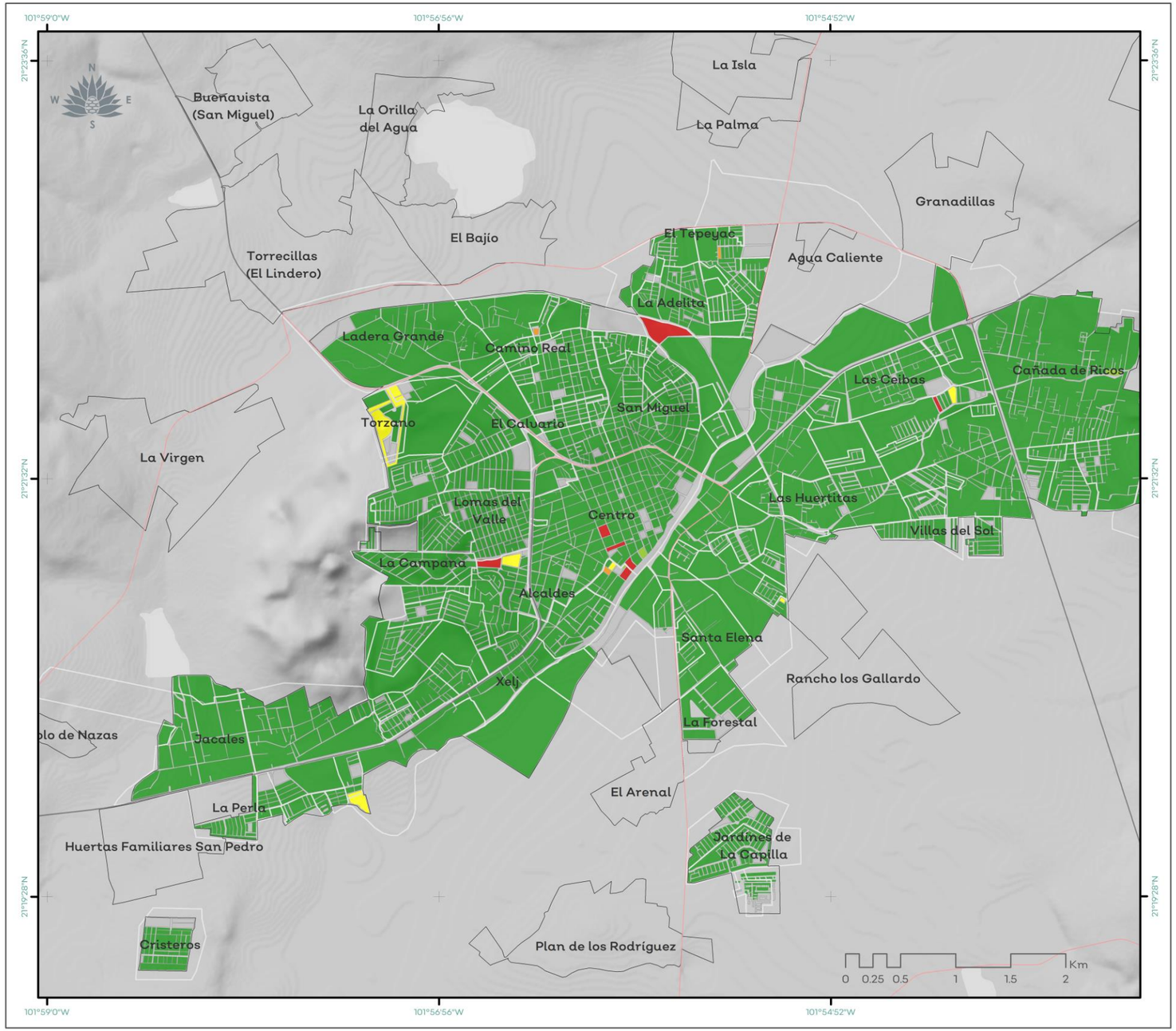
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Datum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Lagos de Moreno
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-03-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

0.00	1,195.71 - 1,790.68
0.01 - 482.41	1,790.69 - 12,893.50
482.42 - 1,195.70	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



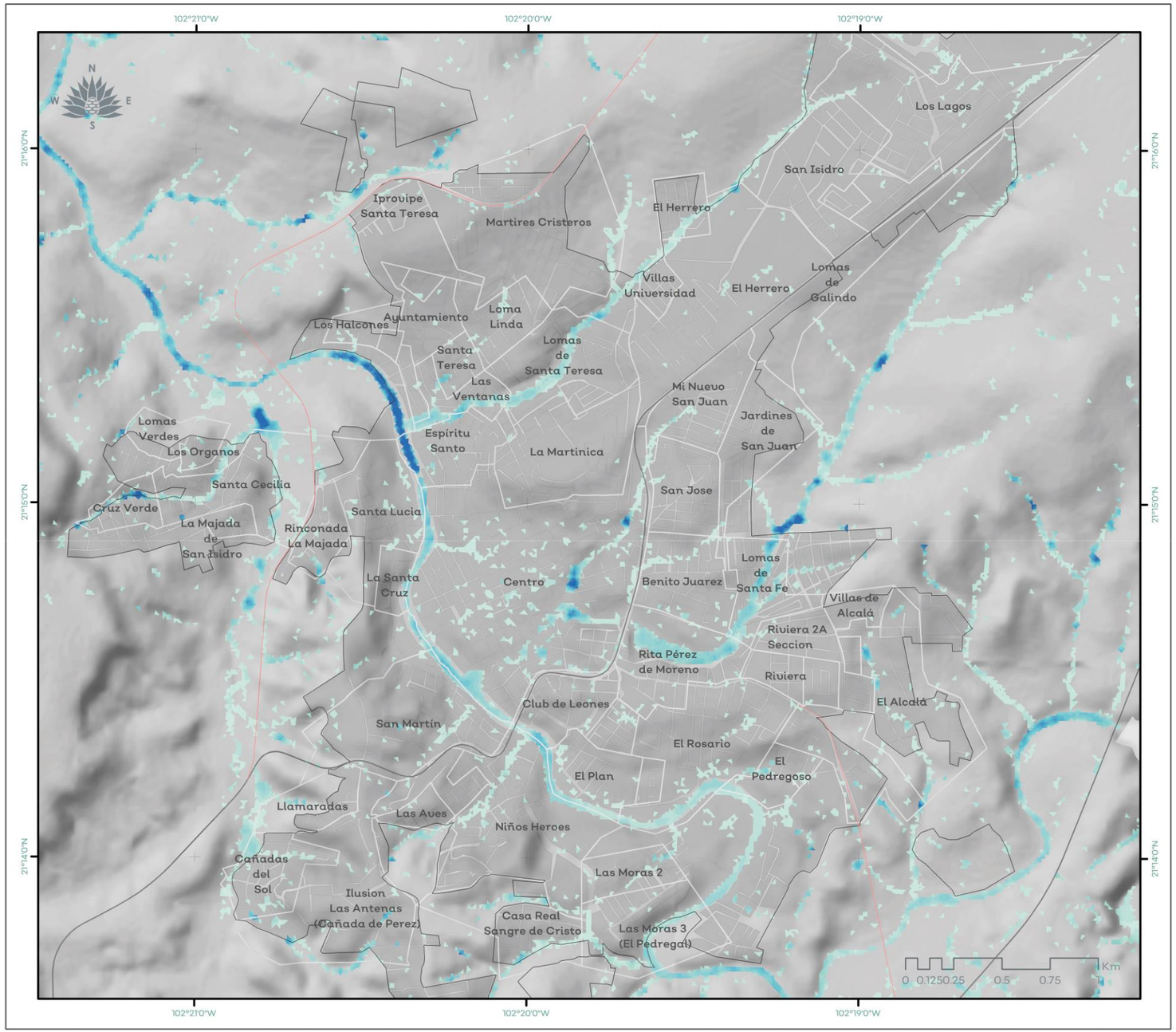
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:35,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-04-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



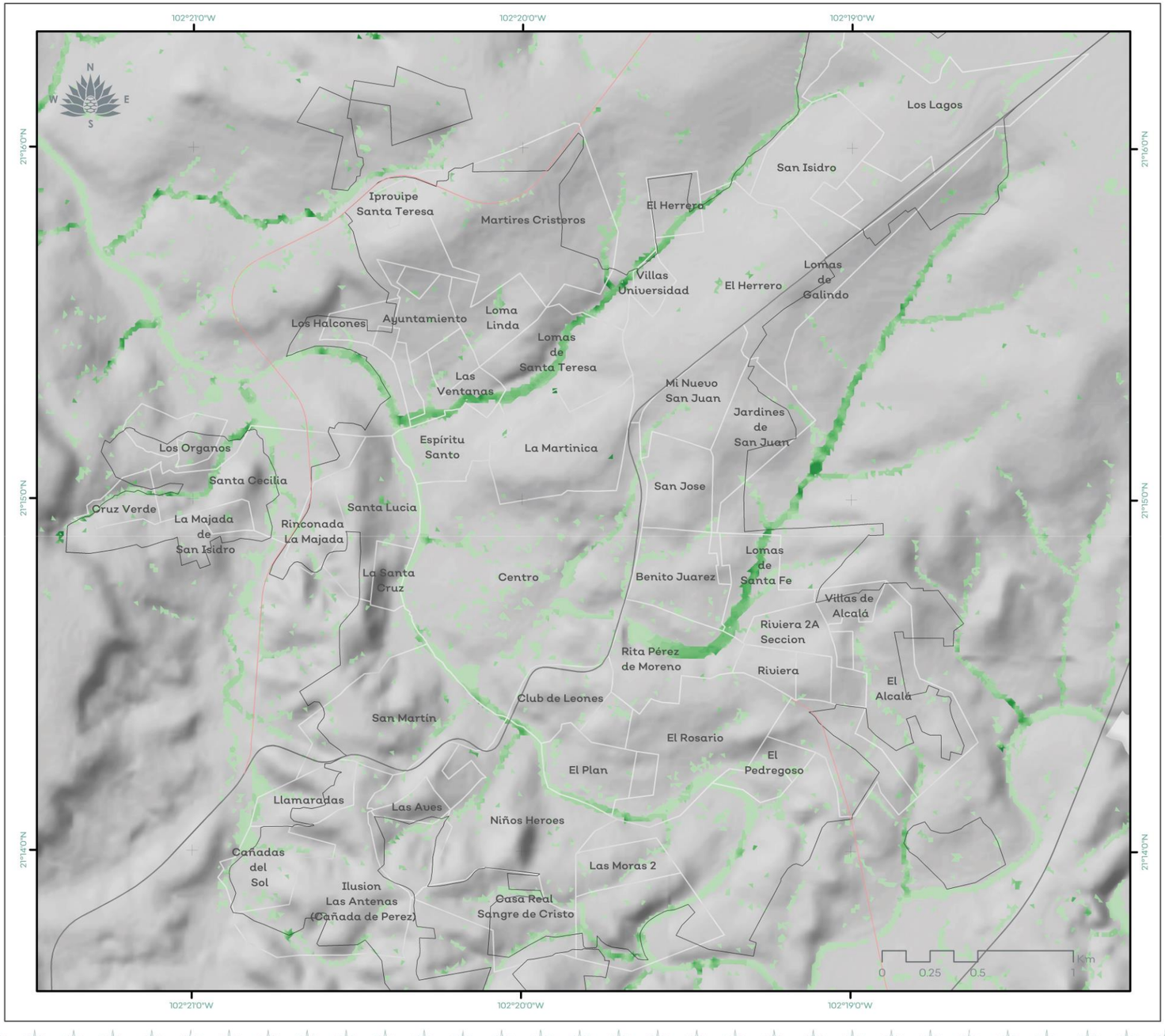
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-04-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



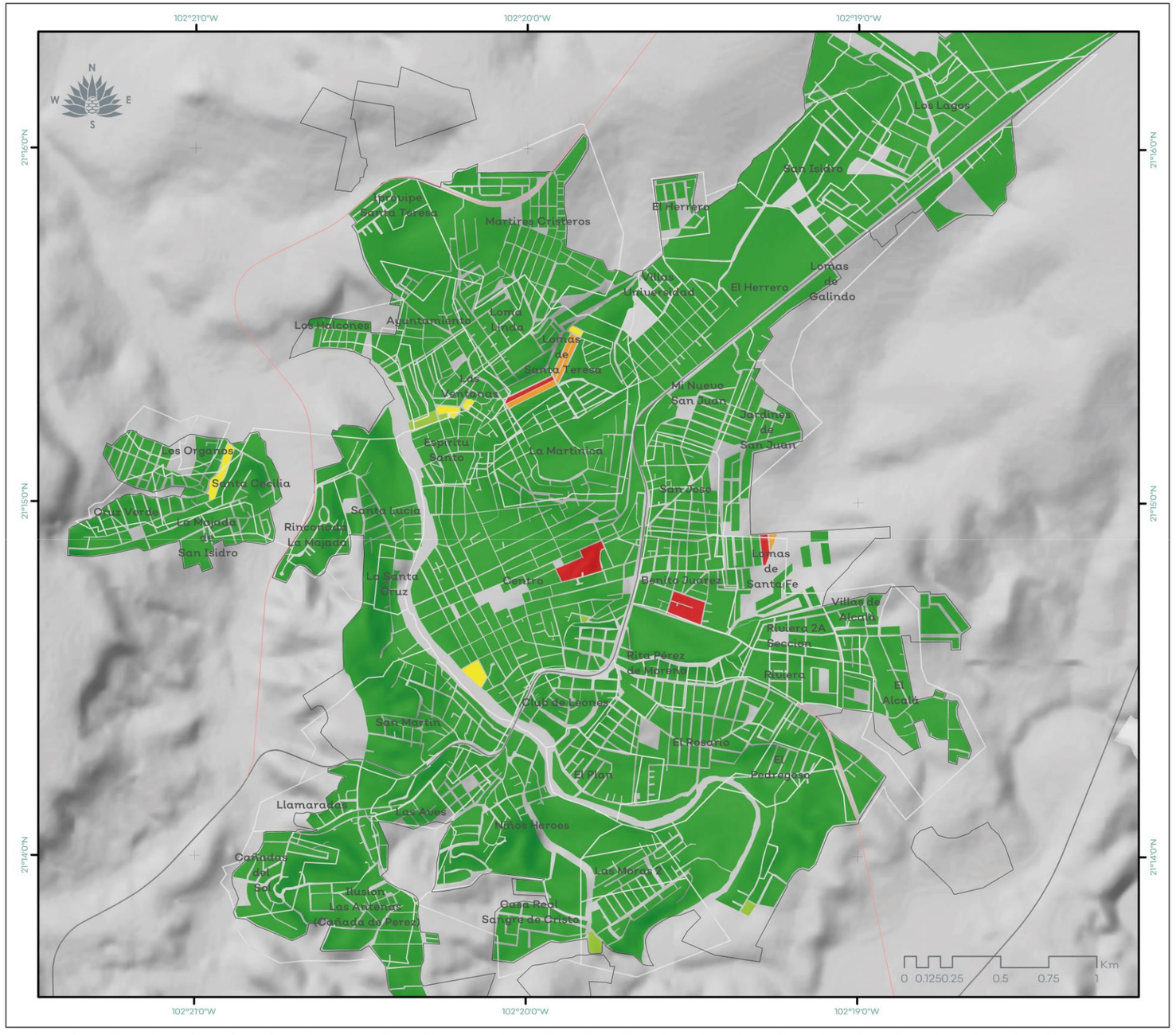
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-04-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 1,676.84
- 1,676.85 - 7,827.77
- 7,827.78 - 17,513.60
- 17,513.61 - 43,780.50

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



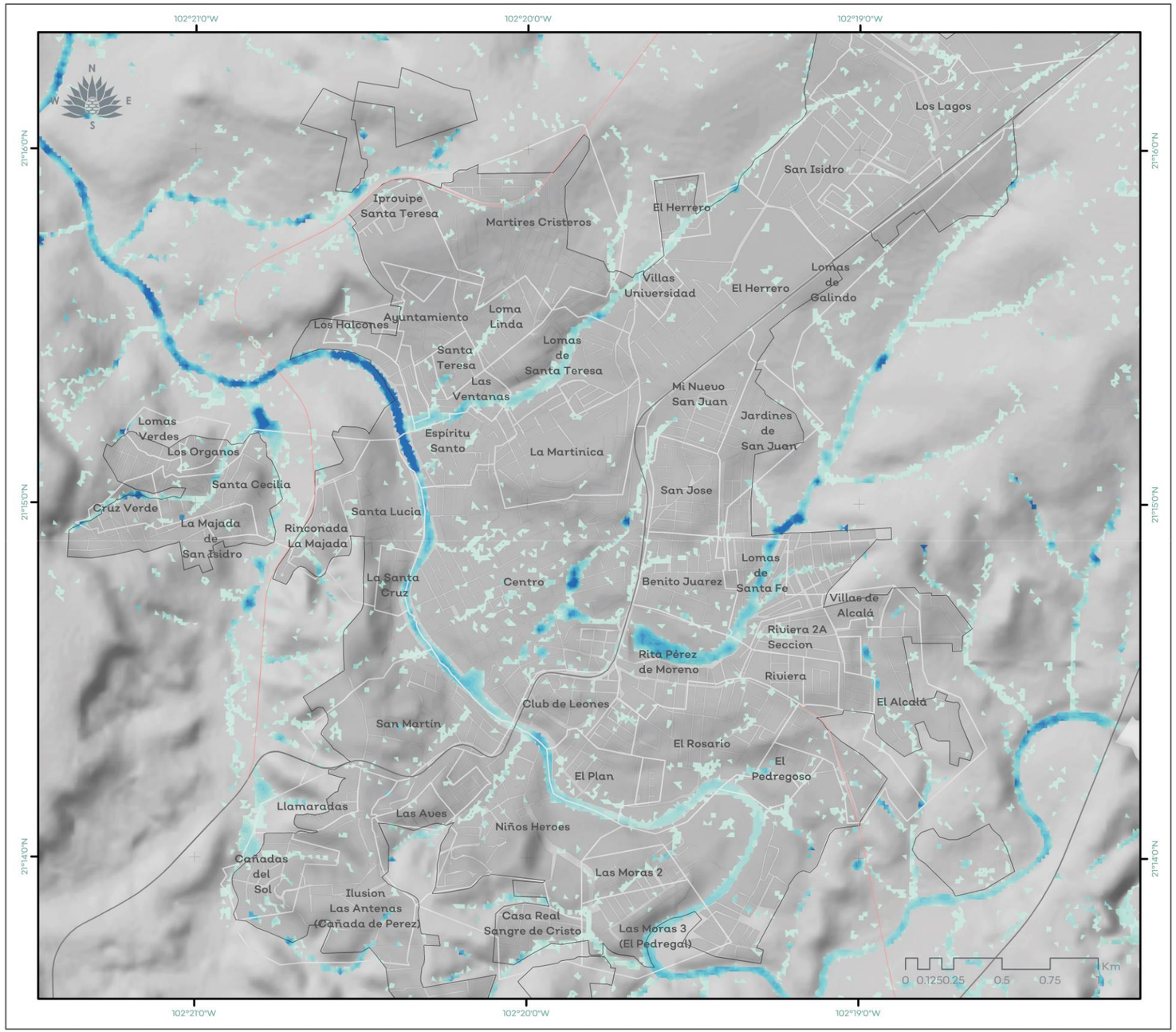
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-05-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



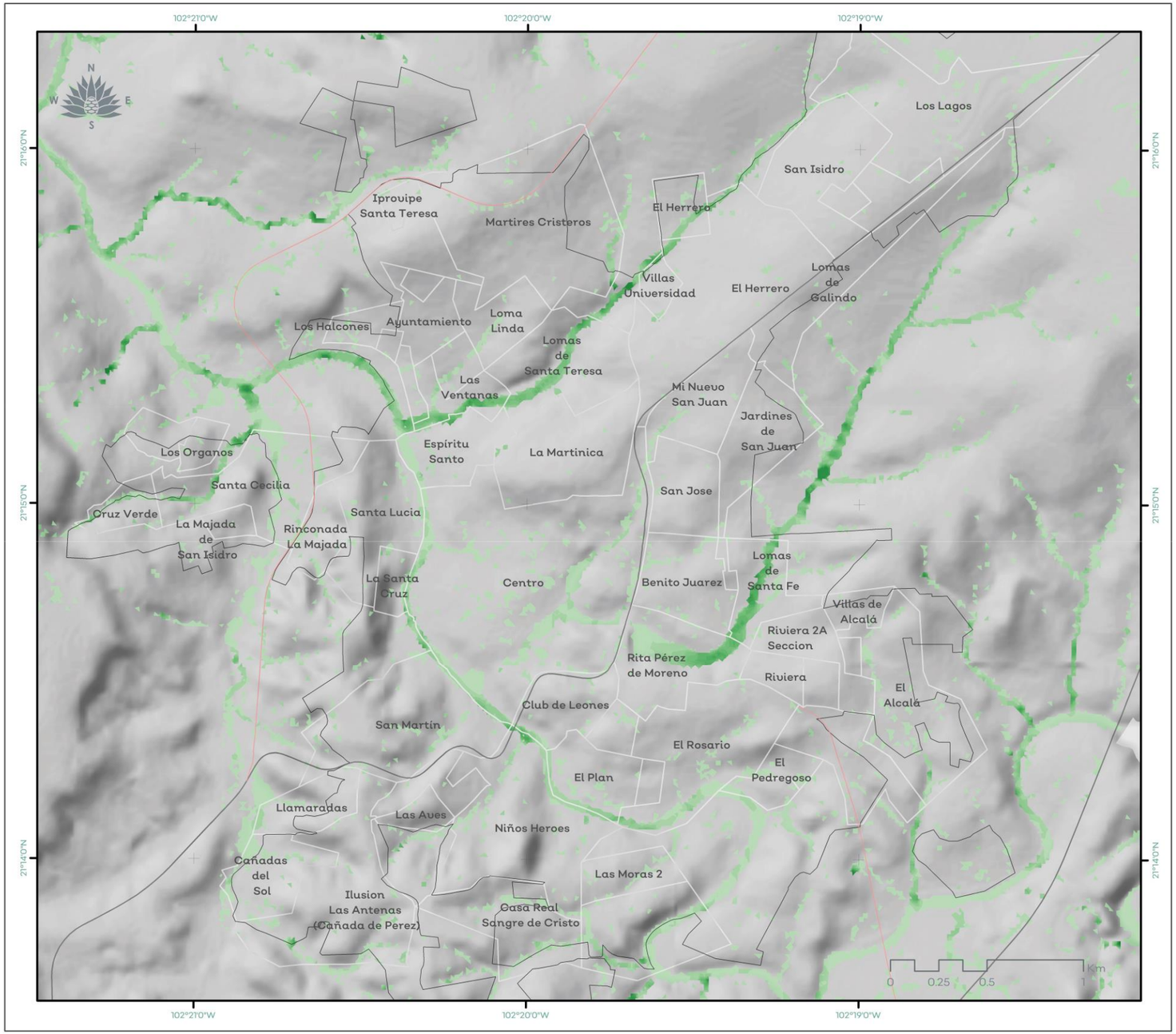
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-05-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



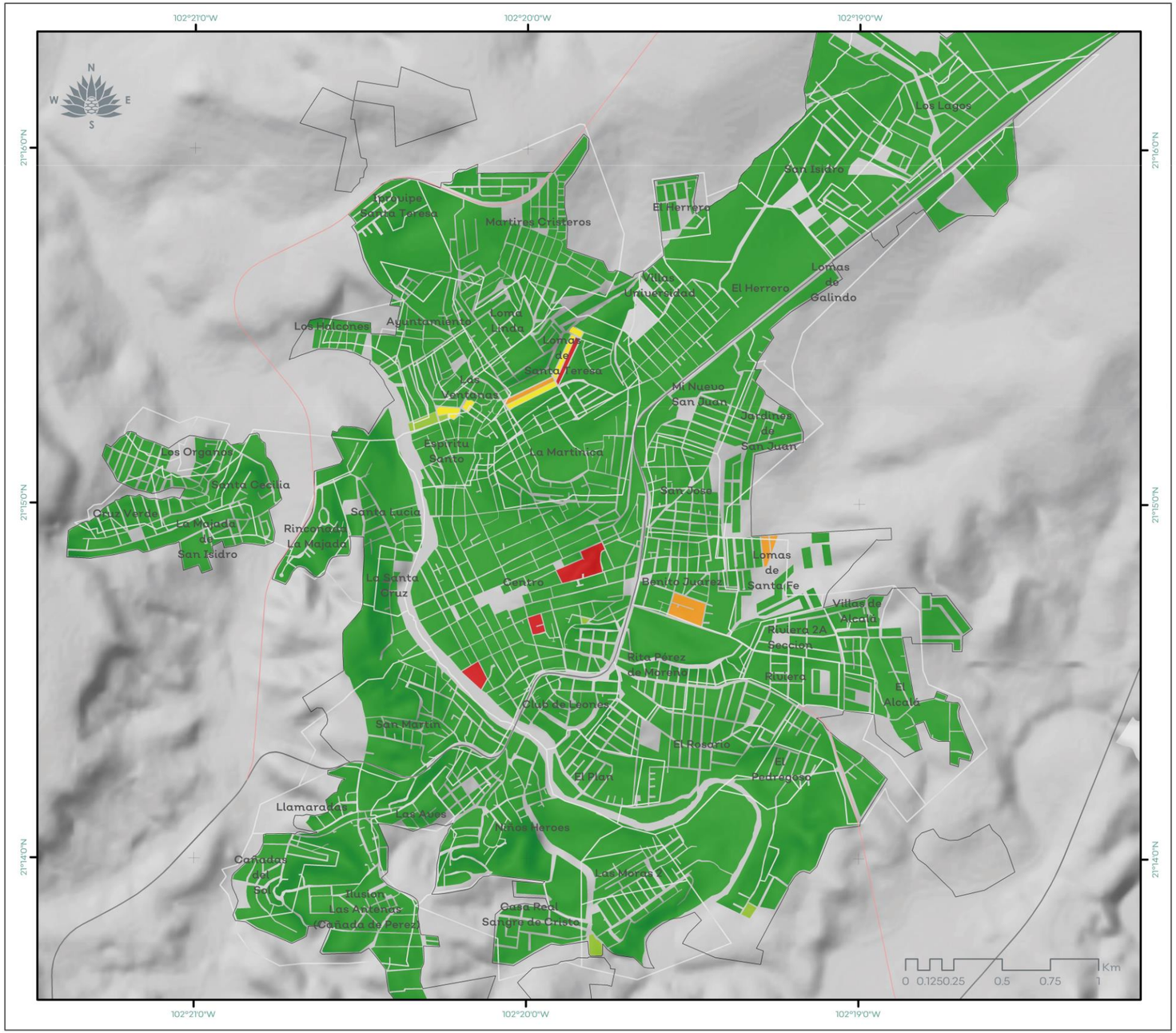
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
San Juan de los Lagos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-05-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 402.44
- 402.45 - 3,596.88
- 3,596.89 - 6,053.26
- 6,053.27 - 70,048.80

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI.
Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Tepatitlán de Morelos

De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de Tepatitlán de Morelos forma parte de la Cuenca Río Santiago. A nivel local se ubica dentro de la subcuenca Río Zula, con una superficie de 2,125.36 kilómetros cuadrados. Esta subcuenca a su vez se compone por las subcuencas Río Verde 1, Río Verde 2, Río Santiago 1 y Río del Valle (*Revisar imagen MF-06 y MF-06a*). Los registros de la CEA Jalisco indican que el municipio tiene una precipitación media anual de 600 mm y las presas que tiene a disposición son: La Red, con capacidad de operación de 14.25 Mm3, El Jihuite (4.80 Mm3), El Amigo (0.70 Mm3), Plan de Mezcala (0.70 Mm3) y Carretas (0.50 Mm3).

En el 2017 el municipio de Tepatitlán de Morelos se vio afectado por el desbordamiento del río de Tepatitlán tras las intensas lluvias. Este desbordamiento ocasionó la inundación de al menos 50 viviendas en diversos fraccionamientos de la localidad (*Imagen HDR-C-3*).

Imagen HDR-C-3. Desbordamiento del río Tepatitlán tras intensas lluvias



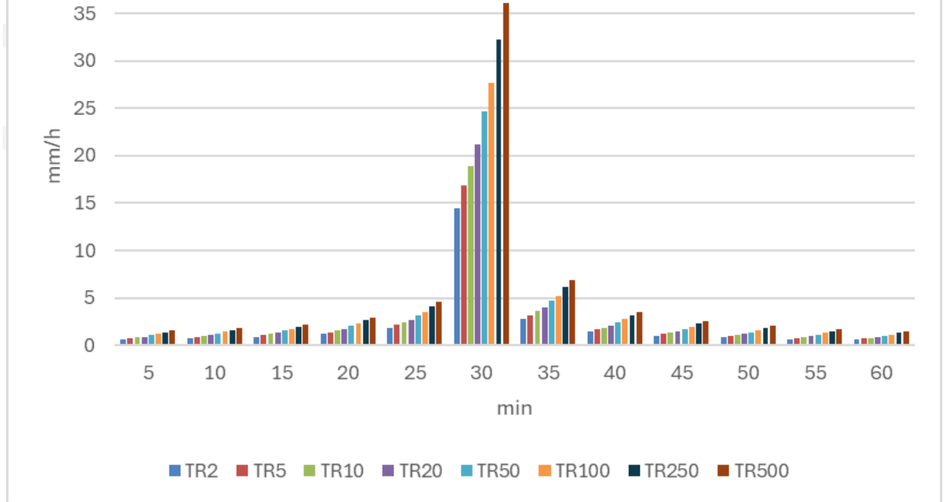
Fuente: Noticieros Televisa. https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/desbordamiento-rio-tepatitlan-jalisco-deja-afectaciones-62-viviendas/

Tabla HDR-C-2. Precipitación acumulada para Tepatitlán de Morelos en una hora para cada periodo de retorno

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	**TR2**	**TR5**	**TR10**	**TR20**	**TR50**	**TR100**	**TR250**	**TR500**
5	0.62	0.72	0.81	0.91	1.06	1.19	1.38	1.55
10	0.73	0.85	0.95	1.07	1.24	1.39	1.62	1.82
15	0.89	1.04	1.16	1.30	1.52	1.70	1.98	2.22
20	1.17	1.37	1.53	1.72	2.00	2.25	2.62	2.93
25	1.84	2.14	2.40	2.69	3.13	3.51	4.09	4.59
30	14.48	16.85	18.91	21.21	24.69	27.70	32.24	36.17
35	2.74	3.19	3.58	4.01	4.67	5.24	6.10	6.84
40	1.42	1.65	1.86	2.08	2.42	2.72	3.16	3.55
45	1.01	1.18	1.32	1.48	1.72	1.93	2.25	2.52
50	0.80	0.93	1.04	1.17	1.36	1.53	1.78	2.00
55	0.67	0.78	0.87	0.98	1.14	1.28	1.49	1.67
60	0.58	0.67	0.76	0.85	0.99	1.11	1.29	1.45

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Gráfica HDR-C-2. Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para Tepatitlán de Morelos



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

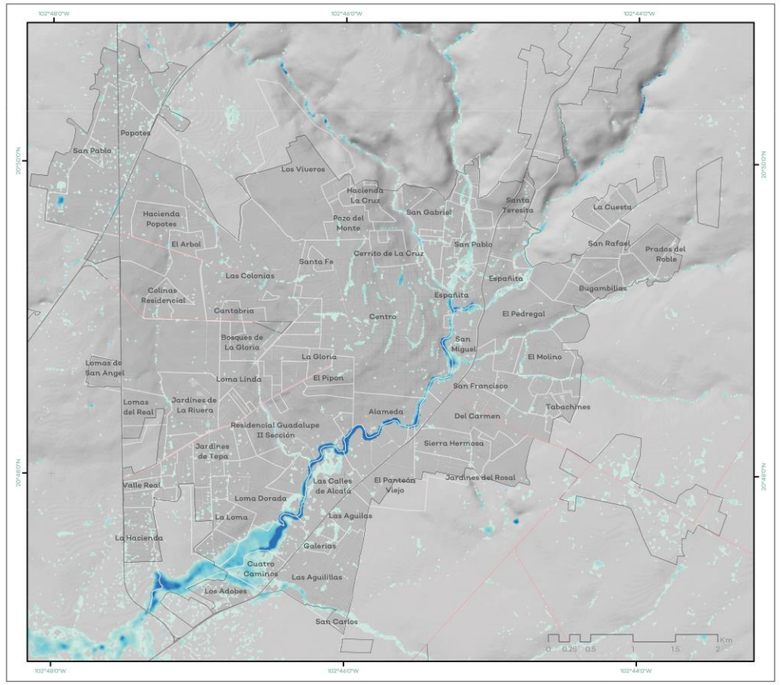
Resultados

La cabecera municipal de Tepatitlán de Morelos experimenta anegaciones menores en la mayoría de su extensión, con la excepción de la Calle Paseo del Río, donde se registran valores de tirante de agua que oscilan entre 1.4 y 1.6 metros. En la colonia Los Álamos, específicamente en la Calle Matamoros, los niveles de agua alcanzan entre 1.8 y 2 metros. Respecto a las colonias La Loma y Los Adobes, se identifican atenuaciones moderadas a altas, con niveles de agua de hasta 1.6 metros de profundidad, afectando vías como la Avenida Las Jacarandas y las calles Los Arcos, Las Herraduras y Los Portales. Por otro lado, la Carretera Federal 80 presenta una baja susceptibilidad a inundaciones en su tránsito por el municipio.

Tabla HDR-C-5. Perdidas y Riesgo para Tepatitlán de Morelos para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Bosques del Lago	$36,534,599	$1,141,018	$57,051	$6,573,641	$78,884	167	541
Centro	$66,275,467	$1,607,019	$80,351	$2,263,750	$27,165	456	1,135
Coto del Rey	$1,375,756	$41,273	$2,064	$41,273	$495	7	11
Cuatro Caminos	$6,365,486	$1,242,497	$62,125	$1,560,548	$18,727	45	129
Españita	$9,305,564	$279,167	$13,958	$297,850	$3,574	45	178
Jardín Españita	$16,778,144	$1,139,470	$56,974	$1,139,470	$13,674	76	236
Las Aguilillas	$1,026,160	$0	$0	$30,785	$369	9	22
Las Calles de Alcalá	$1,067,664	$32,030	$1,602	$32,030	$384	5	18
Loma Dorada	$979,821	$0	$0	$29,395	$353	3	22
Los Adobes	$48,247,698	$4,376,508	$218,826	$6,599,900	$79,199	260	998
Paseo del Rio	$311,393	$18,684	$934	$18,684	$224	2	5
Pozo del Monte	$7,201,711	$216,051	$10,803	$216,051	$2,593	32	111
San Alberto	$14,701,995	$441,060	$22,053	$441,060	$5,293	54	176
San Alfonso	$22,852,225	$1,371,134	$68,557	$1,371,134	$16,454	94	308
San Antonio El Alto	$4,586,050	$0	$0	$137,582	$1,651	18	61
San Miguel	$1,358,818	$570,704	$28,535	$638,644	$7,664	8	27
San Pablo	$4,922,433	$147,673	$7,384	$147,673	$1,772	19	71
Total	**$243,890,983**	**$12,624,288**	**$631,215**	**$21,539,469**	**$258,474**	1,319	4,074

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.







ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Tepatitlán de Morelos
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-06-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



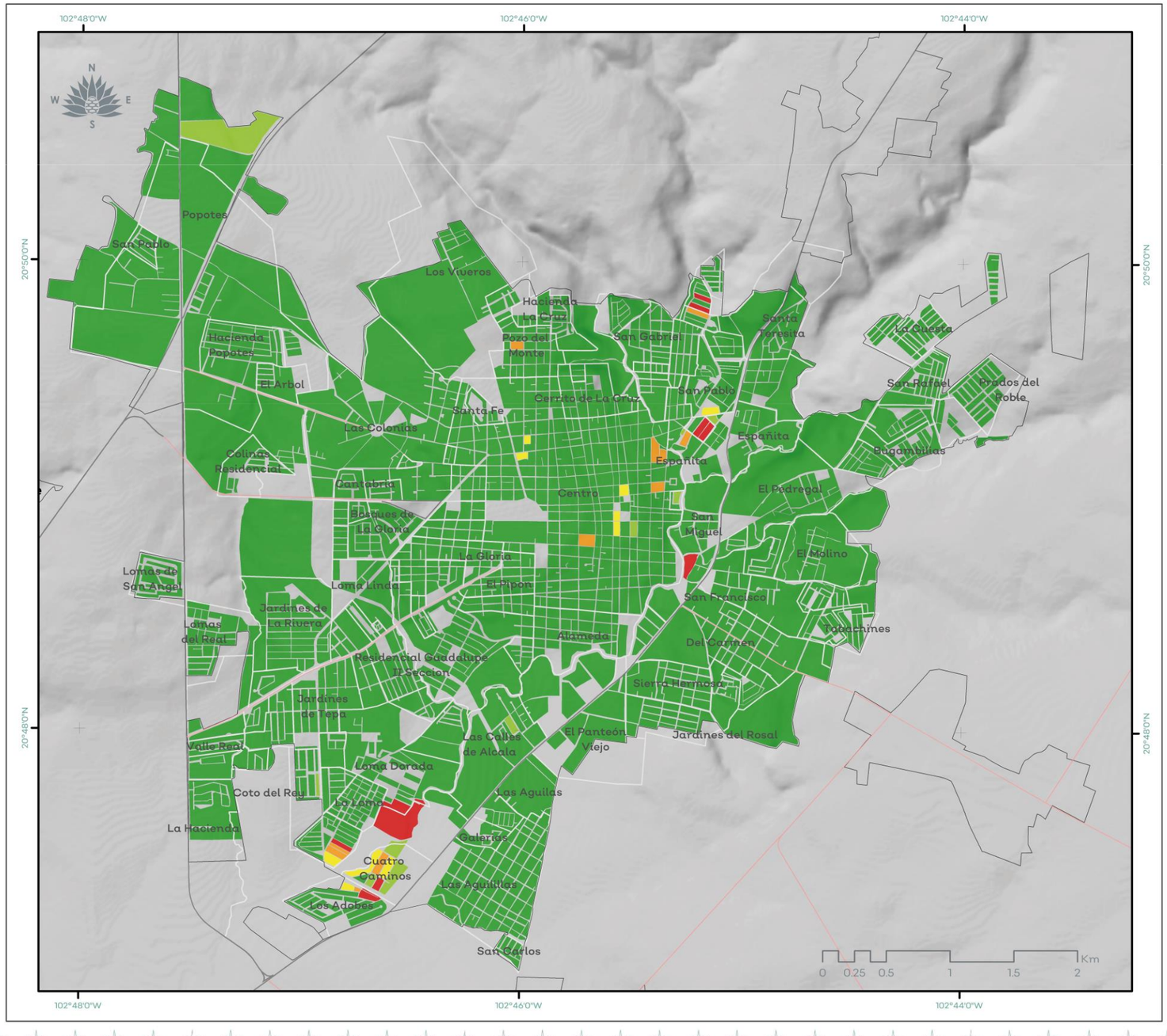
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Tepatitlán de Morelos
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-06-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 2,106.05
- 2,106.06 - 7,383.65
- 7,383.66 - 23,060.80
- 23,060.81 - 197,262.00

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



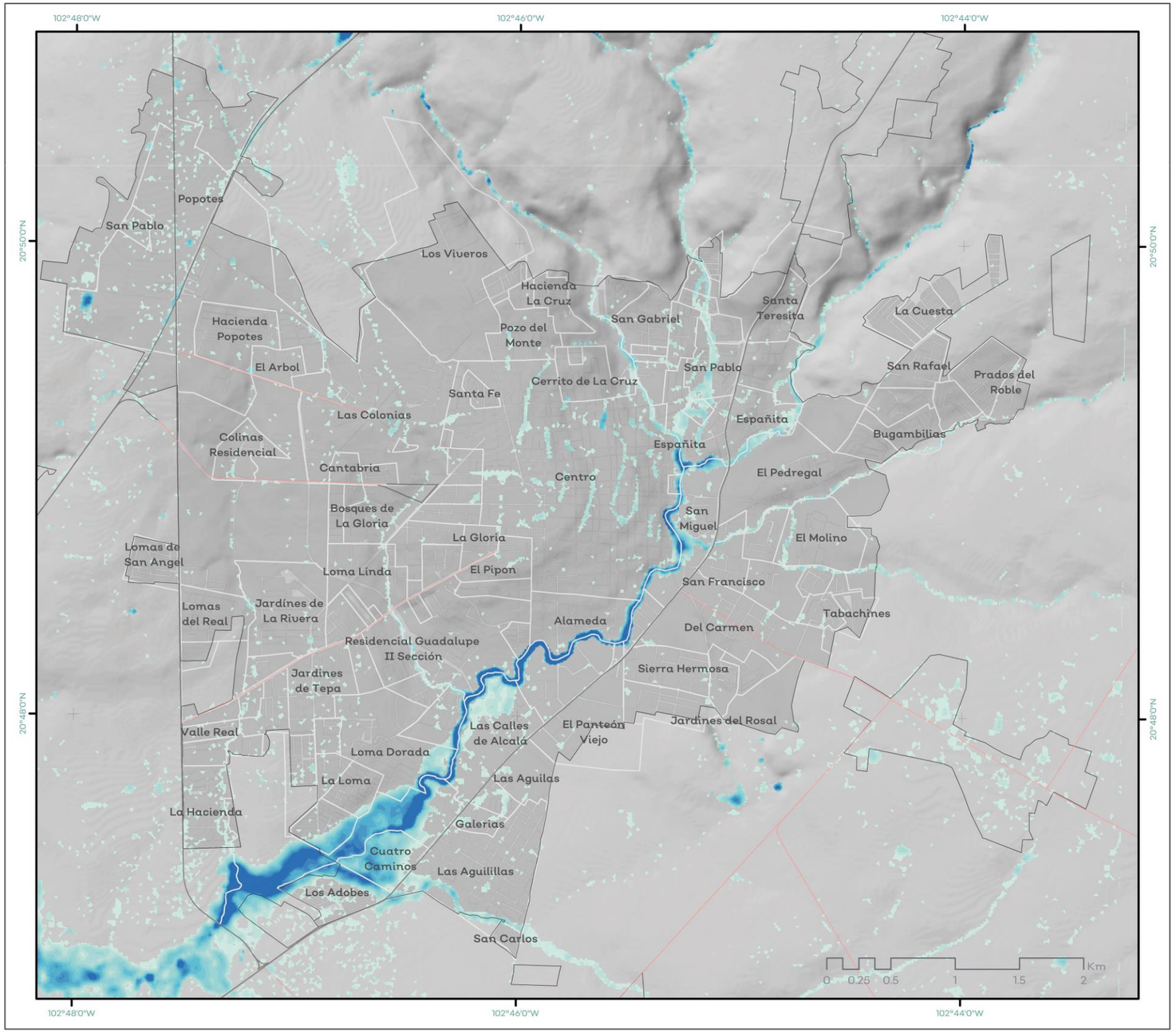
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Tepatitlán de Morelos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-07-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Tepatitlán de Morelos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-07-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Localidad

Ubicación



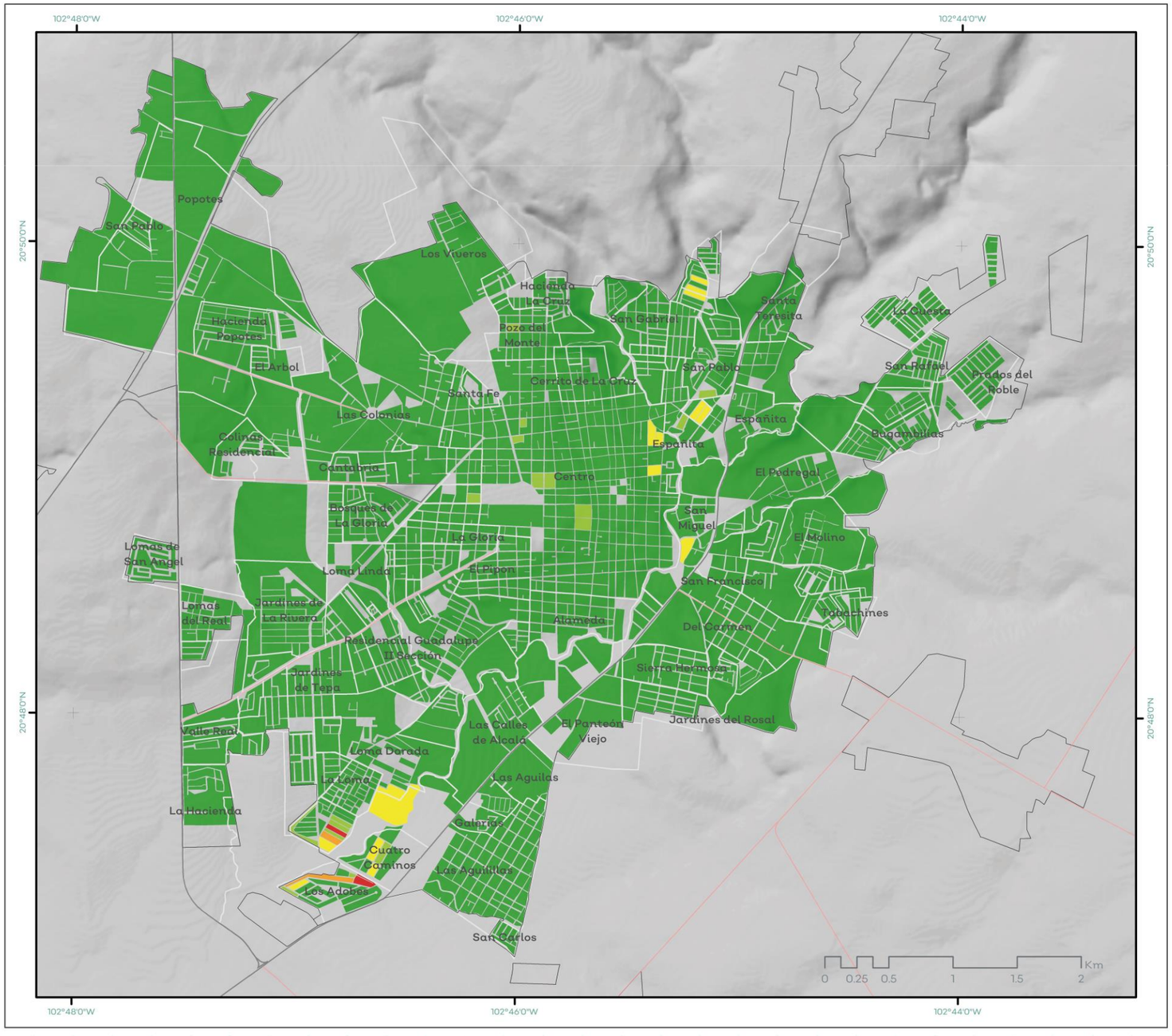
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Tepatitlán de Morelos
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-07-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00 - 1,077.10
- 1,077.11 - 4,390.64
- 4,390.65 - 9,642.81
- 9,642.82 - 19,176.10
- 19,176.11 - 47,342.80

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Puerto Vallarta

De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de Puerto Vallarta se ubica dentro de la cuenca del Pacífico, la cual tiene una superficie de 55, 457.9 km2 (44 % se ubica en el estado de Jalisco). Esta cuenca tiene una precipitación media anual de 900 mm y abarca el Río Ameca, Río Cuale y Río Chacala. A nivel local, en el municipio se localizan las subcuencas Ameca-Ixtapa A, Ameca Ixtapa B, Mascota, Pitillal, Cuale y Tecomala. En los mapas MF-06 y MF-06a ilustra la distribución de estas subcuencas y el porcentaje que ocupan de un total de 1.300,67 km2 del territorio de Puerto Vallarta.

De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de Puerto Vallarta tiene una precipitación media anual de 1,385 mm. Por otra parte, el municipio no cuenta con presas que tengan un almacenamiento mayor a 0.5 Mm3. El municipio ha sido afectado por las intensas lluvias en los últimos años. Durante el 2023, la tormenta producida por los remanentes del huracán Lidia produjo un acelerado crecimiento de canales y avenidas inundadas (*Imagen HDR-C-4*). En el año 2022, las lluvias de la tormenta Kay provocaron inundaciones, autos arrastrados y una persona lesionada (*Imagen HDR-C-8*). En agosto del 2021, las lluvias causadas por el paso del Huracán Nora generaron inundaciones, derrumbes y el fallecimiento de un joven (*Imagen HDR-C-9*).

Imagen HDR-C-4. Puerto Vallarta sufre fuerte inundaciones por remanentes del huracán Lidia



Fuente: Vanguardia. https://vanguardia.com.mx/noticias/puerto-vallarta-sufre-fuerte-inundacion-corrientes-arrastran-vehiculos-y-desatan-caos-GK9590594

Imagen HDR-C-5. Lluvias provocadas por la tormenta Kay provocan inundaciones y daños



Fuente: Debate. https://www.debate.com.mx/guadalajara/La-tormenta-tropical-Kay-deja-un-lesionado-inundaciones-y-auto-dentro-de-socavon-en-Puerto-Vallarta-20220905-0098.html

Imagen HDR-C-6. Lluvias provocadas por el Huracán Nora en Puerto Vallarta provocan pérdidas económicas y humanas



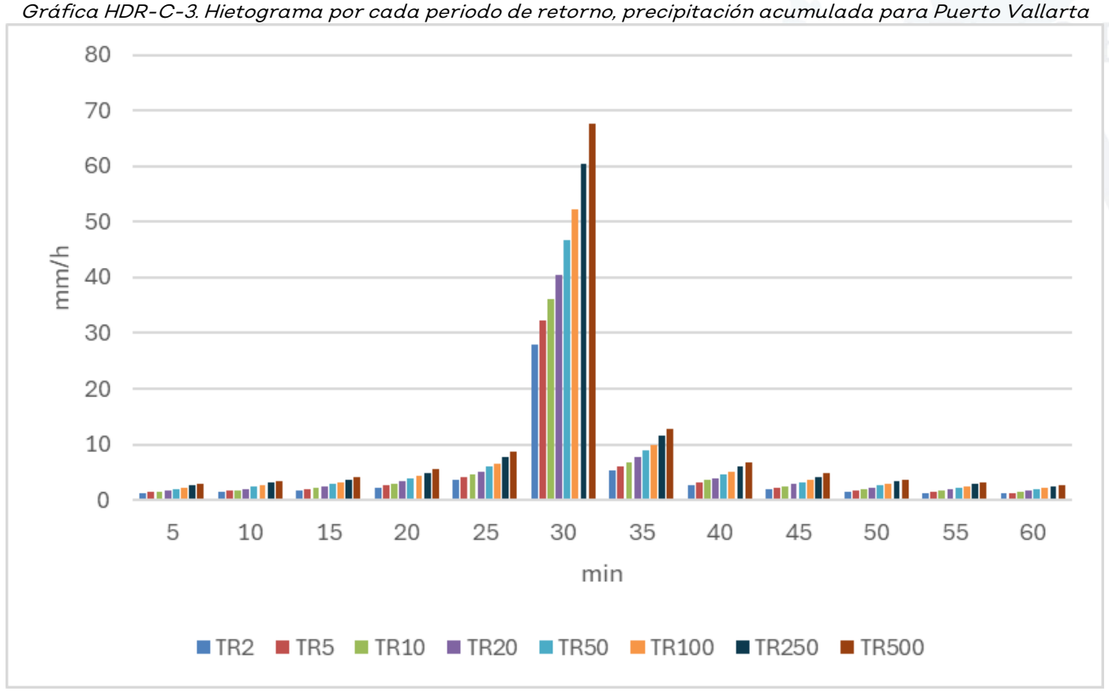
Fuente: Info 7 Obtenido de: https://www.info7.mx/nacional/huracan-nora-en-puerto-vallarta-deja-derrumbes-y-un-muerto/4016655

Tabla HDR-C-6. Precipitación acumulada para Puerto Vallarta en una hora para cada periodo de retorno

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	1.19	1.38	1.55	1.73	2.00	2.24	2.59	2.90
10	1.40	1.62	1.81	2.03	2.35	2.63	3.04	3.40
15	1.71	1.99	2.22	2.48	2.87	3.21	3.72	4.16
20	2.26	2.62	2.93	3.27	3.79	4.24	4.91	5.49
25	3.54	4.10	4.58	5.12	5.93	6.63	7.68	8.58
30	27.87	32.28	36.09	40.34	46.73	52.23	60.51	67.64
35	5.27	6.11	6.83	7.63	8.84	9.88	11.45	12.80
40	2.73	3.17	3.54	3.96	4.59	5.13	5.94	6.64
45	1.94	2.25	2.52	2.81	3.26	3.64	4.22	4.72
50	1.54	1.78	1.99	2.23	2.58	2.88	3.34	3.73
55	1.29	1.49	1.67	1.86	2.16	2.41	2.80	3.13
60	1.12	1.29	1.45	1.62	1.87	2.09	2.42	2.71

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Gráfica HDR-C-3. Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para Puerto Vallarta



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Resultados

En la porción norte del municipio de Puerto Vallarta, se observa predominantemente una susceptibilidad media a inundaciones, con niveles de agua cercano a los 0.4 metros de profundidad. Sin embargo, existen áreas específicas donde los niveles de agua son más altos que el promedio, lo que aumenta el riesgo de inundaciones moderadas a graves. Estas áreas incluyen la intersección de la Avenida José Guadalupe Zuno y la Calle Federación (con niveles de 0.8 a 1 metro), la Calle Palma Areka (con niveles de 1.2 a 1.4 metros), la Calle Universidad del Valle de Atemajac (con niveles de 1.4 a 1.6 metros), la intersección de la Calle Clavel y la Calle Pensamiento (con niveles de 0.8 a 1 metro), y la Calle Milenium a la altura de la Calle Prisciliano Sánchez (con niveles de 0.8 a 1 metro). En cuanto a las vialidades principales, la Carretera Federal 200 y la Carretera 544 muestran una baja susceptibilidad a inundaciones, con niveles de agua que rara vez superan los 0.4 metros.

La zona sur de Puerto Vallarta presenta anegaciones moderadas a altas en diversos puntos de su territorio. Las calles e intersecciones que presentan esta susceptibilidad moderada a alta se presentan a continuación:

- Calle Vicente Guerrero (1.8 a 2 metros)
- Calle Emiliano Zapata a la altura de Miguel Ángel Robles (1.6 a 1.8 metros)
- Calle J. Ascencio Villaseñor (1.8 a 2 metros)
- Intersección de Calle Orquídea con Calle Jalisco (más de 2 metros)
- Calle Exiquio Corona en sus intersecciones con Calle Revolución y Calle 24 de Febrero (1.4 a 1.6 metros)
- Avenida Federación en la coordenada 20°38'46.00"N, 105°12'7.87"O (1.4 a 1.6 metros)
- Calle José Manuel Herrera (superior a 2 metros)
- Avenida Las Torres en el punto 20°38'50.15"N, 105°12'49.03"O (1.8 a 2 metros)
- Calle 5 de Mayo con Calle Fco. I. Madero (1.8 a 2 metros)
- Intersección de Avenida Los Tules y Calle España (1.4 a 1.6 metros)
- Calle Roma y Calle Lucerna (1.2 a 1.4 metros)
- Calle Rivera del Río (niveles de 1.4 hasta 2 metros)
- Calle La Rivera y Manantial (más de 2 metros)
- Calle Pino Suárez (1.8 a metros)
- Calle Avenida Libramiento (1.6 a 1.8 metros)
- Calle Felipe Ángeles (de 1.4 a 2 metros)

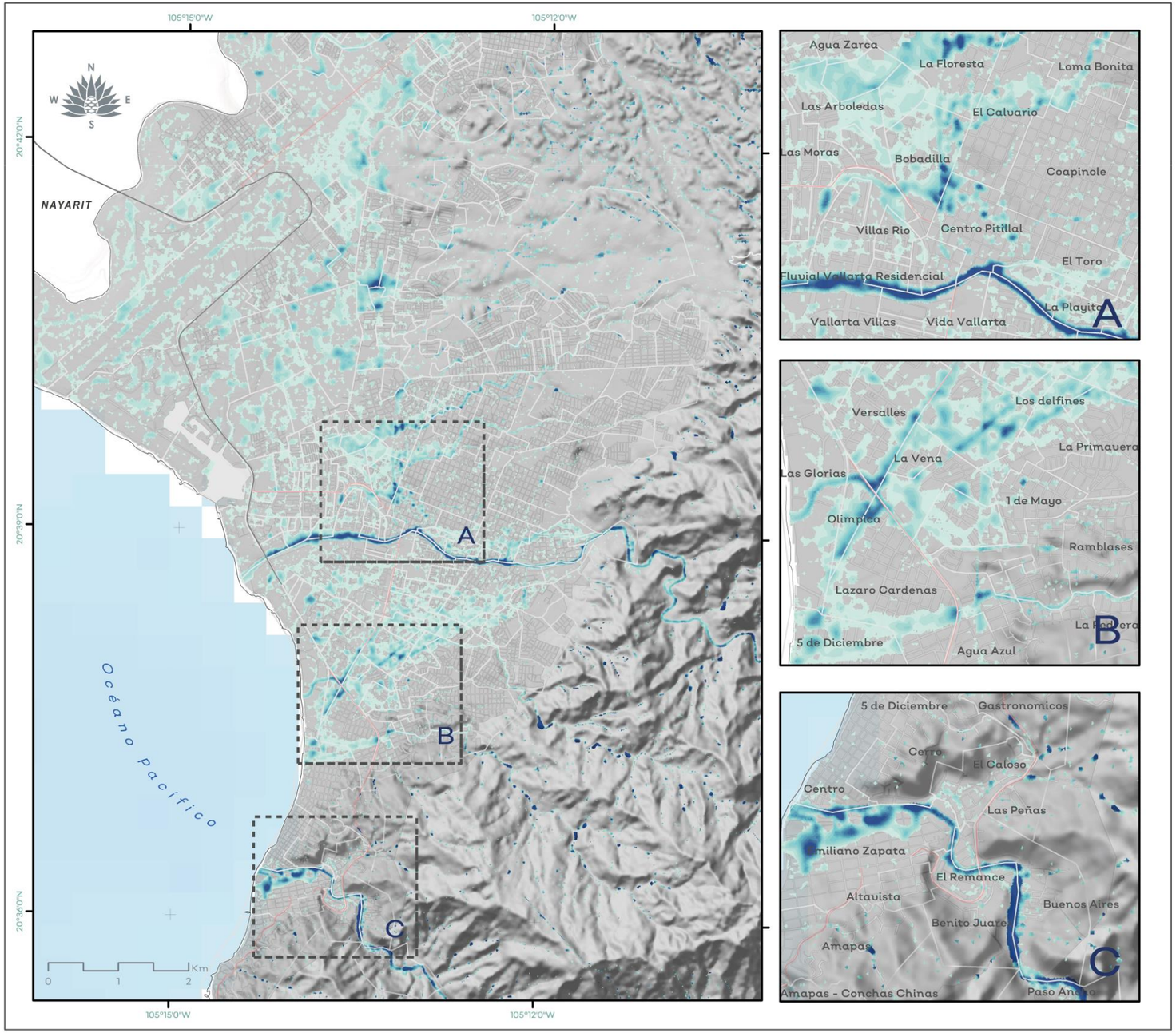
En cuanto a la vialidad principal, la Carretera Federal 200 presenta susceptibilidad moderada a alta de inundaciones en las siguientes coordenadas:

- 20°37'22.45"N - 105°13'50.12"O (1.2 a 1.4 metros)
- 20°37'16.38"N - 105°13'51.04"O (1.2 a 1.4 metros)
- 20°36'15.59"N - 105°14'10.38"O (1.4 a 1.6 metros)
- 20°36'17.11"N - 105°14'2.84"O (1.8 a 2 metros)

Tabla HDR-C-7. Perdidas y Riesgo para Puerto Vallarta para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
5 de diciembre	$8,970,290	$368,770	$18,438	$368,770	$4,425	68	115
Agua Azul	$16,038,771	$742,060	$37,103	$742,060	$8,905	112	277
Ampliación Volcanes	$1,130,730	$33,922	$1,696	$33,922	$407	9	23
Ampliación Loma Bonita	$1,017,538	$61,052	$3,053	$61,052	$733	7	15
Balcones de Vallarta	$6,141,120	$184,234	$9,212	$184,234	$2,211	31	77
Banus Iinu	$3,763,195	$0	$0	$112,896	$1,355	17	38
Banus III	$995,753	$29,873	$1,494	$29,873	$358	6	15
Barrio Santa María	$20,572,264	$894,822	$44,741	$894,822	$10,738	127	287
Benito Juárez	$1,465,965	$765,655	$38,283	$765,655	$9,188	25	59
Bobadilla	$22,279,359	$2,020,029	$101,002	$2,150,178	$25,802	158	428
Buenos Aires	$290,525	$0	$0	$136,547	$1,639	3	0
Campestre Las Cañadas I	$1,185,963	$35,579	$1,779	$35,579	$427	8	32
Campestre Las Cañadas II	$2,904,472	$87,134	$4,357	$87,134	$1,046	19	70
Campestre Las Palmas	$4,209,337	$126,280	$6,314	$126,280	$1,515	25	89
Campestre San Nicolas	$2,123,087	$63,693	$3,185	$63,693	$764	12	61
Centro de Salud	$1,709,158	$148,465	$7,423	$148,465	$1,782	19	64
Centro Pitillal	$17,501,466	$2,146,094	$107,304	$2,146,094	$25,753	147	401
Coapinole	$1,829,762	$54,893	$2,745	$109,786	$1,317	10	37
Copa del Rey	$123,148	$51,722	$2,586	$51,722	$621	4	14
Cristóbal Colon	$5,394,929	$232,190	$11,610	$232,190	$2,786	52	174
Diaz Ordaz	$24,656,497	$2,485,862	$124,293	$6,143,410	$73,721	224	382
El Calvario	$11,112,979	$738,132	$36,907	$738,132	$8,858	67	205
El Llanito	$144,076	$11,526	$576	$11,526	$138	4	22
El Progreso	$470,747	$14,122	$706	$14,122	$169	16	66
El Toro	$387,366	$11,621	$581	$11,621	$139	4	10
Emiliano Zapata	$21,106,226	$4,737,330	$236,867	$4,860,350	$58,324	525	396
Ex Hacienda El Pitillal	$1,861,707	$0	$0	$111,702	$1,340	8	24
Fluvial Vallarta Residencial	$4,821,032	$144,631	$7,232	$144,631	$1,736	25	47
Fovissste 96	$4,660,800	$279,648	$13,982	$279,648	$3,356	26	49
Fracc Paseo de La Ribera	$12,257,773	$208,477	$10,424	$367,733	$4,413	51	143
Guadalupe Victoria	$7,625,142	$595,485	$29,774	$3,097,972	$37,176	60	99
Independencia	$11,501,986	$548,736	$27,437	$548,736	$6,585	60	130
Jardines de Las Gaviotas	$9,798,648	$139,391	$6,970	$433,350	$5,200	46	106
La Aurora	$4,762,286	$380,983	$19,049	$380,983	$4,572	29	68
La Floresta	$32,786,889	$3,611,515	$180,576	$3,802,687	$45,632	194	616
La Playita	$108,057	$3,242	$162	$3,242	$39	3	16
La Primavera	$41,478,985	$1,527,084	$76,354	$3,073,253	$36,879	177	421
La Vena	$11,314,821	$294,530	$14,726	$633,974	$7,608	87	159
Las Aralias	$11,444,366	$632,948	$31,647	$632,948	$7,595	70	98
Las Glorias	$8,196,608	$0	$0	$245,898	$2,951	42	65
Las Juntas	$23,971,270	$425,725	$21,286	$874,512	$10,494	170	551
Las Mojoneras	$61,220,133	$372,199	$18,610	$1,836,606	$22,039	449	974
Lázaro Cárdenas	$11,514,049	$2,684,761	$134,238	$2,766,895	$33,203	93	195
Leandro Valle	$5,036,707	$85,099	$4,255	$302,202	$3,626	30	82
Lisboa Residencial	$13,090,558	$0	$0	$392,717	$4,713	64	159
Lomas del Calvario	$96,842	$5,810	$291	$5,810	$70	1	3
López Mateos	$6,026,680	$408,365	$20,418	$408,365	$4,900	42	114
Los delfines	$7,015,058	$0	$0	$210,452	$2,525	25	58
Los Llanos	$191,768	$76,707	$3,835	$76,707	$920	8	23
Los Médanos	$15,206,658	$639,512	$31,976	$903,280	$10,839	67	145
Los Sauces	$11,959,127	$528,476	$26,424	$617,571	$7,411	80	141
Los Tamarindos	$82,848,793	$3,163,109	$158,155	$4,387,327	$52,648	579	1,540
Marina Vallarta	$24,694,074	$740,822	$37,041	$1,481,640	$17,780	113	205
Moderna	$186,713	$14,937	$747	$14,937	$179	5	18
Montessori	$29,965,469	$1,088,153	$54,408	$3,002,894	$36,035	205	308
Morelos Y Pavón	$4,158,083	$134,151	$6,708	$134,151	$1,610	31	90
Nuevo Ixtapa	$3,632,700	$108,981	$5,449	$108,981	$1,308	30	122
Olímpica	$4,240,541	$1,246,750	$62,337	$1,285,892	$15,431	55	95
Pacifico Azul	$4,273,541	$221,191	$11,060	$293,606	$3,523	20	62
Palmar de Aramara	$19,001,033	$570,031	$28,502	$1,140,060	$13,681	93	179
Parque Las Palmas	$37,684,409	$2,431,449	$121,573	$6,139,413	$73,673	209	390
Paseos Universidad II	$1,872,920	$149,834	$7,492	$149,834	$1,798	9	32
Paso Ancho	$2,444,916	$1,026,860	$51,343	$1,026,860	$12,322	28	53
Poblado de Las Palmas	$10,953,576	$659,946	$32,997	$737,214	$8,847	74	202
Primavera de Vallarta	$1,022,586	$0	$0	$30,678	$368	6	5
Residencial Las Gaviotas	$10,437,016	$653,535	$32,677	$653,535	$7,842	53	106
San Esteban	$2,091,782	$0	$0	$62,754	$753	18	65
San Francisco	$142,448	$4,273	$214	$4,273	$51	4	12
Sendero del Parque	$6,316,318	$0	$0	$189,490	$2,274	28	63
Tabachines	$38,463,538	$3,287,368	$164,368	$15,576,540	$186,919	185	392
Valentín Gómez Farias	$26,941,289	$1,349,064	$67,453	$1,349,064	$16,189	174	448
Vallarta 750	$10,296,561	$0	$0	$308,897	$3,707	63	117
Versalles	$31,679,288	$3,396,282	$169,814	$5,012,203	$60,147	216	355
Villa de Guadalupe	$18,014,264	$366,099	$18,305	$672,829	$8,074	141	387
Villa Las Flores	$1,584,493	$47,535	$2,377	$47,535	$570	17	50
Villas Rio	$15,116,587	$228,007	$11,400	$534,278	$6,411	85	211
Villas Universidad	$27,058,461	$192,997	$9,650	$811,754	$9,741	116	277
El Aguacate	$24,500,043	$735,001	$36,750	$1,960,000	$23,520	689	175
Total	**$935,094,112**	**$51,454,758**	**$2,572,738**	**$89,528,626**	**$1,074,344**	**6852**	**13802**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-08-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

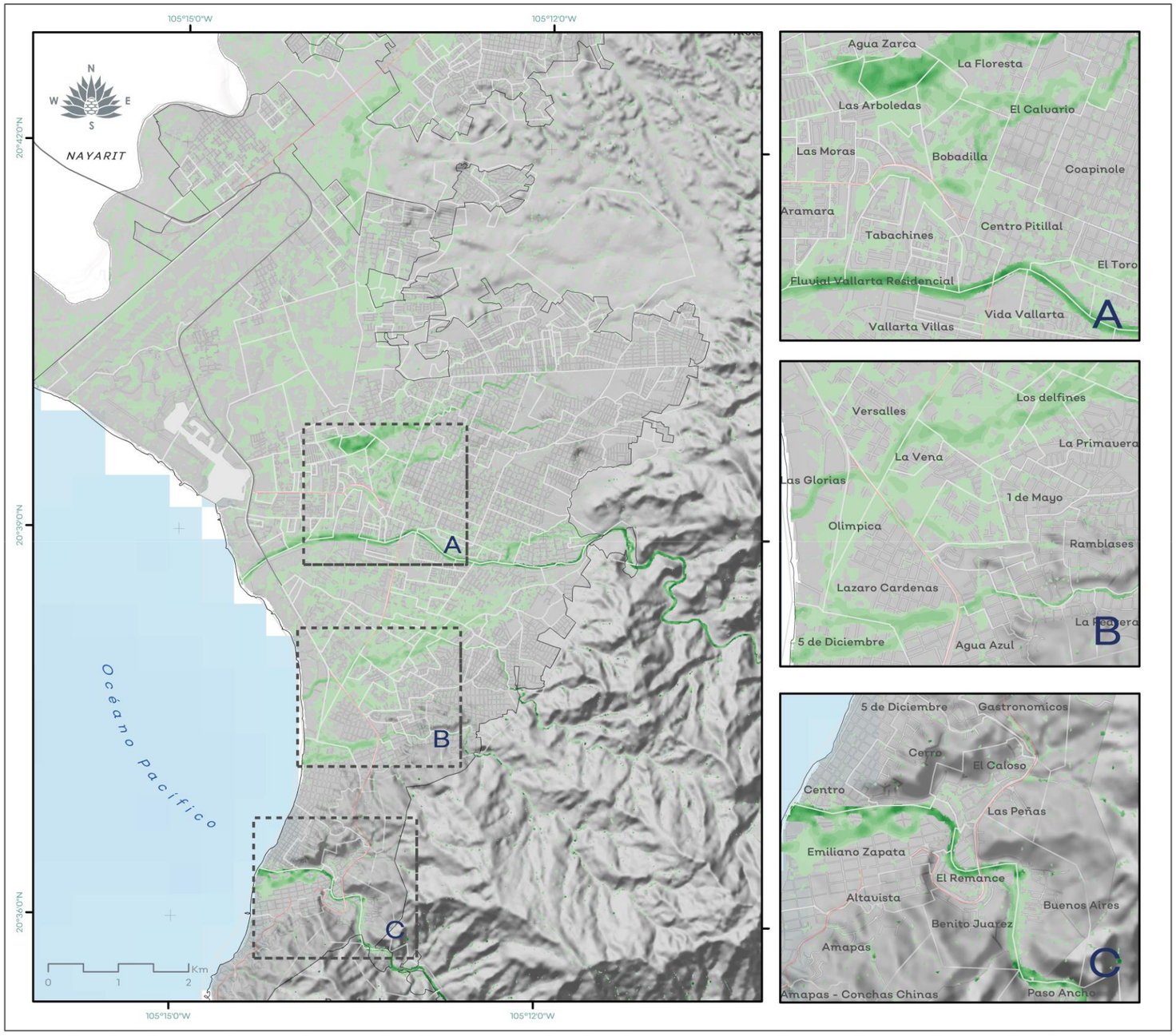
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-08-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



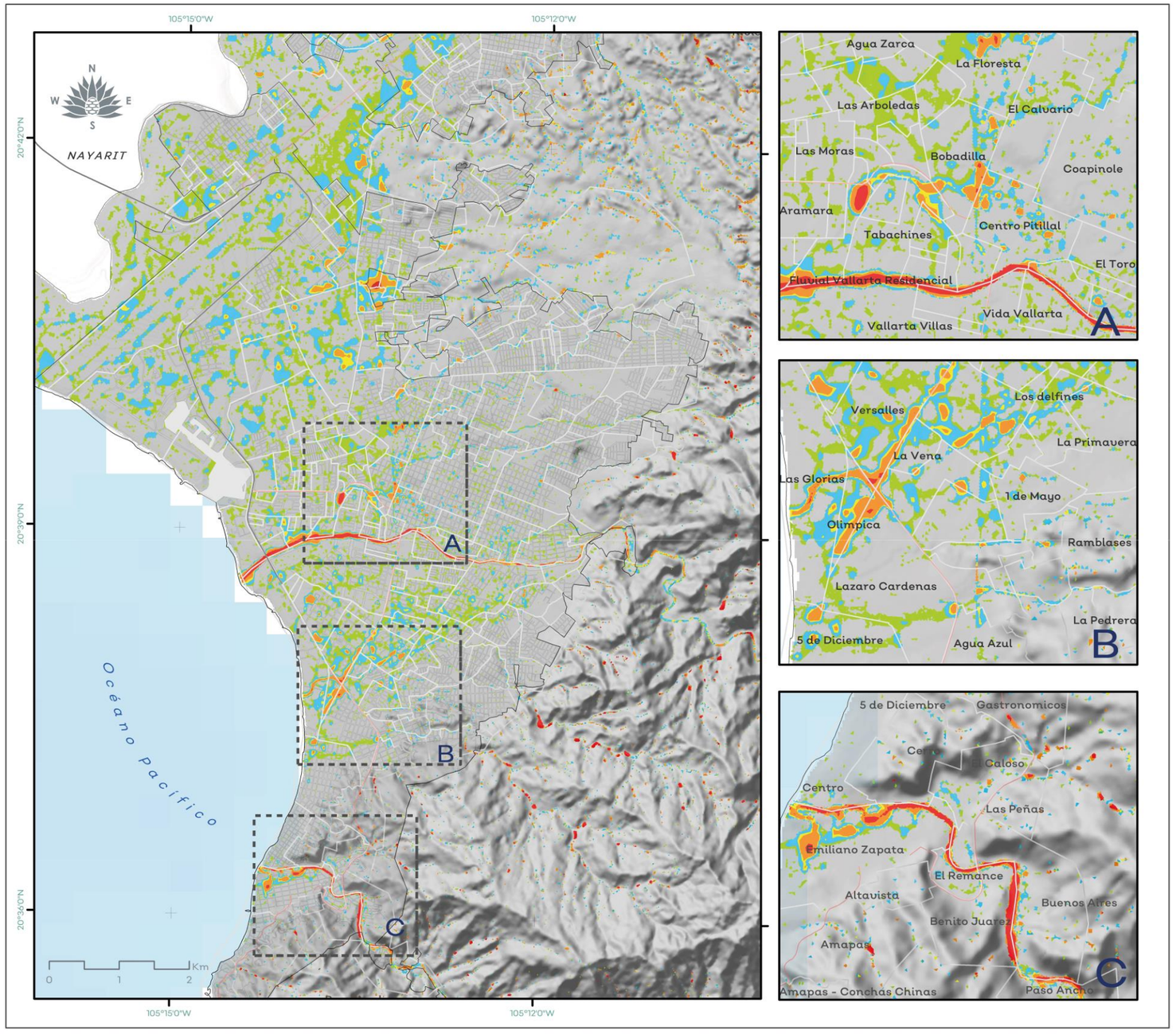
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Severidad
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-08-C

Leyenda Temática

Índices de Severidad

- Muy Alto
- Medio
- Muy Bajo
- Alto
- Bajo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



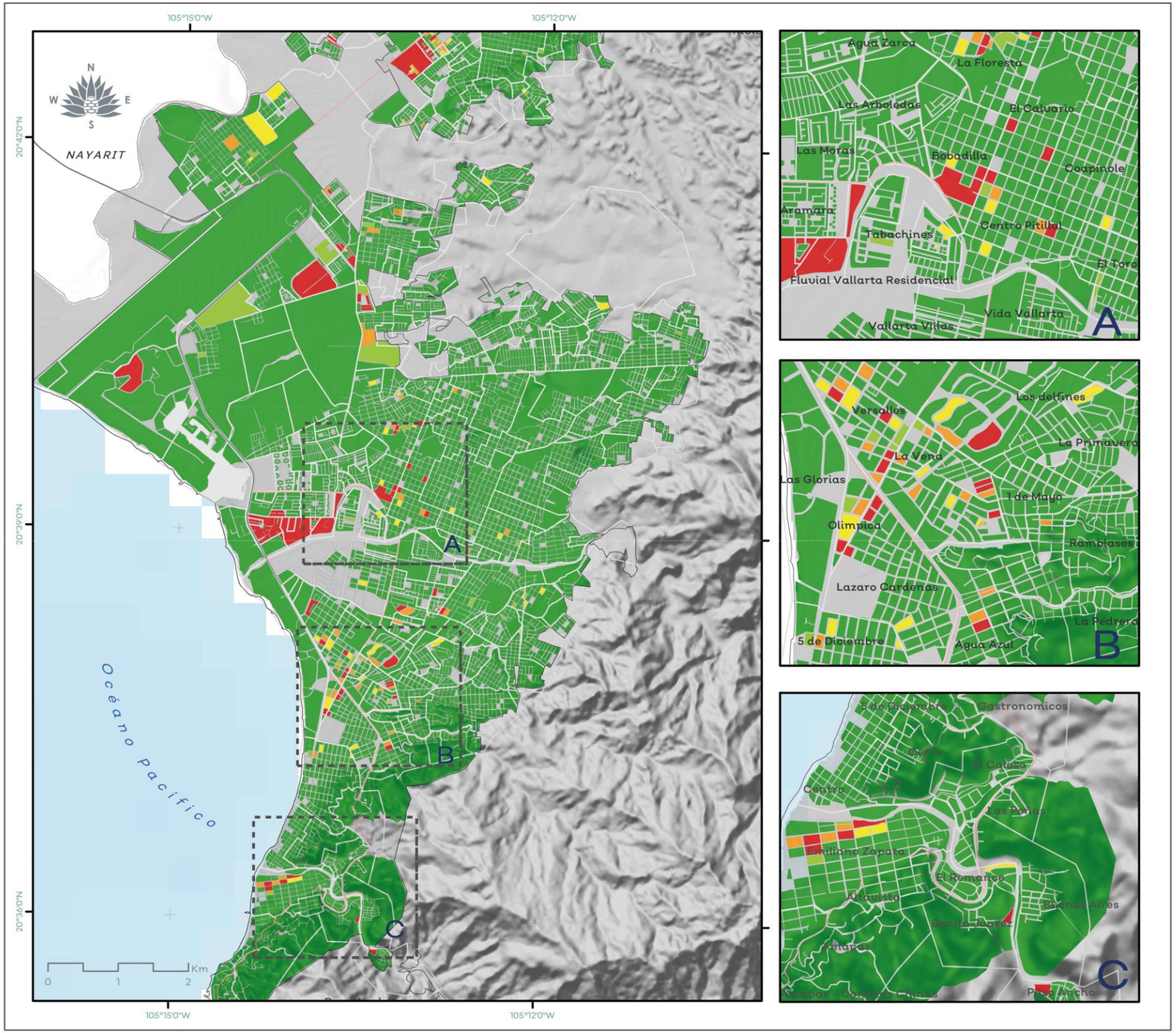
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirante y Velocidad a partir de Modelos Hidráulicos de Inundación en Iber, 2024. Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por Inundación, CONAGUA, 2014. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-08-D

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 2,695.86
- 2,695.87 - 5,698.78
- 5,698.79 - 11,300.80
- 11,300.81 - 99,847.10

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



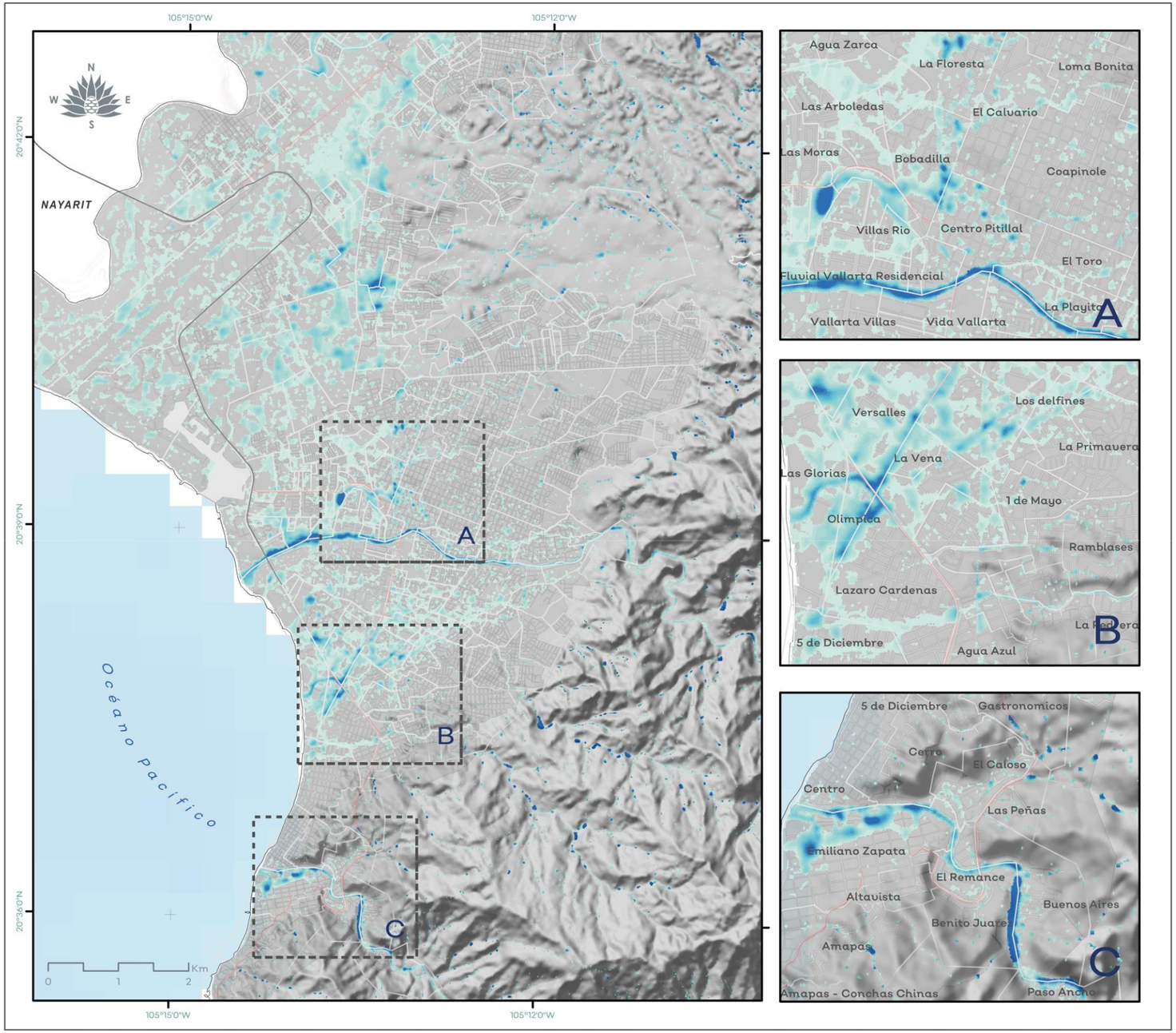
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-09-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

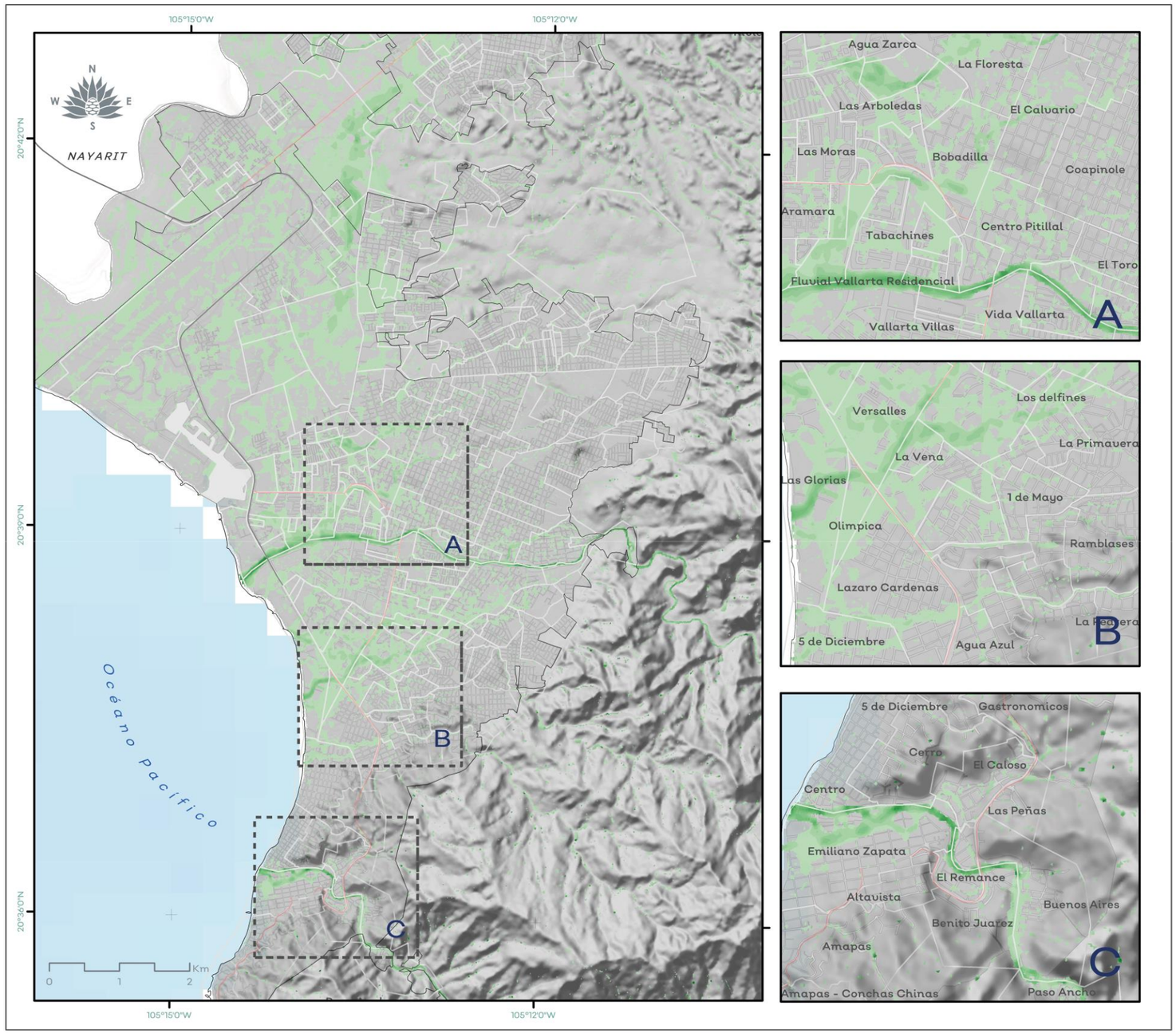
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-09-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



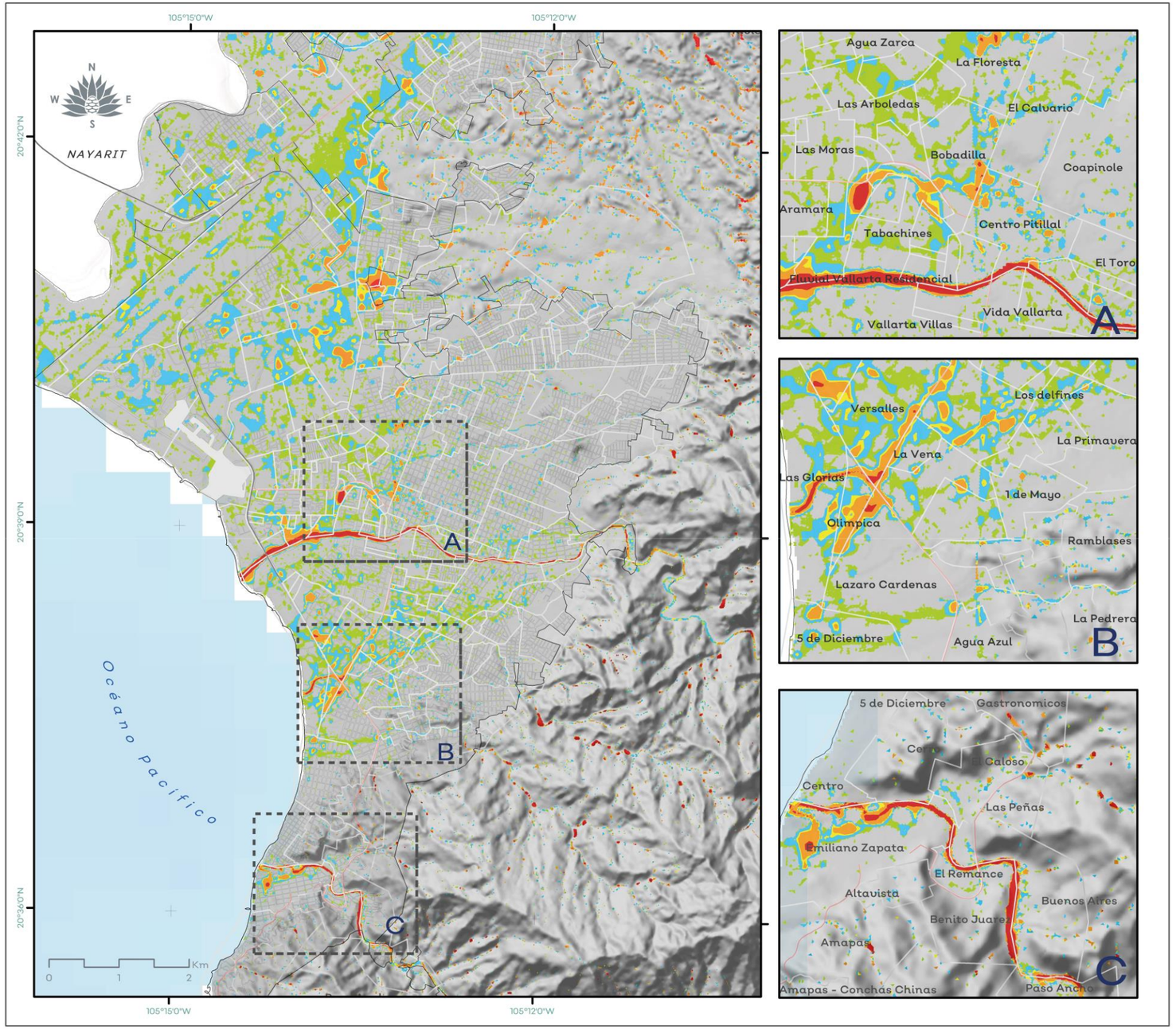
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Severidad
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-09-C

Leyenda Temática

Índices de Severidad

- Muy Alto
- Medio
- Muy Bajo
- Alto
- Bajo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



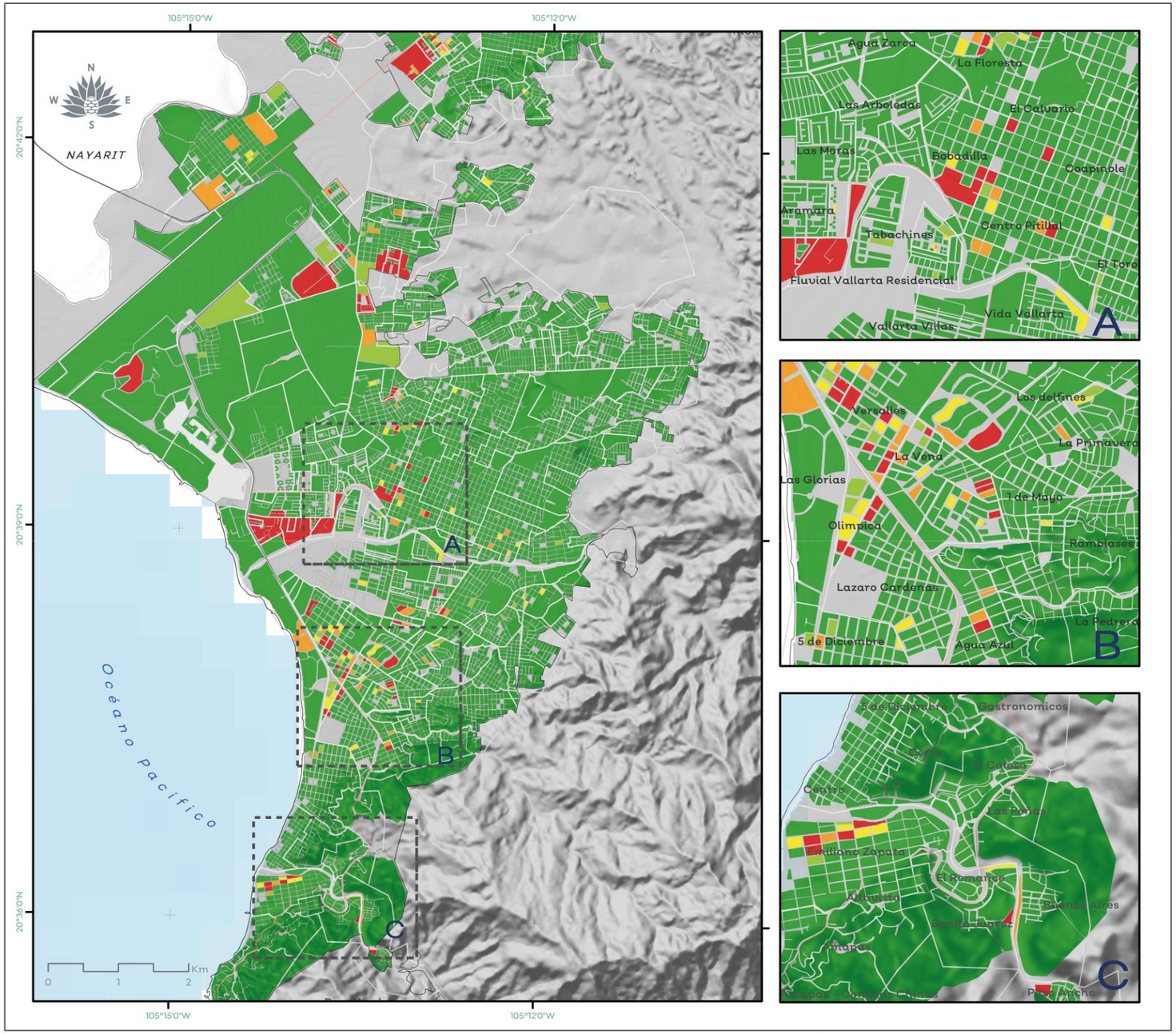
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirante y Velocidad a partir de Modelos Hidráulicos de Inundación en Iber, 2024, Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por Inundación, CONAGUA, 2014. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Puerto Vallarta
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-09-D

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 778.38
- 778.38 - 1,515.36
- 1,515.37 - 2,981.29
- 2,981.30 - 99,043.60

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:55,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Cihuatlán

El municipio de Cihuatlán se encuentra localizado dentro de la ya descrita Cuenca del Pacífico. Localmente, se localizan las subcuencas Río Purificación y Río Marabasco (*Revisar imagen MF-06 y MF-06a*) . Los principales cuerpos de agua de la zona son el Río Marabasco y los arroyos: Seco, Lindero, Las Mulas, Asadera, Las Truchas y Aguacatera (CEA Jalisco).

La precipitación media anual es de 1,101 mm. En cuanto a la infraestructura, el municipio cuenta con la presa Los Naranjos, que tiene una capacidad de operación de 135 Mm3 (CEA Jalisco). Las lluvias intensas han ocasionado pérdidas económicas y daños a la infraestructura del municipio. En octubre del 2023, las intensas lluvias ocasionaron el desbordamiento del río Marabasco hacia la carretera Manzanillo-Cihuatlán, lo cual dejó incomunicada a la población (*Imagen HDR-C-7*). En agosto del 2020, las inundaciones provocaron la evacuación de la población de Cihuatlán, un elemento de protección civil señaló como incalculables los daños en el municipio (*Imagen HDR-C-8*). En el año 2019, las lluvias provocaron inundaciones en cultivos de Cihuatlán y el desplazamiento de medio centenar de personas a refugios temporales (*Imagen HDR-C-9*).

Imagen HDR-C-7. Desbordamiento del río Marabasco en la carretera Manzanillo-Cihuatlán



Fuente: Afmedios. Obtenido de: https://www.afmedios.com/inundacion-en-carretera-manzanillo-cihuatlan-corta-paso-hacia-aeropuerto-de-manzanillo/

Imagen HDR-C-8. Daños incalculables en Cihuatlán tras inundaciones



Fuente: UDGTV. Obtenido de: https://udgtv.com/noticias/reportan-inundaciones-en-los-municipios-de-la-huerta-y-cihuatlan-por-tormenta-tropical-hernan/16797

Imagen HDR-C-9. Inundaciones en Cihuatlán en el año 2019



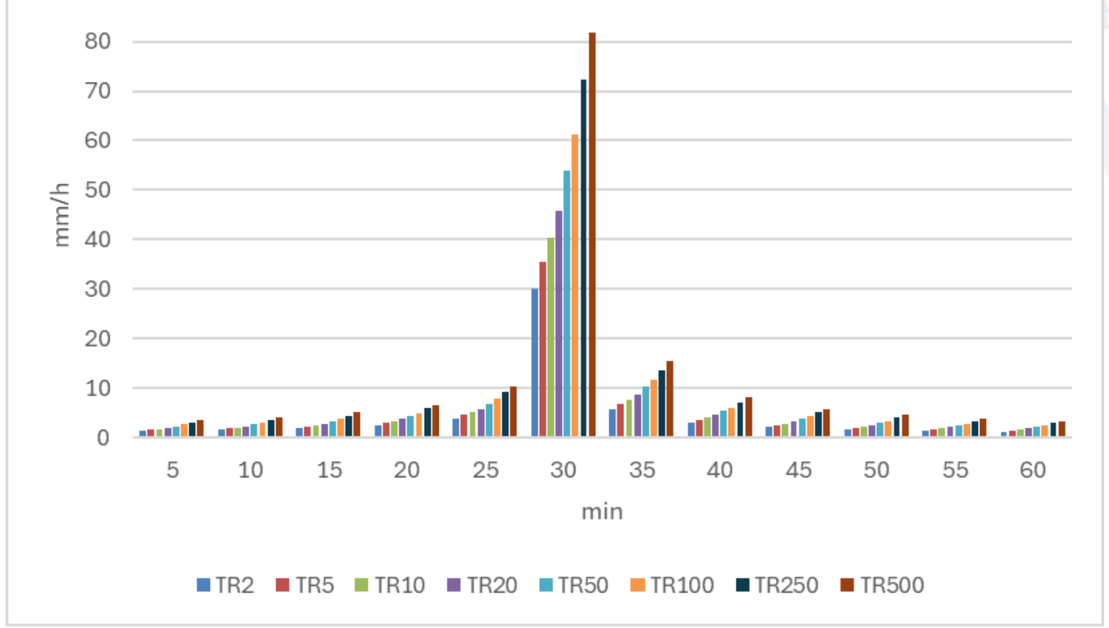
Fuente: Milenio.Obtenido de: https://www.milenio.com/politica/comunidad/lorena-el-agua-acaba-con-cultivos-en-cihuatlan

Tabla HDR-C-8. Precipitación acumulada para Cihuatlán en una hora para cada periodo de retorno

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	1.29	1.53	1.73	1.96	2.31	2.62	3.10	3.51
10	1.51	1.79	2.03	2.30	2.71	3.08	3.63	4.12
15	1.85	2.19	2.48	2.81	3.32	3.76	4.44	5.04
20	2.45	2.89	3.27	3.71	4.38	4.97	5.86	6.65
25	3.82	4.51	5.12	5.80	6.85	7.76	9.17	10.39
30	30.14	35.58	40.33	45.73	53.98	61.20	72.25	81.91
35	5.70	6.73	7.63	8.65	10.21	11.58	13.67	15.50
40	2.96	3.49	3.96	4.49	5.30	6.01	7.09	8.04
45	2.10	2.48	2.81	3.19	3.76	4.27	5.04	5.71
50	1.66	1.96	2.23	2.52	2.98	3.38	3.99	4.52
55	1.39	1.64	1.86	2.11	2.50	2.83	3.34	3.79
60	1.21	1.42	1.62	1.83	2.16	2.45	2.89	3.28

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Gráfica HDR-C-4. Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para Cihuatlán



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

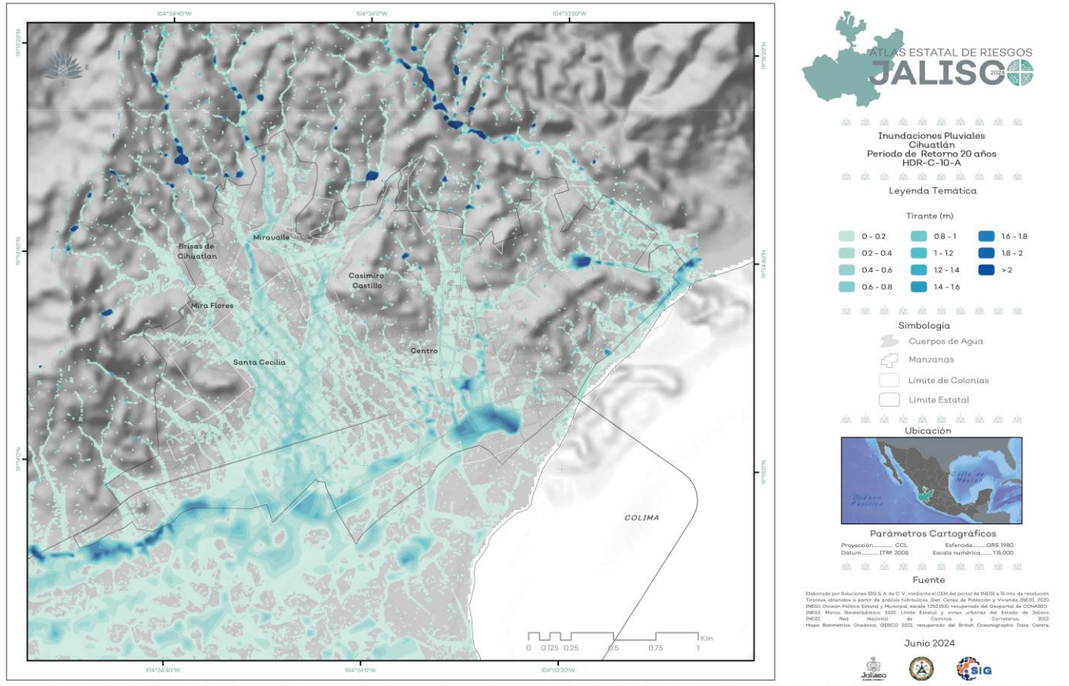
Resultados

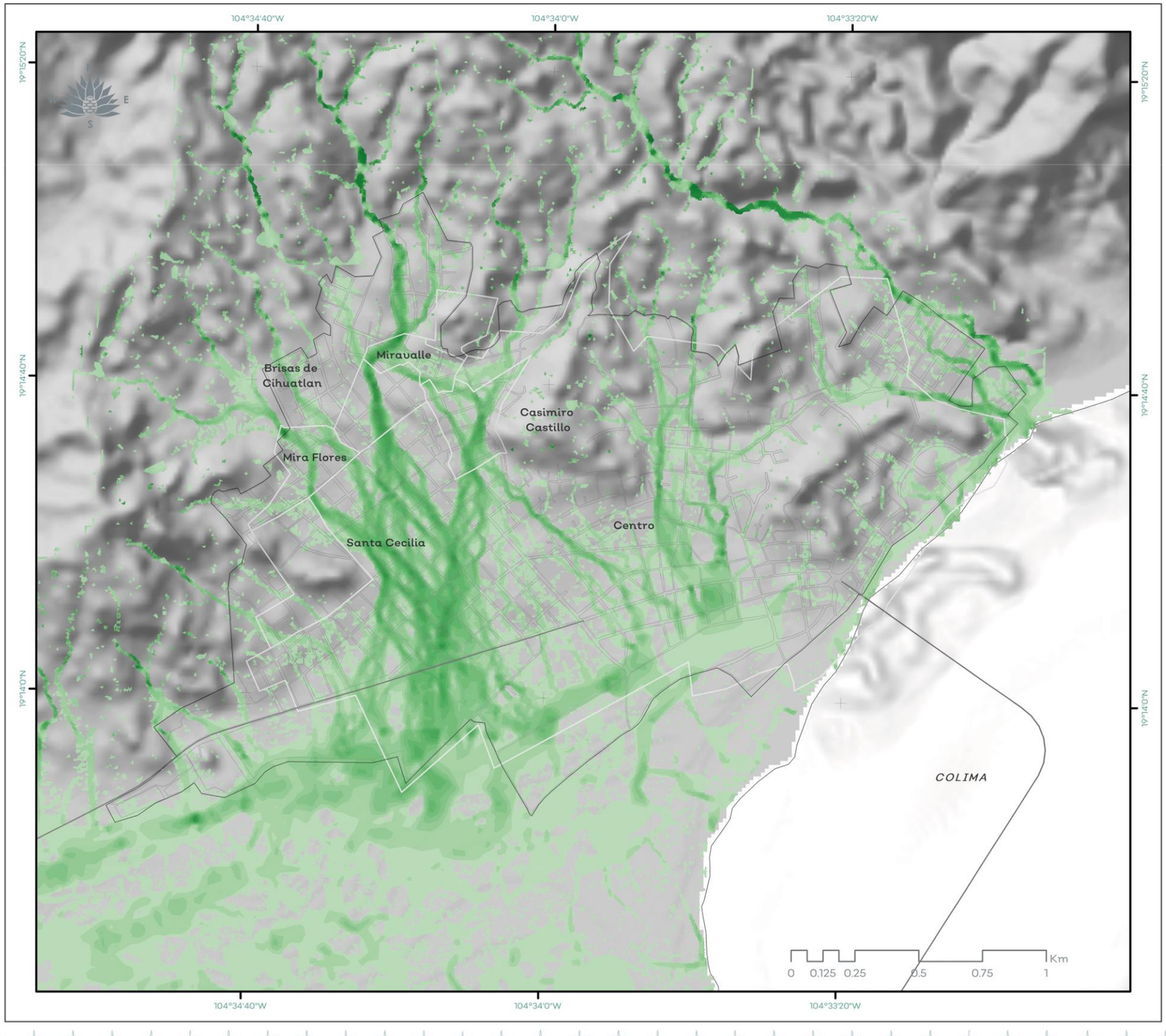
En la cabecera municipal, la zona con el mayor valor de tirante de agua se localiza entre las calles Gral. Marcelino García Barragán y Justo Sierra, con tirantes que podrían llegar a más de 1 metro. La calle Sonora, situada en la trayectoria de la red hídrica, se ve afectada en sus intersecciones con las calles Yucatán y Veracruz, con tirantes mayores de 1 metro. Otras intersecciones vulnerables a inundaciones incluye: calle 5 de febrero con calle Justo Sierra, C. Casimiro Castillo con Mario Otero, Pino Suárez con Seis de Noviembre y López Mateos con Seis de Noviembre, todas con tirantes de agua cercanos al metro. En cuanto a las vialidades, la Carretera Federal 200 se ve afectada por un tirante de agua de 1 metro entre las coordenadas 19°14'4.48"N, 104°34'10.89"O y 19°14'2.93"N, 104°34'17.94"O.

Tabla HDR-C-9. Perdidas y Riesgo para Cihuatlán para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Casimiro Castillo	$ 1,340,030	$ -	$ -	$ 40,201	$ 482	4	14
Centro	$ 52,389,682	$ 2,547,635	$ 127,382	$ 3,580,264	$ 42,963	438	1217
Miravalle	$ 1,168,224	$ 35,047	$ 1,752	$ 35,047	$ 421	8	23
Total	**$ 54,897,936**	**$ 2,582,682**	**$ 129,134**	**$ 3,655,512**	**$ 43,866**	450	1254

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Cihuatlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-10-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



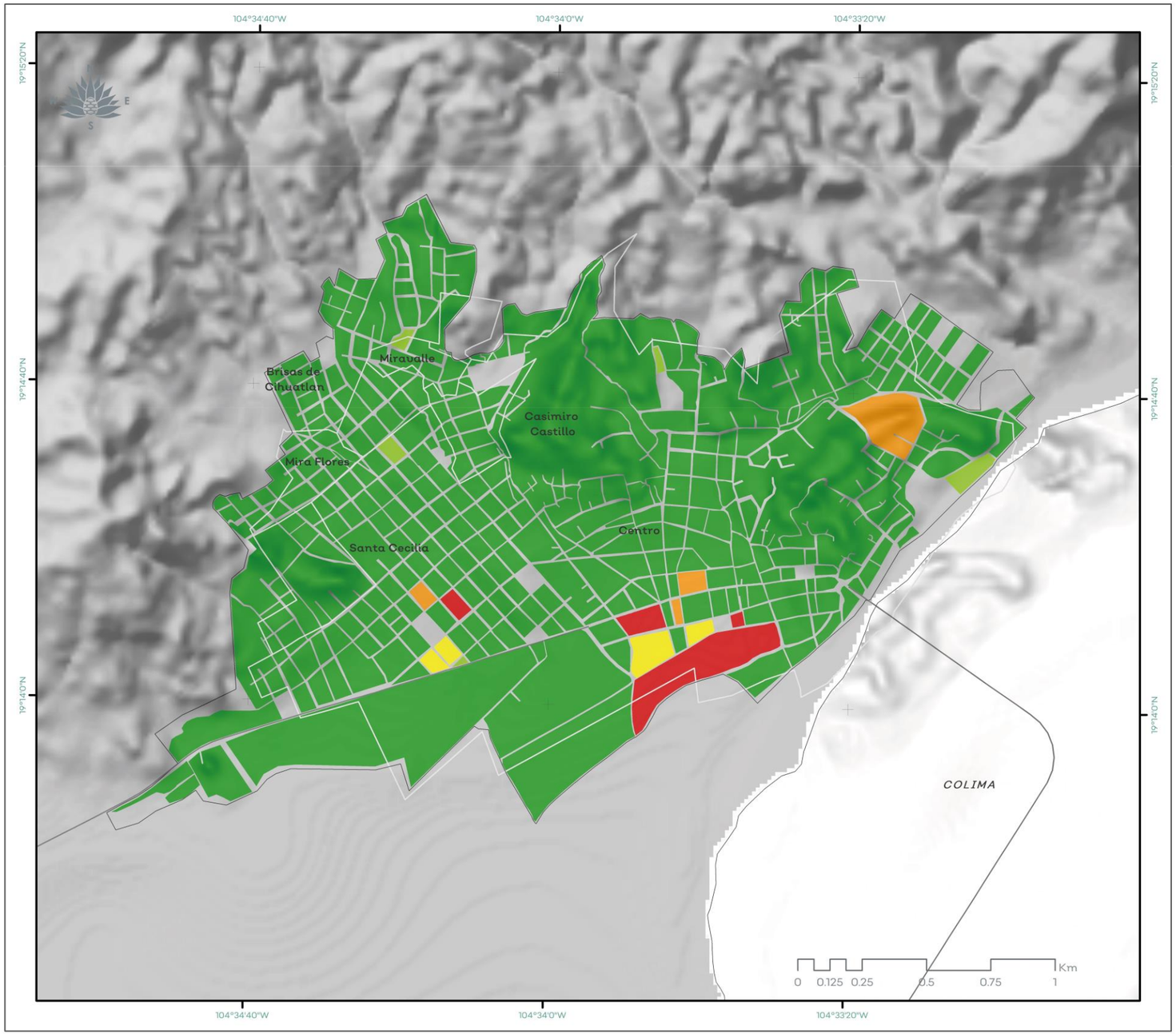
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Cihuatlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-10-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 2,968.15
- 2,968.16 - 5,946.80
- 5,946.81 - 7,866.70
- 7,866.71 - 45,721.80

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Estatal

Ubicación



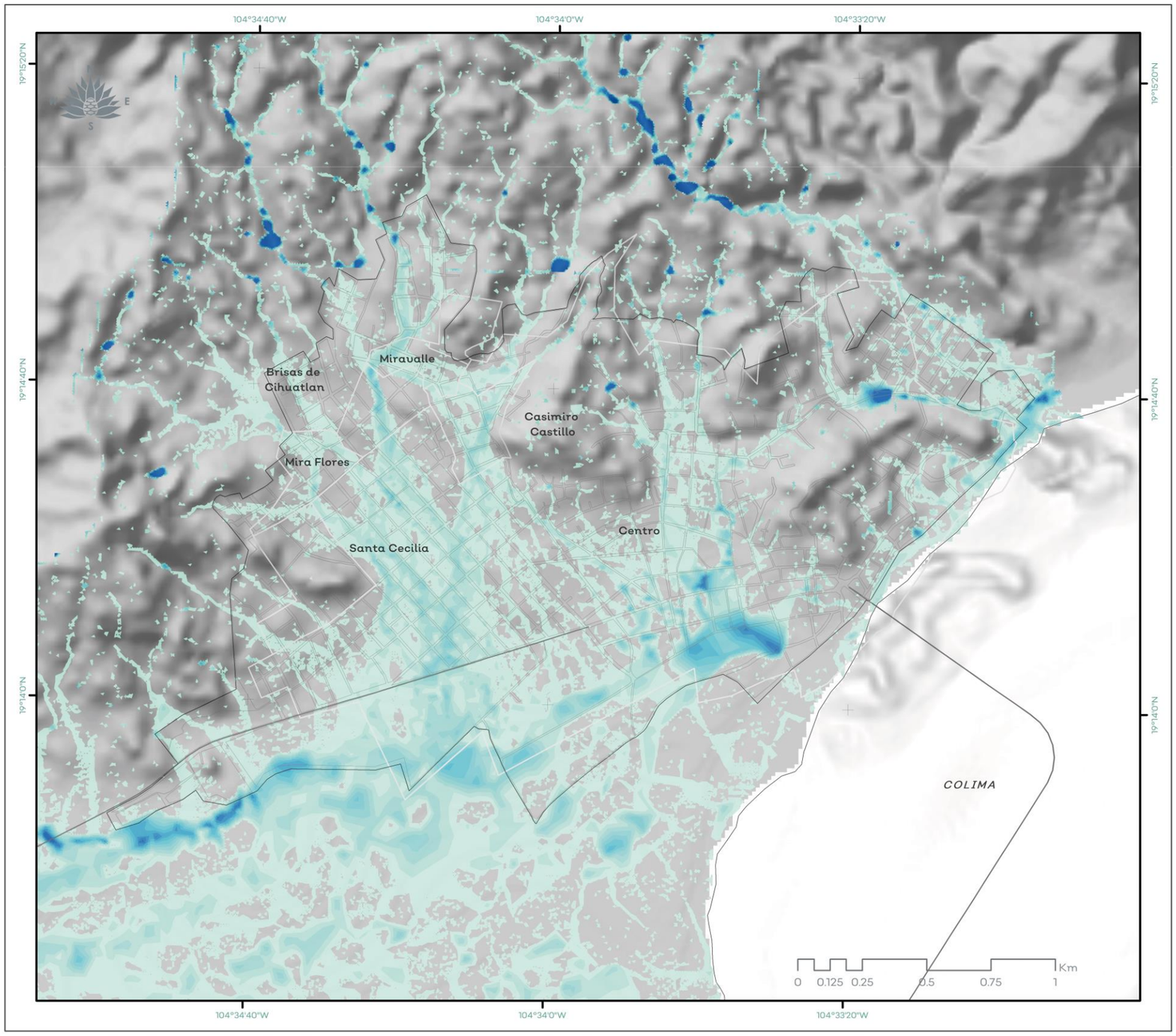
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Cihuatlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-11-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Estatal

Ubicación



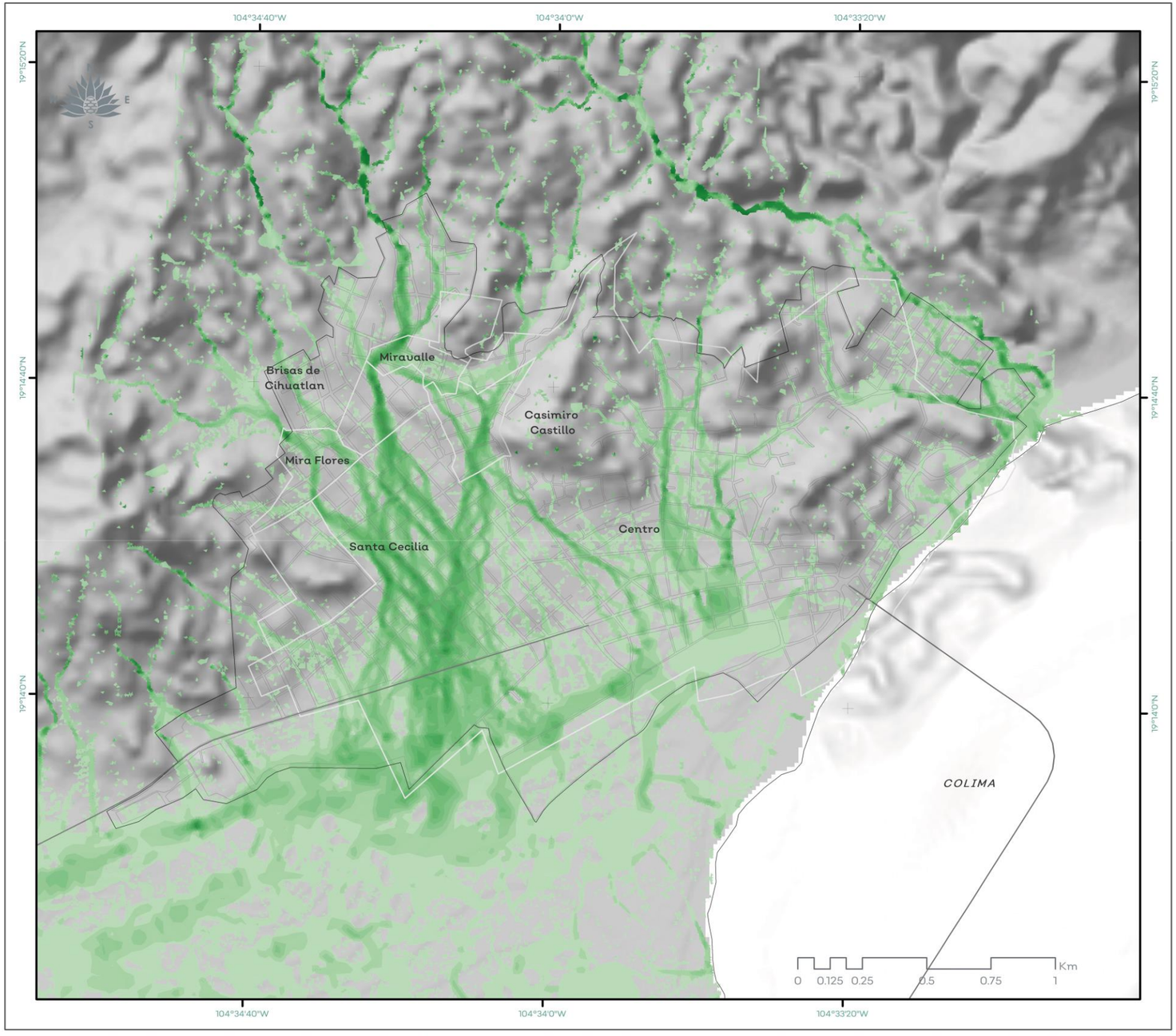
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Cihuatlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-11-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Limite Estatal

Ubicación



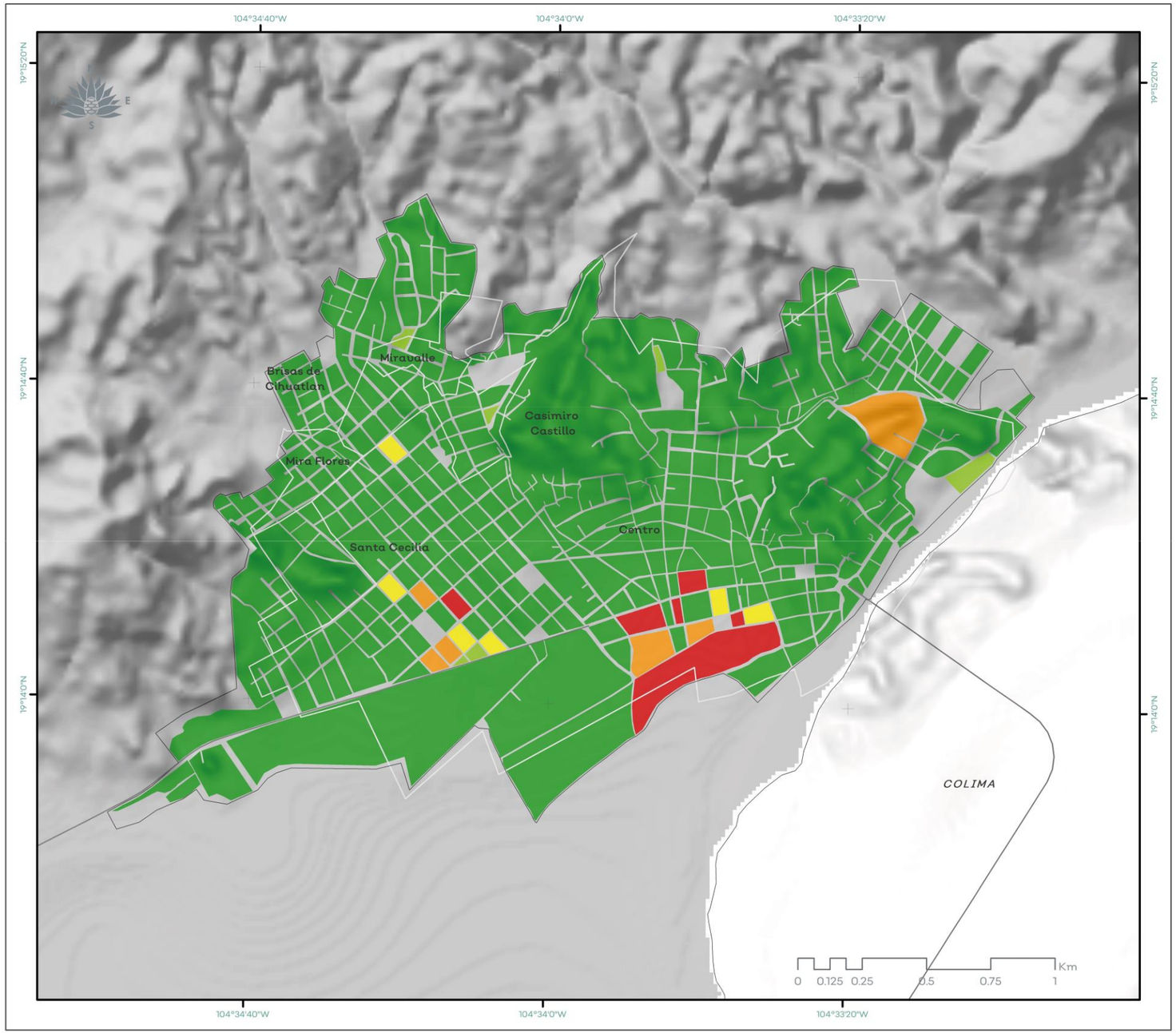
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Cihuatlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-11-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 482.41
- 482.42 - 1,195.70
- 1,195.71 - 1,790.68
- 1,790.69 - 12,893.50

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020. INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Ocotlán

De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de Ocotlán se ubica dentro de la cuenca del Río Lerma. Esta cuenca tiene una superficie de 51, 887 km2 en el País (13% se encuentra en Jalisco) y recibe una precipitación anual de 711 mm. A nivel local, se encuentran las subcuencas: Río Zula, Río Santiago 1 y Río Lerma 7 (*Revisar imagen MF-06 y MF-06a*). Las principales corrientes de agua en el municipio son; los ríos Zula y Santiago.

De acuerdo con la CEA Jalisco, Ocotlán tiene una precipitación media anual de 899 mm y cuenta con las presas La Guaracha (5.00 Mm3 de capacidad de operación), Xoconostle (3.20 Mm3) y San Vicente (0.50 Mm3). Cabe mencionar que, cercano al encuentro del río Zula con el Santiago, se construyó hace varias décadas el Canal de Ballesteros para fines de regulación hidráulica; sin embargo, se encuentra fuera de operación en la actualidad. En septiembre del 2023, las intensas lluvias ocasionaron la caída de árboles e inundaciones en las colonias Ferrocarril, La Florida y el paso a desnivel de Francisco Zarco (*imagen HDR-D-10*). Este tipo de afectaciones son regulares en la zona durante la temporada de lluvias ya que en el mes de septiembre de 2018 las lluvias intensas ocasionaron el desborde del río Zula, el saldo fue de 26 casas inundadas y 129 personas reubicadas en albergues (*imagen HDR-D-11*).

Imagen HDR-D-10. Inundaciones en el municipio de Ocotlán en el año 2023



Fuente: El Occidental. https://www.eloccidental.com.mx/local/inundaciones-y-caida-de-arboles-asi-quedo-ocotlan-tras-fuerte-lluvia-10706472.html

Imagen HDR-D-11. Desborde del río Zula en Ocotlán (2018)



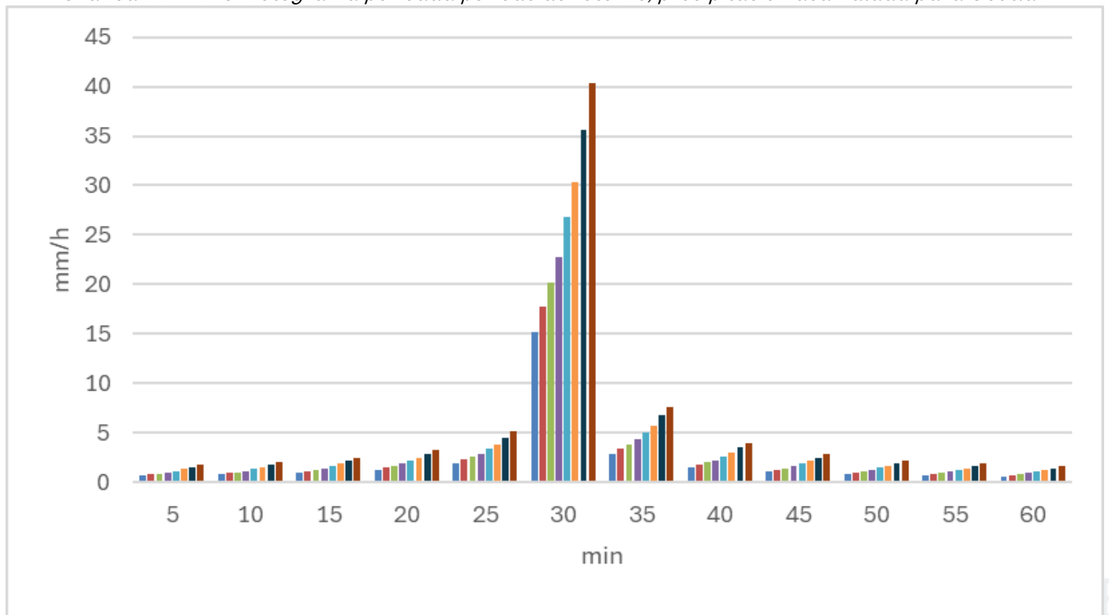
Fuente: Noticieros Televisa. https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/desborda-rio-zula-en-jalisco-provoca-inundaciones-ocotlan

Tabla HDR-D-10. Precipitación acumulada para la Zona Metropolitana de Guadalajara en una hora para Ocotlán

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	0.65	0.76	0.86	0.98	1.15	1.30	1.53	1.73
10	0.76	0.89	1.01	1.14	1.35	1.52	1.79	2.03
15	0.93	1.09	1.24	1.40	1.65	1.86	2.19	2.48
20	1.23	1.44	1.63	1.85	2.17	2.46	2.89	3.27
25	1.92	2.26	2.55	2.89	3.40	3.85	4.52	5.12
30	15.13	17.80	20.14	22.77	26.80	30.31	35.67	40.34
35	2.86	3.37	3.81	4.31	5.07	5.73	6.75	7.63
40	1.48	1.75	1.98	2.24	2.63	2.97	3.50	3.96
45	1.06	1.24	1.40	1.59	1.87	2.11	2.49	2.81
50	0.84	0.98	1.11	1.26	1.48	1.67	1.97	2.23
55	0.70	0.82	0.93	1.05	1.24	1.40	1.65	1.86
60	0.61	0.71	0.81	0.91	1.07	1.21	1.43	1.62

Fuente: Soluciones SIG.

Gráfica HDR-D-5 Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para Ocotlán



Fuente: Soluciones SIG.

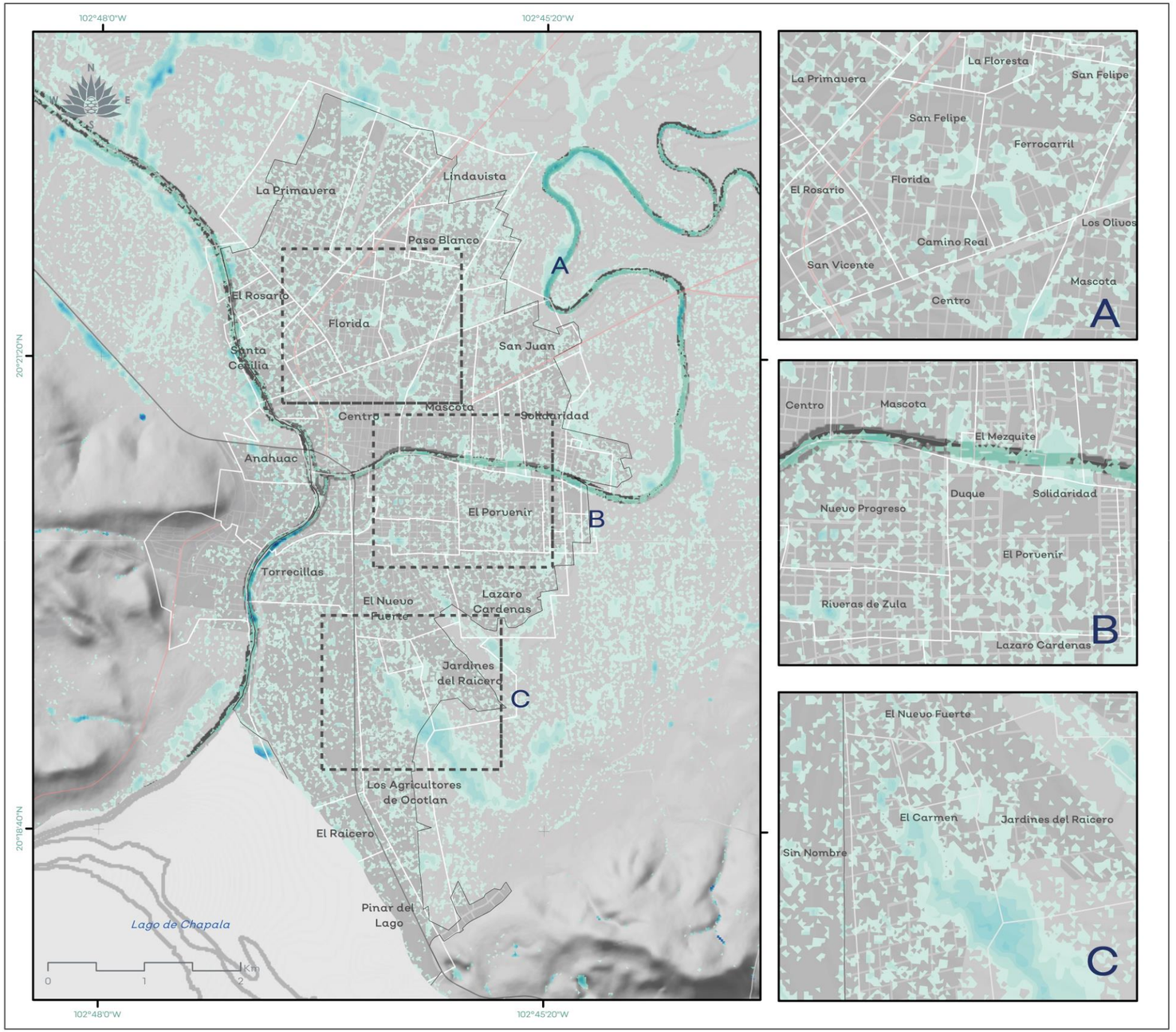
Resultados

En la cabecera municipal de Ocotlán se observaron anegaciones menores en casi la totalidad de su territorio, con tirantes de agua inferiores a 0.2 metros. En particular, las intersecciones de las calles Río Santiago y Río Pánuco presentaron tirantes de agua que podrían llegar a 0.8 y 1 metro de profundidad. Además, en las cercanías del Hospital Comunitario de Ocotlán, en la calle Tabachín, se observan tirantes de agua de 0.8 a 1 metro de profundidad. En cuanto a las vialidades, la carretera federal 35 presenta anegaciones menores en su paso por el municipio, con tirantes de agua entre 0 y 0.2 metros.

Tabla HDR-C-11. Perdidas y Riesgo para Ocotlán para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Centro	$22,854,388	$449,933	$22,497	$767,075	$9,205	144	338
Duque	$129,326	$3,880	$194	$7,760	$93	1	0
El Porvenir	$2,035,053	$61,052	$3,053	$61,052	$733	8	22
El Rosario	$22,774,666	$0	$0	$1,648,583	$19,783	104	298
Ferrocarril	$23,256,292	$362,900	$18,145	$853,657	$10,244	158	444
Florida	$36,160,900	$677,665	$33,883	$1,355,559	$16,267	240	702
La Floresta	$1,451,073	$43,532	$2,177	$43,532	$522	23	47
La Primavera	$4,926,528	$147,796	$7,390	$147,796	$1,774	26	68
La Primavera Residencial	$8,519,721	$127,128	$6,356	$255,592	$3,067	30	106
Lázaro Cárdenas	$139,801	$0	$0	$4,194	$50	4	17
Los Agricultores de Ocotlán	$4,938,725	$82,868	$4,143	$215,510	$2,586	38	74
Marcos Castellanos	$4,544,406	$136,332	$6,817	$136,332	$1,636	39	121
Mascota	$15,326,236	$315,600	$15,780	$491,682	$5,900	109	330
Nuevo Porvenir	$387,979	$11,639	$582	$11,639	$140	3	7
Nuevo Progreso	$258,653	$7,760	$388	$7,760	$93	2	11
Paso Blanco	$23,044,498	$0	$0	$691,335	$8,296	111	242
Rio Zula II	$6,052,994	$181,590	$9,079	$181,590	$2,179	28	99
Riveras de Zula	$9,787,151	$126,961	$6,348	$420,576	$5,047	48	127
San Juan	$1,731,576	$51,947	$2,597	$51,947	$623	9	20
San Vicente	$10,505,544	$0	$0	$315,166	$3,782	54	172
Santa Cecilia	$28,272,994	$0	$0	$848,189	$10,178	108	321
Solidaridad	$21,458,069	$0	$0	$643,743	$7,725	82	275
Torrecillas	$1,597,324	$47,920	$2,396	$47,920	$575	10	40
Villas de Zula	$3,713,036	$0	$0	$111,391	$1,337	22	64
Paso de la Comunidad	$17,817,720	$0	$0	$534,532	$6,414	87	339
Total	**$253,866,933**	**$2,836,502**	**$141,825**	**$9,319,580**	**$111,835**	**1,455**	**4284**

Fuente: Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-12-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



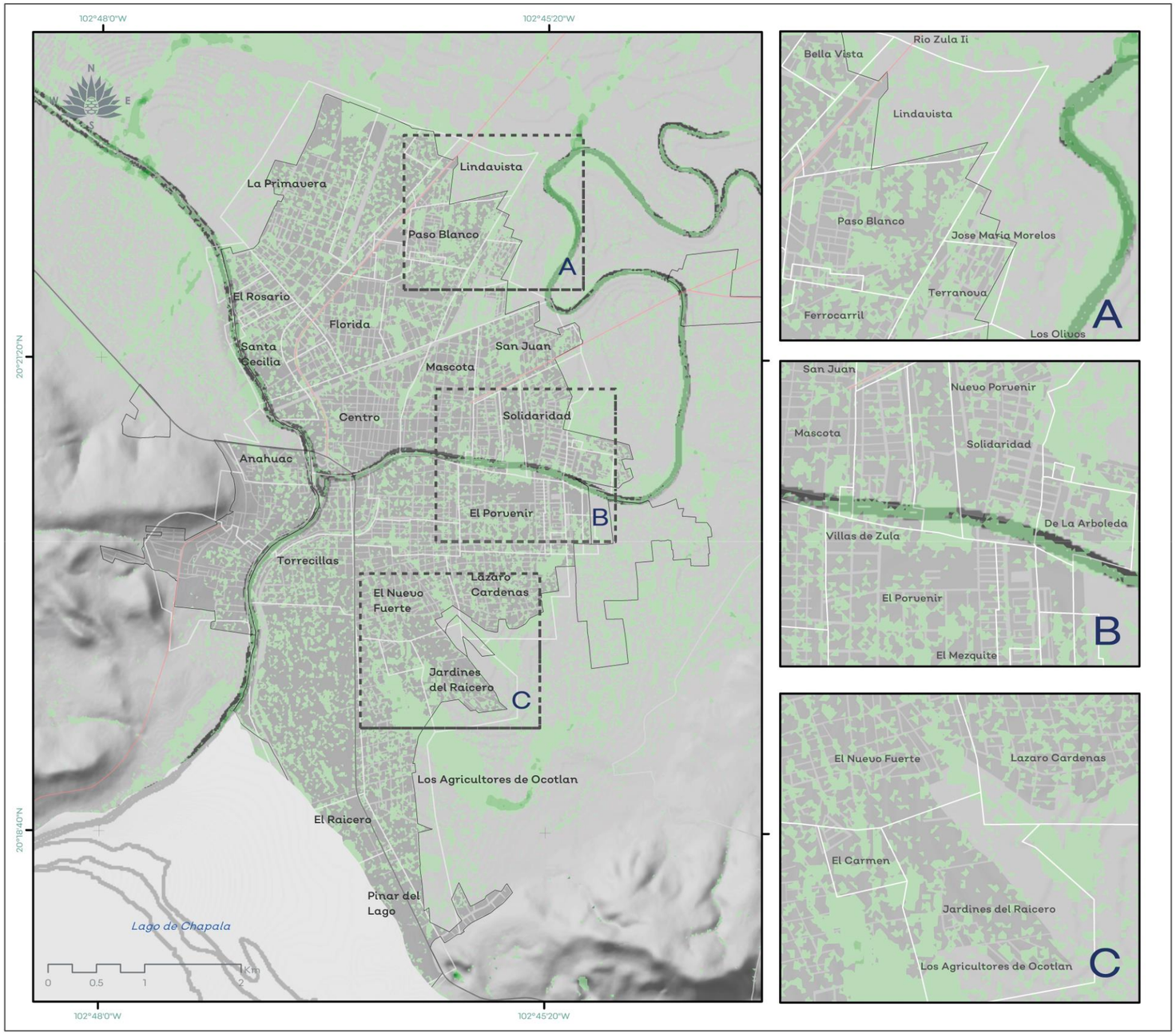
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-12-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-12-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 1,594.74
- 1,594.75 - 5,299.46
- 5,299.47 - 7,330.35
- 7,330.36 - 13,536.60

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



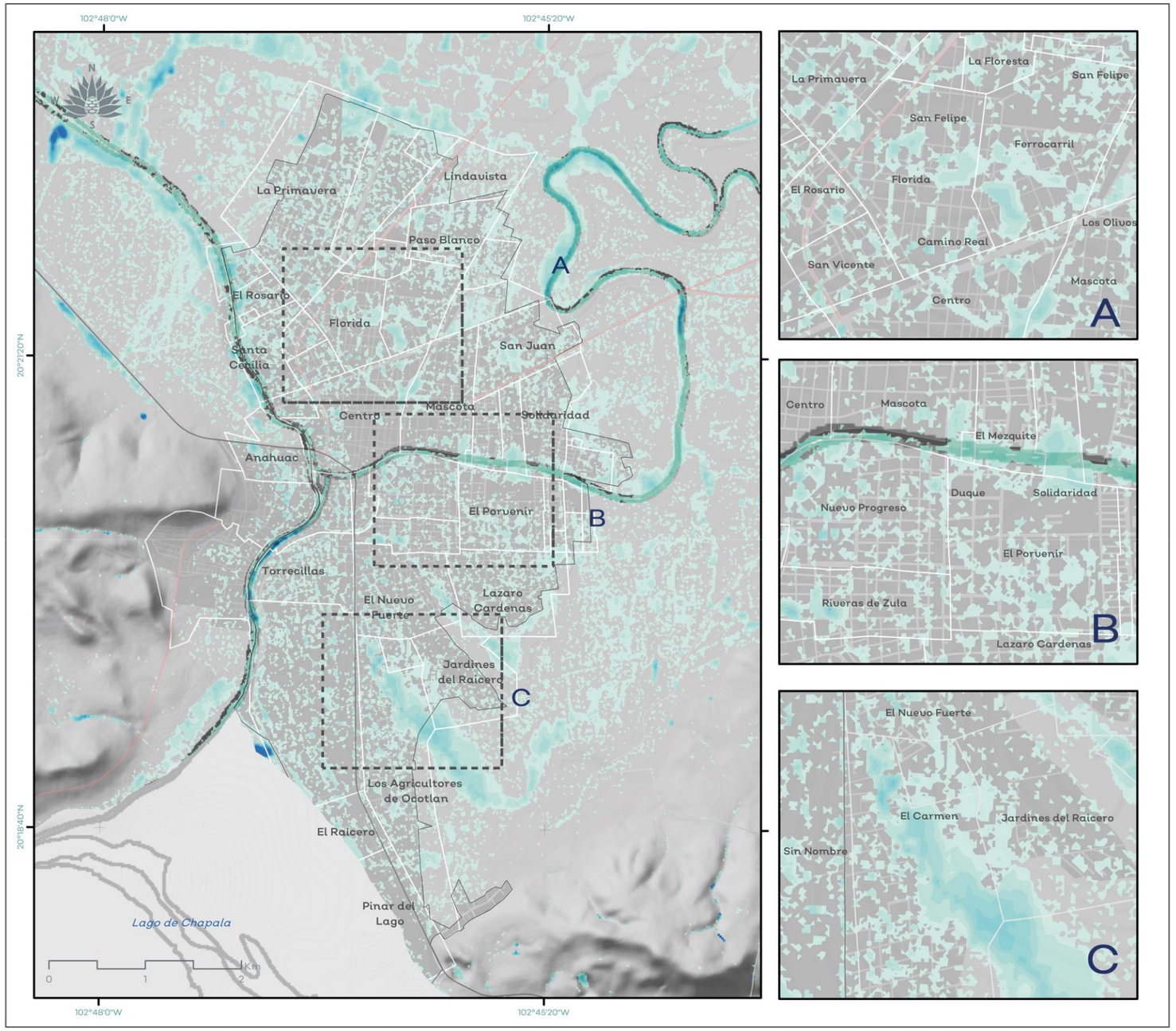
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide.....GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-13-A

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



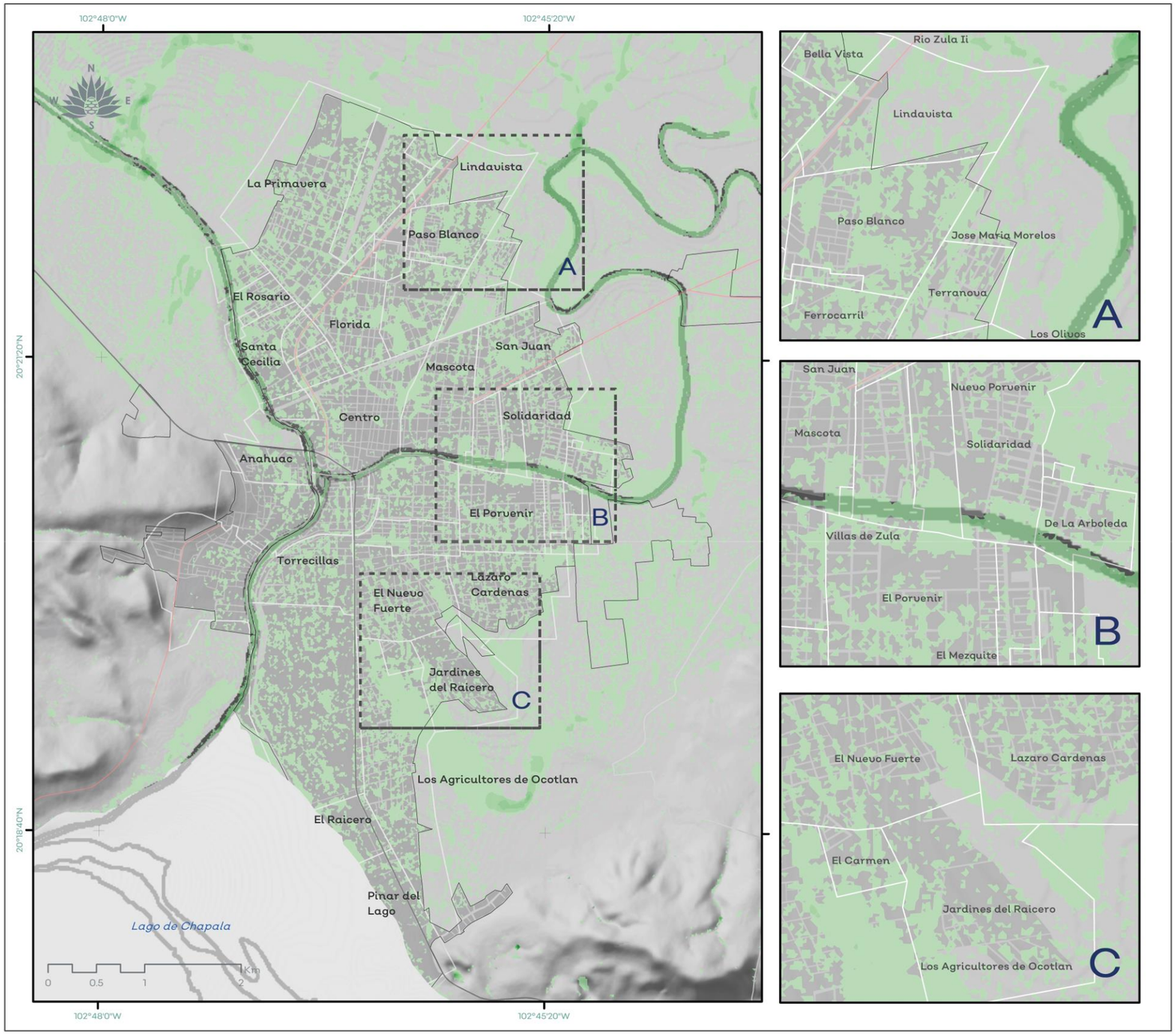
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-13-B

Leyenda Temática

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda. INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Ocotlán
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-13-C

Leyenda Temática

Pesos (mxn)

- 0.00
- 0.01 - 583.46
- 583.47 - 1,478.28
- 1,478.29 - 2,478.79
- 2,478.80 - 18,534.60

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

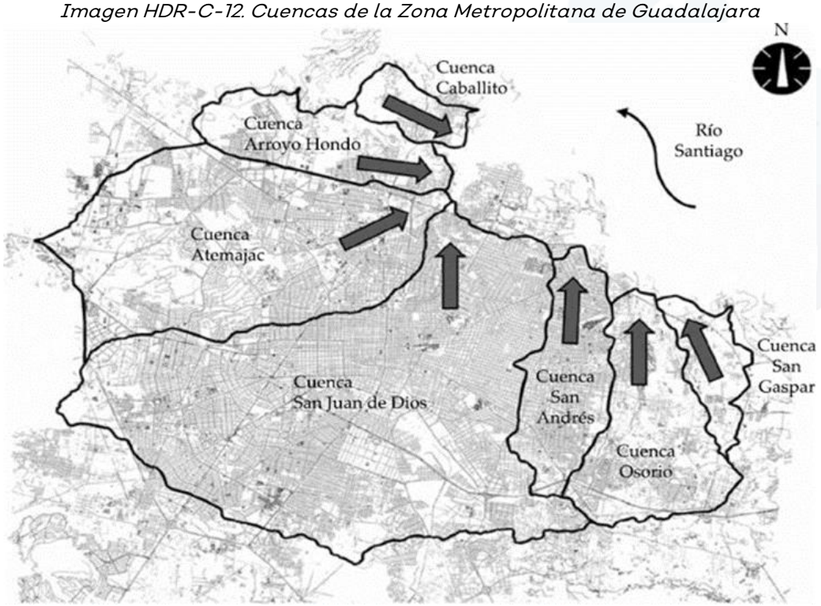
Junio 2024

Zona Metropolitana de Guadalajara

La Zona Metropolitana de Guadalajara (ZMG) se encuentra establecida en la Cuenca del Río Santiago. Dicha cuenca está delimitada por la Sierra Madre Occidental y el Eje Volcánico Transversal, tiene una superficie en Jalisco de 29, 212 km2 (38 % del total) y recibe una precipitación media anual de 736 milímetros. Los ríos principales que le componen son: el Río Grande de Santiago, Río Verde, Río Corona (La Cañada), Río Zula, Río Calderón, Río La Laja (Arroyo Grande), Río Cuixtla y Río Chico (CEA Jalisco). La clasificación de la CEA Jalisco divide a la cuenca del Río Santiago en 5 subcuencas, entre ellas, la subcuenca Santiago-Guadalajara, que está ubicada en la zona metropolitana de Guadalajara, Ocotlán y Tepatitlán.

Aunado a lo anterior, el Sistema Intermunicipal de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado (SIAPA, 2007) propone que la Zona Metropolitana de Guadalajara está delimitada por las subcuencas: Caballito, Arroyo Hondo, Atemajac, San Juan de Dios, San Andrés, Osorio y San Gaspar. De acuerdo Hernández-Uribe, et al. (2017), estas subcuencas drenan al norte de la ZMG y convergen hacia el Río Santiago.

Imagen HDR-C-12. Cuencas de la Zona Metropolitana de Guadalajara



Fuente:Tomado de Hernández-Uribe, et al. (2017). Tecnología y ciencias del agua.

Aunque la Cuenca del Río Santiago cuenta con una precipitación medial anual de 736 mm, cada municipio de la Zona Metropolitana de Guadalajara reporta una precipitación particular. De acuerdo con la información de la CEA Jalisco, el municipio de Guadalajara tiene una precipitación media anual de 998 mm, Tonalá de 1,000 mm, Zapopan de 700-800 mm y tanto San Pedro Tlaquepaque cómo Tlajomulco de Zúñiga reportan 650 mm de precipitación media anual.

Para el aprovechamiento del agua disponible, la ZMG hace uso de presas hidráulicas. De acuerdo con la CEA Jalisco, el municipio de Guadalajara cuenta con la presa Osorio, que tiene una capacidad de 2.50 Mm3; el municipio de Tonalá reporta las presas Colimilla (2.85 Mm3), Las juntas (1.50 Mm3), Der. Puente Grande (1.50 Mm3) y Luis M. Rojas (0.90 Mm3); el municipio de Zapopan cuenta con las presas La Soledad (2.60 Mm3), Sabanas (2.10 Mm3), Valentín Gómez Farias (1.64 Mm3) y San José (0.50 Mm3); San Pedro Tlaquepaque tiene la presa Las Pintas, con una capacidad de operación de 0.60 Mm3; y el municipio de Tlajomulco de Zúñiga cuenta con las presas: Laguna Cajititlán (45.74 Mm3), El Cuervo (3.25 Mm3), Calera (2.00 Mm3), El Guayabo (1.80 Mm3), El Molino (1.80 Mm3), Cruz Blanca (1.60 Mm3), San Cayetano (0.90 Mm3), La Providencia (0.85 Mm3) y El Zapote (0.50 Mm3).

El contexto hidrológico descrito muestra claramente que la ZMG es altamente susceptible a riesgos de carácter pluvial. En los últimos años, la zona se ha visto envuelta en un sinfín de afectaciones que van desde lo económico hasta la pérdida de vidas. En el año 2023 las tormentas ocasionaron inundaciones y vialidades afectadas en municipios como Tonalá, Tlaquepaque, Guadalajara y Zapopan (*Imagen HDR-C-13*). En el mes de septiembre del mismo año, la tormenta que cayó en gran parte de la zona metropolitana de Guadalajara dejó dos personas fallecidas, cuyo vehículo quedó completamente cubierto por el agua (*Imagen HDR-C-14*). En el año 2022 las precipitaciones intensas en la ZMG generaron corrientes que arrastraron a nueve personas, mataron a un ciudadano y dañaron a un centenar de vehículos; CONAGUA describió a la tormenta como la más intensa de los últimos 39 años (*Imagen HDR-C-15*). En el año 2021, las lluvias intensas ocasionaron inundaciones, afectaciones a la vialidad y la muerte de una persona que quedó atrapada en su vehículo por las inundaciones (*Imagen HDR-C-16*).

Imagen HDR-C-143 Inundaciones en Zona Metropolitana de Guadalajara 2023



Fuente: Tribuna de la Bahía. Obtenido de: https://tribunadelabahia.com.mx/guadalajara-este-jueves-lluvias-fotos/

Imagen HDR-C-14. Inundaciones por tormenta en ZMG



Fuente: Latinus. Obtenido de: https://latinus.us/2023/09/07/fuerte-tormenta-en-la-zona-metropolitana-de-guadalajara-deja-dos-personas-fallecidas/

Imagen HDR-C-15. Tormenta genera las lluvias más intensas en lo últimos 39 años según CONAGUA



Fuente: La Jornada. Obtenido de: https://www.jornada.com.mx/noticia/2022/06/15/estados/en-guadalajara-cae-la-tormenta-mas-intensa-en-39-anos-danos-cuantiosos-8965

Imagen HDR-C-16. Lluvias inundaron vialidades en las vialidades de la ZMG



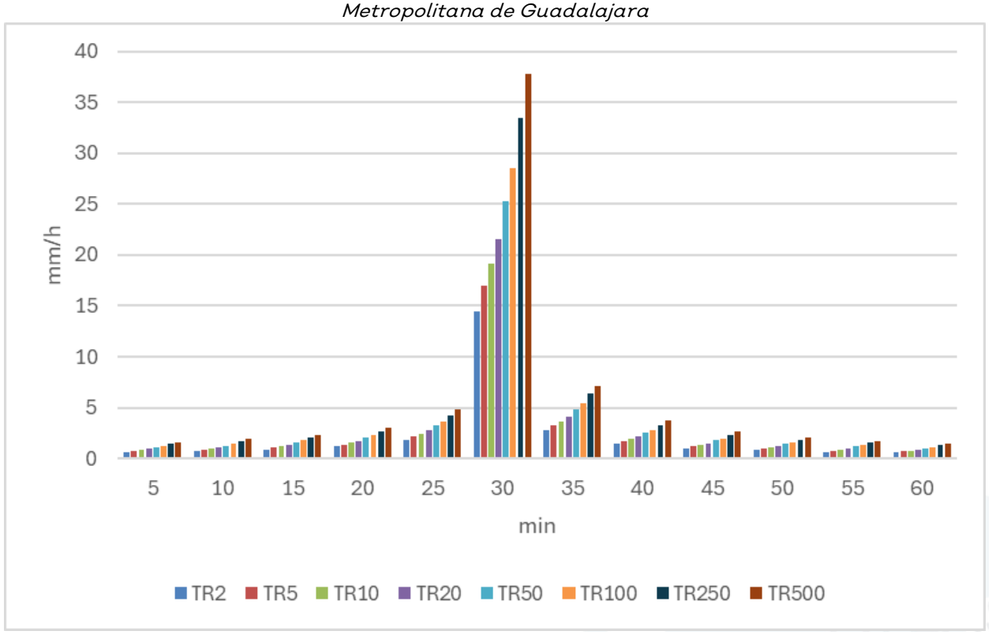
Fuente: Noticieros Televisa, Obtenido de: https://noticieros.televisa.com/ultimas-noticias/lluvias-intensas-afectan-guadalajara-y-zapopan-jalisco/

Tabla HDR-C-12. Precipitación acumulada para la Zona Metropolitana de Guadalajara en una hora para cada periodo de retorno

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	0.62	0.73	0.82	0.93	1.08	1.22	1.43	1.62
10	0.73	0.85	0.96	1.08	1.27	1.43	1.68	1.90
15	0.89	1.04	1.18	1.33	1.56	1.75	2.06	2.32
20	1.17	1.38	1.55	1.75	2.05	2.32	2.71	3.06
25	1.83	2.15	2.43	2.74	3.21	3.62	4.25	4.79
30	14.46	16.95	19.12	21.57	25.30	28.54	33.46	37.75
35	2.74	3.21	3.62	4.08	4.79	5.40	6.33	7.14
40	1.42	1.66	1.88	2.12	2.48	2.80	3.28	3.70
45	1.01	1.18	1.33	1.50	1.76	1.99	2.33	2.63
50	0.80	0.94	1.06	1.19	1.40	1.58	1.85	2.08
55	0.67	0.78	0.88	1.00	1.17	1.32	1.55	1.74
60	0.58	0.68	0.77	0.86	1.01	1.14	1.34	1.51

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Gráfica HDR-C-6. Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para la Zona Metropolitana de Guadalajara



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-13. Lugares con afectaciones a inundaciones en la ZMG

Municipio	Colonia	Dirección	
El Salto	Jardines del Castillo	Calle del Iris	
El Salto	Paraíso	San Marcelino	Camino Rojo
Guadalajara	18 de marzo	Av. 8 de Julio	Av. Miguel López de Legaspi
Guadalajara	Altamira	Av. Patria	Antofagasta
Guadalajara	Arandas	Hacienda Ciénega de Mata	
Guadalajara	Artesanos	Calle Santa Mónica	Silvestre Revueltas
Guadalajara	Circunvalación Américas	Av. Adolfo López Mateos Nte.	Calle Colomos
Guadalajara	Colomos Providencia	Av. Montevideo	Av. de las Américas
Guadalajara	Comercial Abastos	Calle Trigo	Chicalote
Guadalajara	Del Barro	López	Camino Antiguo al Rosario
Guadalajara	Del Bosque	Av. de las Rosas	Av. Faro
Guadalajara	Del Bosque	Rinconada de la Floresta	Chicalote
Guadalajara	El Dean	Calle Higuerillas hasta la Calle Antonio Espinoza	
Guadalajara	El Dean	Lázaro Cárdenas (lateral)	Calle 11 hasta la Calle 14
Guadalajara	El Manantial	Av. de la Pintura hasta la Av. de la Escultura	
Guadalajara	El Retiro	Calle Manuel Acuoa	Calle Pípila
Guadalajara	El Retiro	Calle San Diego	Balbino Dávalos
Guadalajara	El Rosario	Río Tizapán	
Guadalajara	El Zalate	Calle Carlos Barrera	J. Montiel
Guadalajara	Ferrocarril	Calle 1	Av. Gobernador Luis G. Curiel hasta la Calle 3
Guadalajara	Ferrocarril	Calle 13	Lázaro Cárdenas
Guadalajara	Ferrocarril	Calz. Lázaro Cárdenas	
Guadalajara	Jardines del Bosque	Calz. Lázaro Cárdenas	
Guadalajara	Jardines del Country	Av. Cvln. División del Nte.	
Guadalajara	La Aurora	Calz. del Ejercito	Calz. Jesús González Gallo
Guadalajara	La Esperanza (La Federacha)	Av. de la Cruz	Calle Justicia
Guadalajara	La Esperanza (La Federacha)	Calz. Independencia Nte.	Calle Igualdad
Guadalajara	Lagos de Oriente	López	Calle Rublo hasta Pes
Guadalajara	Lagos del Country	Av. Patria	Calle Lago Superior
Guadalajara	Las Conchas	Calz. Independencia Sur	Niños Héroes
Guadalajara	Lomas de Polanco	Calle Isla Socorro	Av. Cristóbal Colón hasta Isla Pantenaria
Guadalajara	Lomas de Rio Verde	C. Diódoro Corella	Rafael Cravioto
Guadalajara	Lomas del Country	Av. Plan de San Luis	Av. Jorge Álvarez del Castillo
Guadalajara	Lomas del Paraíso I	María del Carmen Frías	José María Chávez
Guadalajara	Modelo	Calle Corregidora	Av. Revolución hasta el Blvd. Gral. Marcelino García Barragán
Guadalajara	Moderna	Av. Washington	
Guadalajara	San Andrés	Av. Manuel María Ponce	Calle Gigantes
Guadalajara	San Isidro Oblatos	Av. Artesanos	Av. José María Iglesias
Guadalajara	San José Rio Verde	Calle Hacienda Ciénega de Mata	Albino Corzo Ángel
Guadalajara	San Juan de Dios	Javier Mina	Calz. Independencia
Guadalajara	Valle del Álamo	Calz. Lázaro Cárdenas	
Guadalajara	Victoria	A. Mariano Otero	Av. Topacio

Municipio	Colonia	Dirección	
Guadalajara	Zona Centro	Av. Hidalgo y Costilla	Humboldt
Guadalajara	Zona Industrial	Calle 14	Calle 1
San Pedro Tlaquepaque	Álamo Industrial	Calz. Lázaro Cárdenas	Calle Metalurgia
San Pedro Tlaquepaque	De San Martin	Av. San Martin	
San Pedro Tlaquepaque	El Mante	Anillo Periférico Sur	Chihuahua
San Pedro Tlaquepaque	Felipe Ángeles	Calle Santa Filomena	Calle Santa Inés
San Pedro Tlaquepaque	Francisco Silva Romero	Puesta del Sol	Lucio Cabañas
San Pedro Tlaquepaque	Francisco Silva Romero	Puesta del Sol	Crepúsculo
San Pedro Tlaquepaque	Haciendas del Real	Calle chocolate	
San Pedro Tlaquepaque	Indígena	Anillo Periférico Sur	Calle Tizapán
San Pedro Tlaquepaque	Juan de La Barrera	Calle 13 de septiembre	Colegio Militar
San Pedro Tlaquepaque	Juan de La Barrera	Calle Churubusco	Calle Santiago Xicoténcatl
San Pedro Tlaquepaque	La Duraznera	Calle Criollos	Rosario
San Pedro Tlaquepaque	La Duraznera	Calle Evangelio	Frailes
San Pedro Tlaquepaque	La Loma	Calle El Pino	Hacienda de la Calerilla
San Pedro Tlaquepaque	Las Huertas	Calle Cereza	Calle Mandarina
San Pedro Tlaquepaque	Ojo de Agua	Calle Benjamín Soria	Arroyo la Colorada
San Pedro Tlaquepaque	Ojo de Agua	Fdo. Montes de Oca	Calle Marcos Montero
San Pedro Tlaquepaque	Parques de Sta. Cruz del Valle	Calle San Francisco	Calle San Ignacio
San Pedro Tlaquepaque	San Sebastianito	Anillo Periférico Sur	Calle 8 de Julio
Tlajomulco de Zúñiga	Bosque Real de Santa Anita	Arroyo la Culebra	Blvrd. Bosques de Sta. Anita
Tlajomulco de Zúñiga	De Las Flores	Rastro	Casuarina

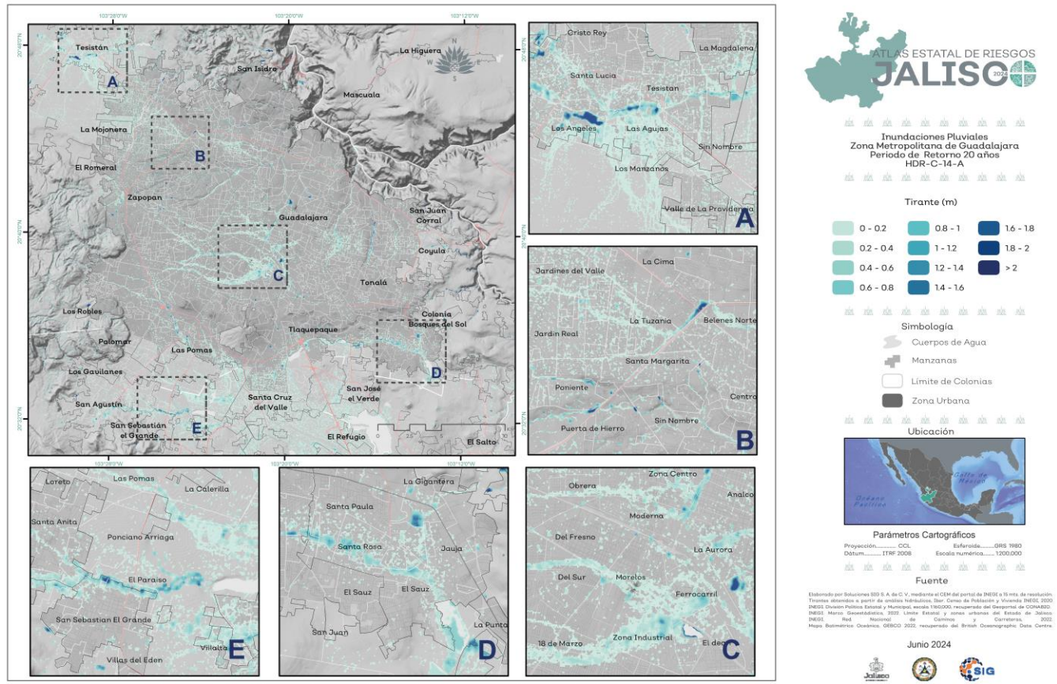
Municipio	Colonia	Dirección	
Tlajomulco de Zúñiga	El Terron	Calle del Terán	Av. Camino Real a Colima
Tlajomulco de Zúñiga	Etapa 1	Av. Chulavista	
Tlajomulco de Zúñiga	La Alameda	Calle 16 de septiembre	Tabachín
Tlajomulco de Zúñiga	La Alameda	La Alameda	
Tlajomulco de Zúñiga	Lagunas	Lago de Pátzcuaro	Lago términos
Tlajomulco de Zúñiga	San Agustín	Calle Huamúchil	
Tlajomulco de Zúñiga	San Agustín	Av. Camino Real a Colima	Nicolas R. Casillas
Tlajomulco de Zúñiga	San Agustín	Av. Adolfo López Mateos	Camino al Vivero hasta Calle Martín Toscano
Tlajomulco de Zúñiga	San Agustín	Calle Nogal	Fresno
Tlajomulco de Zúñiga	San Sebastián El Grande	San Sebastián	
Tlajomulco de Zúñiga	Toluquilla	Av. Adolf Horn	Arroyo Seco
Tlajomulco de Zúñiga	Toluquilla	Calle Dr. Pedro Juan Mirassou	Av. Adolf Horn
Tlajomulco de Zúñiga	Valle de Los Encinos	Valle de las Moras	Valle de Orquídea
Tlajomulco de Zúñiga	Villas de La Hacienda	Av. del Casco	Coto Mazapil
Tonalá	20 de noviembre	Calle Malecón	
Tonalá	Del Huerto	Calle Lechuga	Reforma Agraria
Tonalá	Jalisco I Secc	Calle Cuquio	Malecón
Tonalá	Jauja	Calle Clavel	Lima
Tonalá	Jauja	Calle Limón	Zapote
Tonalá	Las Puertas	San Francisco	Miguel Hidalgo
Tonalá	Lomas de San Miguel	Calle San Patricio	San Miguel
Tonalá	Santa Rosa	Calle Lic. Luis Cortínez Valdés	Benito Juárez
Tonala	Tonalá Centro	Emiliano Zapata	José Martí
Zapopán	Altamira	Altamira	Santos Degollado
Zapopán	Altamira	Av. Patria	

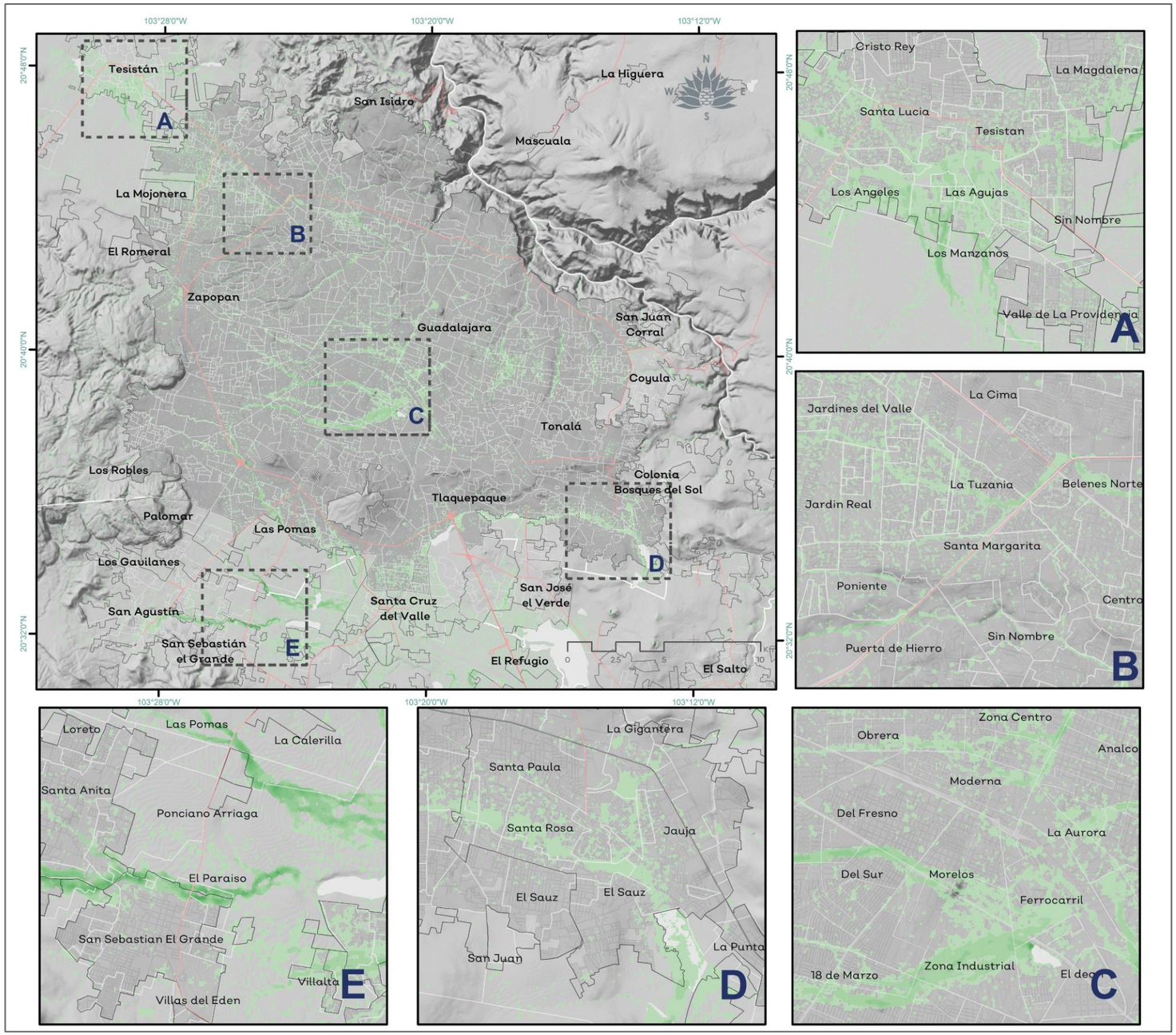
Municipio	Colonia	Dirección	
Zapopán	Ampliación Santa Lucia	Av. de los Lirios	
Zapopán	Ampliación Santa Lucia	Calle Santa Lucía y arroyo	
Zapopán	Ampliación Santa Lucia	Gran Duque	
Zapopán	Ampliación Santa Lucia	Sta. Lucia	Calle Pinos
Zapopán	Arcos de Zapopán	Arco Pertinax	Periférico
Zapopán	Arcos de Zapopán	Juan Gil Preciado	
Zapopán	Arenales Tapatíos	Av. Mariano Otero	Río Lerma
Zapopán	Arenales Tapatíos	Magnetita	Platino
Zapopán	Arenales Tapatíos	Privada Orquídea	
Zapopán	Atemajac del Valle	Av. Patria	Zoquiapan
Zapopán	Atemajac del Valle	El Vergel	Libertad
Zapopán	Atemajac del Valle	Galeana	Arroyo
Zapopán	Atemajac del Valle	Javier Mina	Arroyo
Zapopán	Atemajac del Valle	Enrique Díaz de León	Arroyo
Zapopán	Benito Juárez	Filemón Rosas	Tlajomulco
Zapopán	Benito Juárez Norte	Ameca 2	
Zapopán	Bosques del Centinela	Av. Río Blanco	Paseo de los Bosques
Zapopán	Carlos Rivera Aceves	Tungsteno	Azucena
Zapopán	Ciudad Granja	Calz. Central	Av. Vallarta
Zapopán	De La Azalea	Av. José Parres Arias	
Zapopán	El Briseño	Higuerillas	
Zapopán	El Fortín 2Da Secc	Nube	Amatita
Zapopán	El Mante	Allende	Periférico sur
Zapopán	El Mante	Arroyo	Sonora
Zapopán	Girasoles Elite	Calle Orquídeas	Azalea Sur - Nte
Zapopán	Indígena de Mezquitan	Juan García Villagrana	Arroyo
Zapopán	Jacarandas	Estacionamiento Plaza Patria	
Zapopán	Jacarandas	Paso a desnivel Entrada Plaza Patria (tanel poniente)	

Municipio	Colonia	Dirección	
Zapopán	Jardines de Nuevo México	Calle Novena Oriente	Cuarta Norte
Zapopán	Jardines del Valle	Av. Acueducto	Av. Prolongación Galeana y Rosas
Zapopán	Jardines Tepeyac	Av. Guadalupe	Av. Manuel J. Clouthier
Zapopán	Jardines Universidad	Av. Patria	Salvador Madariaga
Zapopán	Jardines Vallarta	Av. Novelistas	Av. Juan Palomar y Arias
Zapopán	Jardines Vallarta	Paso a desnivel Av. Patria a su cruce con Av. Vallarta	
Zapopán	La Floresta Sección 2	Rosal	Colorines
Zapopán	La Haciendita	Vallarta y San Gabriel	
Zapopán	La Martinica	Arroyo	Priv. Justino Barajas
Zapopán	La Martinica	Paseo de las Caobas	Arroyo
Zapopán	La Martinica	Priv. Justino Barajas	Arroyo
Zapopán	La Periquera	Paso a desnivel Av. Juan Gil Preciado	
Zapopán	Lagos del Country	Av. Patria	
Zapopán	Lagos del Country	Paso a desnivel de Av. Patria	
Zapopán	Las Lomas Golf Hábitat	Periférico Norte y Calzada del Servidor Público	
Zapopán	Loma Bonita	López Mateos Sur	Conchitas
Zapopán	Lomas de Atemajac	Av. Patria	Av. Enrique Díaz de León
Zapopán	Lomas de La Primavera	Jacarandas	De las Rosas
Zapopán	Lomas del Batan	Calz. Federalismo Norte	Calle Occidental
Zapopán	Lomas del Valle	Privada Los Pinos y Paseo de la Canadá	
Zapopán	Lomas del Vergel	Iturbide	Plutarco Elías Calles
Zapopán	Los Ángeles	Río Colorado	Arroyo
Zapopán	Los Periodistas	Anillo Periférico Poniente	
Zapopán	Los Periodistas	Canta Luna	
Zapopán	Los Periodistas	Corresponsales	Arroyo
Zapopán	Mariano Otero	Mariano Otero entre Av. Las Torres	Periférico
Zapopán	Mariano Otero	Mateo del Regil	Arroyo
Zapopán	Mariano Otero	Perla	Arroyo
Zapopán	Mirador Escondido	Calle Plátano	Calle Pino
Zapopán	Miramar	Granate	Puerto Miravalle
Zapopán	Miramar	Guadalupe	Puerto Chamela
Zapopán	Miramar	Mármol	Paseo de la Primavera

Municipio	Colonia	Dirección	
Zapopán	Miramar	Pról. Guadalupe	Brisas Marinas
Zapopán	Miramar	Puerto Guerrero Negro	Arroyo
Zapopán	Nextipac	Revolución	Morelos
Zapopán	Nuevo México	Av. Juan Gil Preciado	Av. Base Aérea
Zapopán	Nuevo Vergel	Calle Zapateros	Calle Tabachines
Zapopán	Paseos del Sol	Mariano Otero	Felipe Zetter
Zapopán	Pirámides	Pirámides del Sol	Arroyo
Zapopán	Poniente	Arroyo de la Campana	
Zapopán	Puerta de Hierro	Av. Patria	Av. Acueducto
Zapopán	Puerta de Hierro	Incorporación	
Zapopán	Real del Bosque	Industria Textil y Valle de San Isidro	
Zapopán	San Isidro Ejidal	Av. Laureles	Plata
Zapopán	San José del Bajío	Av. José Parres Arias	
Zapopán	San Juan de Ocotan	Av. Aviación	
Zapopán	San Juan de Ocotan	Carretera a Nogales	
Zapopán	Santa Ana Tepetitlán	Azahares	Camino Nacional
Zapopán	Santa Ana Tepetitlán	Fco. I. Madero Rosales	Rosales
Zapopán	Santa Ana Tepetitlán	Las Torres	San Carlos
Zapopán	Santa Fe	Av. Patria	
Zapopán	Santa Lucia	Río Acaponeta	Río Pontla
Zapopán	Santa Lucia	Tesistán	
Zapopán	Santa María Tequepexpan	Hidalgo	Periférico sur
Zapopán	Santa María Tequepexpan	Privada Sonora	
Zapopán	Tesistán	Bellavista	Hilo Verde
Zapopán	Víctor Hugo	Independencia	Álvaro obregón
Zapopán	Villa Universitaria	Inundación (Parque Hundido)	
Zapopán	Villas Perisur	López Portillo	Bondad
Zapopán	Zoquiapan	Cerrada de Alvarado	Andador 2
Zapopán	Zoquiapan	José María de Yermo y Parres	Cerrada de Alvarado
Zapopán		C. José Marra Morelos	
Zapopán		Lago del estadio Chivas	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-14-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



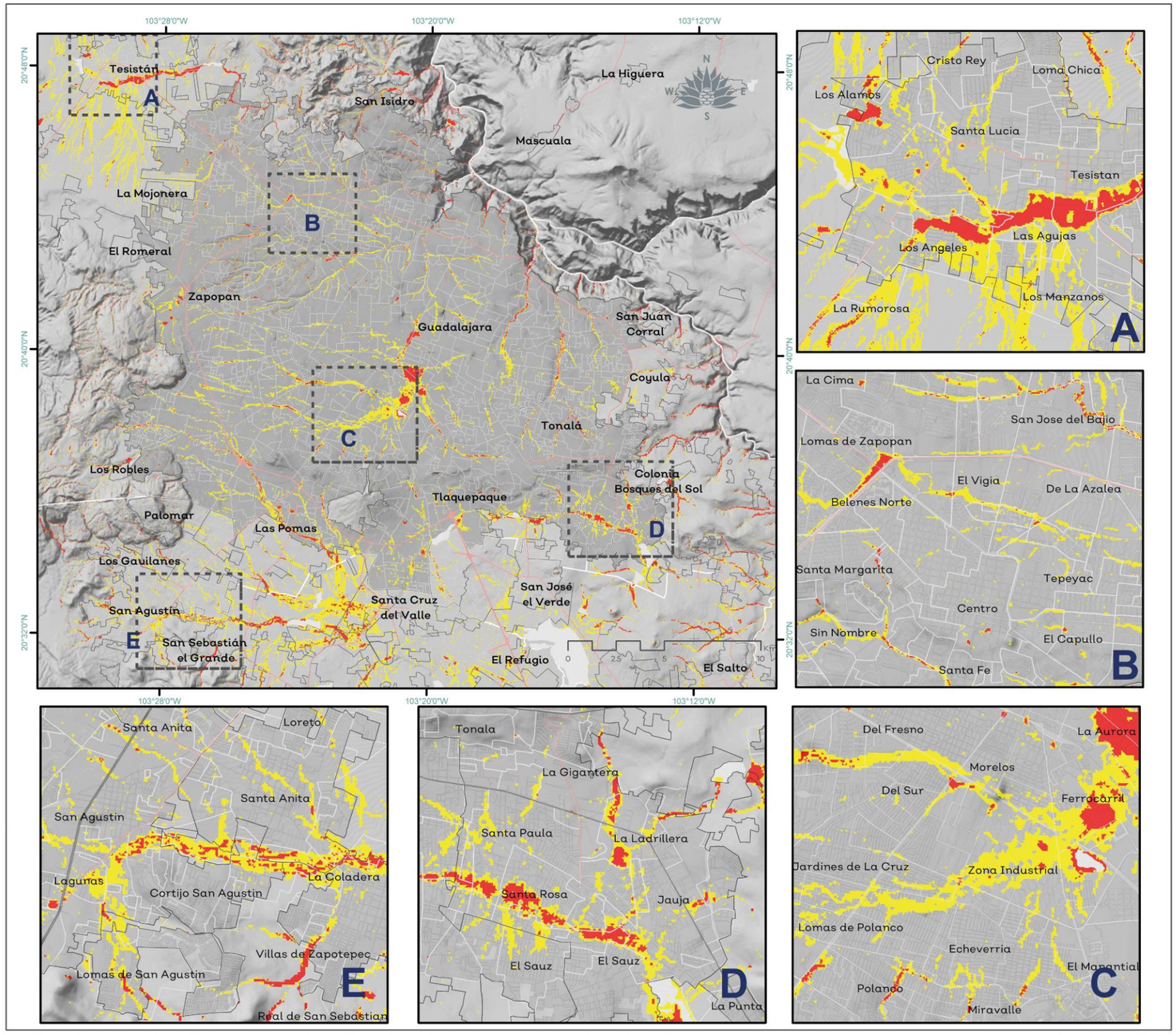
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-14-C

Peligro

Alto Medio Bajo

Simbología

Cuerpos de Agua
Manzanas
Límite de Colonias
Zona Urbana

Ubicación



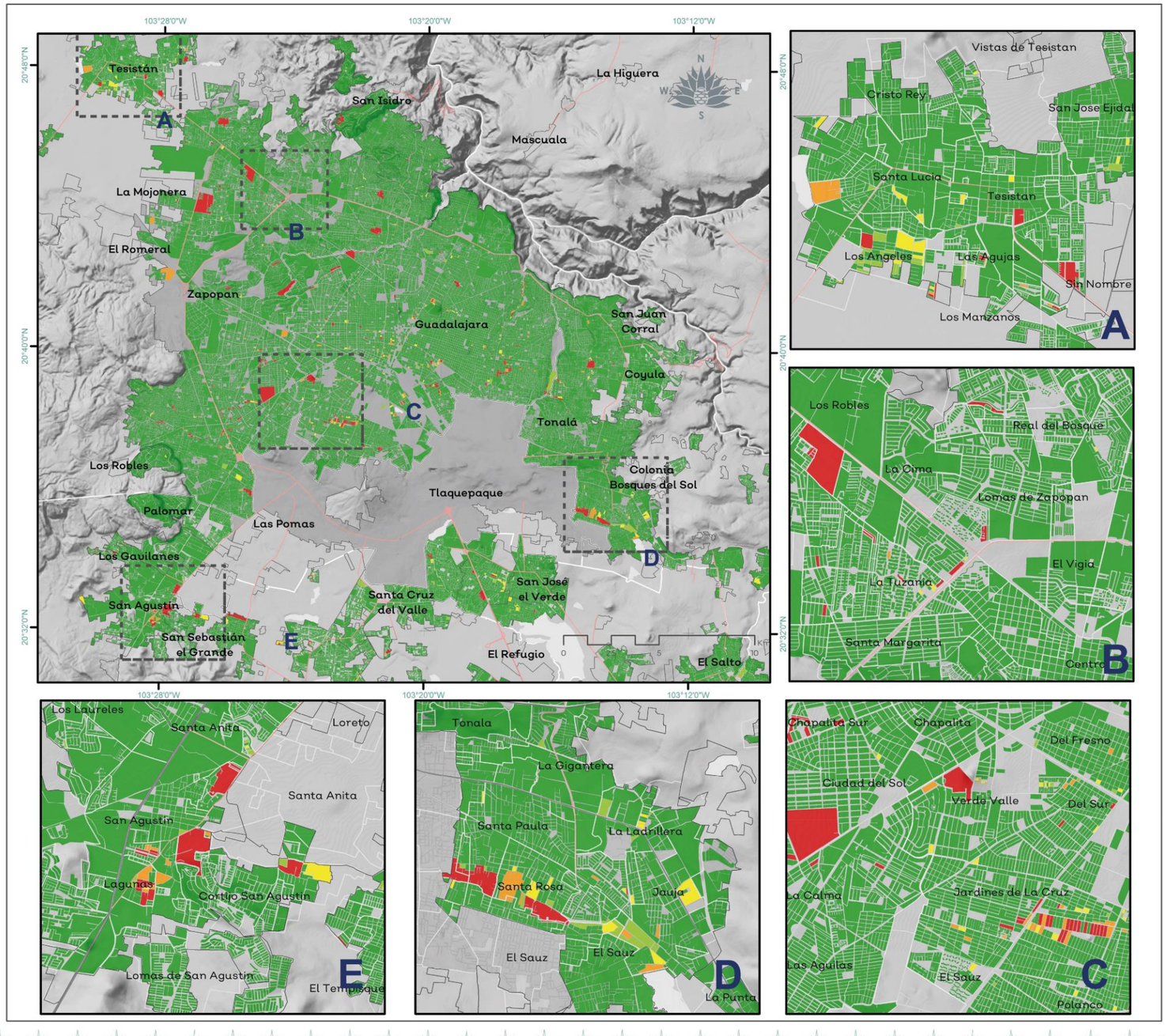
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirante y Velocidad a partir de Modelos Hidráulicos de Inundación en Iber, 2024. Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por Inundación, CONAGUA, 2014. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-14-D

Pesos (mxn)

0.00	7,707.93 - 13,107.90
0.01 - 3,548.37	13,107.91 - 200,081.00
3,548.38 - 7,707.92	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Riesgo en la Zona Metropolitana de Guadalajara

El riesgo suele ser una cantidad menor que el daño potencial ya que el riesgo incorpora la probabilidad de que ocurra un evento, mientras que el daño representa el costo total si ese evento sucede. En términos monetarios, el riesgo se calcula como el producto de la probabilidad de que ocurra el evento (en este caso, una inundación) y el daño esperado si el evento se materializa.

Por ejemplo, si hay un 10% de probabilidad de inundación en un año y el daño esperado en caso de inundación es de $100,000, entonces el riesgo sería:

$$\text{Riesgo} = 0.10 \times \$100{,}000 = \$10{,}000$$

Esto significa que, a largo plazo, se espera perder en promedio $10,000 por año debido a inundaciones. Aunque el daño potencial es de $100,000, el riesgo es menor porque solo hay un 10% de probabilidad de que ocurra la inundación cada año.

Es importante entender que el riesgo no es una predicción de pérdida segura, sino una medida de la expectativa de pérdida. Por lo tanto, en un año particular, es posible que no haya inundación y no se incurra en daños, o podría haber una inundación y el daño sería igual al costo total estimado.

Tabla HDR-C-14. Perdidas y Riesgo para El Salto para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
Baja California	$14,517,387	$435,522	$21,776	$435,522	$5,226	142	302
Bonito Jalisco	$12,370,536	$371,116	$18,556	$450,899	$5,411	102	246
Cárdenas del Rio	$2,358,682	$70,761	$3,538	$70,761	$849	21	72
Del Ángel Residencial	$28,903,381	$867,101	$43,355	$867,101	$10,405	333	663
El Carmen	$16,312,994	$489,390	$24,470	$489,390	$5,873	101	412
El Potrero del Sabino	$111,526	$3,346	$167	$3,346	$40	1	0
El Trece	$4,635,974	$370,878	$18,544	$370,878	$4,451	34	102
Esmeralda	$3,435,092	$104,695	$5,235	$334,935	$4,019	50	160
Felipe Ángeles	$399,413	$11,982	$599	$11,982	$144	12	44
Galaxia Bonito Jalisco	$67,447,503	$2,656,855	$132,843	$4,765,001	$57,180	916	2,075
Hermosillo	$1,507,954	$90,477	$4,524	$90,477	$1,086	20	68
Insurgentes	$7,431,598	$0	$0	$222,948	$2,675	39	131
Insurgentes Sur	$1,788,155	$0	$0	$53,645	$644	14	43
Jardines del Castillo	$35,923,885	$3,191,078	$159,554	$4,480,350	$53,764	448	1,011
La Esperanza	$223,053	$6,692	$335	$6,692	$80	2	3
La Huizachera	$18,571,708	$852,206	$42,610	$3,270,353	$39,244	142	538
La Pedrera	$3,087,058	$47,842	$2,392	$92,612	$1,111	46	71
Las Lilas	$22,269,653	$847,418	$42,371	$847,418	$10,169	294	558
Las Lilas II	$3,203,746	$96,112	$4,806	$96,112	$1,153	60	110
Las Pintas	$3,755,848	$100,165	$5,008	$112,675	$1,352	37	134
Las Pintitas	$11,392,992	$276,477	$13,824	$509,846	$6,118	78	278
Minerales	$23,095,070	$664,354	$33,218	$1,715,858	$20,590	243	850
Paraíso	$10,929,990	$69,553	$3,478	$382,353	$4,588	143	411
San José del Quince	$41,967,255	$1,016,075	$50,804	$1,452,998	$17,436	419	1,402
San Lorenzo	$5,156,960	$160,897	$8,045	$999,796	$11,998	51	161
Santa Rosa del Valle	$1,258,998	$75,540	$3,777	$75,540	$906	12	41
Total	**$342,056,412**	**$12,876,531**	**$643,827**	**$22,209,486**	**$266,514**	**3,760**	**9,886**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-15. Perdidas y Riesgo para Guadalajara para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Afectada
18 de Marzo	$88,431,470	$1,369,391	$68,470	$2,711,381	$32,537	424	1,383
5 de mayo	$14,755,334	$4,001,630	$200,081	$4,194,188	$50,330	68	234
8 de Julio	$6,047,904	$65,108	$3,255	$181,437	$2,177	37	95
Agustín Yáñez (La Florida)	$57,094,224	$440,506	$22,025	$1,979,650	$23,756	317	1,038
Alcalde Barranquitas	$6,383,744	$191,512	$9,576	$191,512	$2,298	38	108
Aldama Tetlan	$24,677,316	$634,464	$31,723	$740,319	$8,884	134	531
Americana	$44,953,030	$595,281	$29,764	$1,348,591	$16,183	245	439
Analco	$701,422	$0	$0	$21,043	$253	11	22
Anexo 18 de marzo	$11,063,523	$297,646	$14,882	$480,729	$5,769	50	181
Arandas	$11,461,293	$815,210	$40,760	$2,957,411	$35,489	55	209
Arcos	$7,307,837	$0	$0	$219,235	$2,631	28	113
Arcos Vallarta	$14,348,829	$984,351	$49,218	$4,983,093	$59,797	56	82
Artesanos (Sagrada Familia Y/O Jesús)	$9,013,641	$3,384,346	$169,217	$3,814,442	$45,773	47	161
Atlas	$146,952,104	$2,706,781	$135,339	$4,762,780	$57,153	822	2,153
Autocinema	$112,174	$0	$0	$6,730	$81	1	1
Balcones de Oblatos	$81,840,515	$2,130,703	$106,535	$3,171,338	$38,056	591	2,280
Barragán Hernández	$3,472,090	$201,914	$10,096	$275,630	$3,308	41	9
Belisario Domínguez	$32,322,478	$707,215	$35,361	$969,674	$11,636	208	609

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Afectada
Circunvalación Américas	$1,156,661	$0	$0	$34,700	$416	8	16
Circunvalación Vallarta	$5,480,460	$2,214,300	$110,715	$2,214,300	$26,572	22	51
Colomos	$7,710,335	$0	$0	$231,310	$2,776	28	58
Colomos Providencia	$72,263,622	$2,355,387	$117,770	$3,555,250	$42,663	265	500
Colon	$16,045,259	$481,358	$24,068	$481,358	$5,776	62	191
Country Club	$2,104,030	$56,390	$2,820	$63,121	$757	10	19
Cuauhtémoc	$9,135,544	$91,608	$4,580	$274,067	$3,289	86	252
Del Bosque	$20,734,220	$1,378,377	$68,919	$4,348,534	$52,182	215	219
Del Fresno	$23,098,683	$508,110	$25,406	$739,434	$8,873	130	396
Del Periodista	$7,212,208	$93,477	$4,674	$309,843	$3,718	53	134
Del Sur	$33,807,119	$1,987,925	$99,396	$2,693,087	$32,317	175	503
División del Norte	$4,831,940	$89,740	$4,487	$370,682	$4,448	25	95
Dr Valentín Gómez Farias	$5,295,296	$220,152	$11,008	$220,152	$2,642	32	120
Echeverria	$22,591,509	$683,354	$34,168	$683,354	$8,200	112	432
El Bethel	$15,742,105	$847,743	$42,387	$2,473,186	$29,678	128	562
El Carmen	$6,788,478	$57,346	$2,867	$203,654	$2,444	57	187
El dean	$48,147,335	$1,149,540	$57,477	$1,888,443	$22,661	333	1,125
El Molino	$2,007,018	$120,421	$6,021	$160,561	$1,927	14	45
El Retiro	$62,246,317	$2,111,492	$105,575	$3,441,451	$41,297	401	912
El Rosario	$6,362,309	$41,585	$2,079	$190,870	$2,290	32	113
El Sauz	$4,346,871	$205,516	$10,276	$205,516	$2,466	27	88
Fábrica de Atemajac	$3,248,094	$10,096	$505	$97,443	$1,169	20	54
Ferrocarril	$24,935,985	$552,474	$27,624	$1,177,511	$14,130	187	576
Fovissste Estadio	$7,504,099	$225,123	$11,256	$225,123	$2,701	36	74
Hormiguero	$52,856,119	$933,226	$46,661	$1,585,684	$19,028	209	574
Independencia Oriente	$44,470,581	$1,770,017	$88,501	$5,673,208	$68,078	269	595
Insurgentes	$21,745,385	$2,790,260	$139,513	$9,133,060	$109,597	123	490
Jardines Alcalde	$11,815,570	$354,467	$17,723	$708,934	$8,507	44	120
Jardines de Guadalupe	$5,140,784	$154,224	$7,711	$154,224	$1,851	39	122
Jardines de La Cruz	$19,004,145	$750,854	$37,543	$872,955	$10,475	79	241
Jardines de La Paz	$4,771,192	$0	$0	$143,136	$1,718	26	59
Jardines de San Francisco	$4,733,726	$62,266	$3,113	$142,012	$1,704	32	107
Jardines de San José	$147,354,137	$1,849,027	$92,451	$4,812,372	$57,748	652	1,903
Jardines del Bosque	$8,429,986	$252,900	$12,645	$252,900	$3,035	30	81
Jardines del Country	$25,617,154	$1,291,010	$64,551	$6,739,454	$80,874	97	271
José Clemente Orozco	$2,671,492	$80,145	$4,007	$80,145	$962	14	38
La Campesina	$1,361,072	$0	$0	$40,832	$490	7	19
La Esperanza (La Federacha)	$13,985,479	$228,176	$11,409	$461,068	$5,533	79	316
La Guadalupana	$8,327,392	$163,858	$8,193	$249,821	$2,998	51	145
La Loma	$19,394,578	$523,598	$26,180	$1,053,735	$12,645	103	319
La Penal	$17,279,414	$518,383	$25,919	$606,008	$7,272	122	399
Ladrón de Guevara	$26,386,737	$150,314	$7,516	$1,450,206	$17,402	141	345
Lagos del Country	$51,471,556	$1,253,396	$62,670	$2,992,786	$35,913	180	446
Las Conchas	$7,727,683	$76,450	$3,823	$303,857	$3,646	53	186
Las Torres	$29,609,220	$627,591	$31,380	$1,096,707	$13,160	158	565
Lázaro Cárdenas	$18,360,772	$1,942,500	$97,125	$2,585,824	$31,030	81	278
Leyes de Reforma	$14,543,063	$611,958	$30,598	$3,151,824	$37,822	82	317
Libertad	$25,269,989	$222,034	$11,102	$873,258	$10,479	183	614
Lomas de Independencia	$5,324,402	$319,464	$15,973	$425,952	$5,111	20	49
Lomas de Polanco	$305,180,760	$8,417,699	$420,885	$14,074,947	$168,899	1,845	6,439
Lomas de Rio Verde	$5,685,187	$341,111	$17,056	$454,815	$5,458	38	145
Lomas de San Pedro	$12,981,192	$389,436	$19,472	$389,436	$4,673	124	376
Lomas del Gallo	$7,074,011	$1,105,080	$55,254	$1,482,903	$17,795	50	208
Lomas del Laurel I	$2,854,397	$0	$0	$85,632	$1,028	27	115
Lomas del Paraíso III	$2,569,305	$154,158	$7,708	$154,158	$1,850	12	62
Mexicaltzingo	$29,677,416	$105,281	$5,264	$931,826	$11,182	224	550
Mezquitan	$4,486,163	$0	$0	$134,585	$1,615	20	77
Miguel Hidalgo	$5,578,008	$167,340	$8,367	$167,340	$2,008	26	82
Modelo	$72,233,486	$2,177,529	$108,876	$3,302,487	$39,630	415	1,202
Moderna	$27,290,147	$1,032,471	$51,624	$2,392,970	$28,716	189	377
Monumental	$28,320,182	$0	$0	$849,605	$10,195	114	309
Morelos	$9,134,671	$274,041	$13,702	$274,041	$3,288	46	114
Nueva España	$115,389	$3,462	$173	$3,462	$42	6	10

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Afectada
Obrera	$23,305,826	$699,176	$34,959	$954,028	$11,448	93	250
Observatorio	$3,980,716	$238,843	$11,942	$318,457	$3,821	25	83
Olímpica	$15,473,871	$356,335	$17,817	$780,338	$9,364	91	226
Parques de San Pedro	$224,349	$17,948	$897	$89,740	$1,077	2	10
Plutarco Elías Calles	$7,355,368	$0	$0	$220,661	$2,648	64	187
Polanco	$4,810,109	$144,303	$7,215	$288,607	$3,463	32	93
Providencia 3A Sección	$11,776,697	$706,602	$35,330	$942,136	$11,306	37	90
Providencia 4A Sección	$45,004,182	$1,350,126	$67,506	$1,350,126	$16,202	194	321
Quinta Velarde	$3,750,981	$127,112	$6,356	$201,147	$2,414	26	67
Rancho Nuevo	$1,536,850	$46,106	$2,305	$92,211	$1,107	11	27
Revolución	$24,966,237	$791,640	$39,582	$1,327,955	$15,935	133	343
San Andrés	$258,820,626	$5,807,274	$290,364	$10,492,701	$125,912	1,468	4,763
San Carlos	$17,623,788	$310,450	$15,523	$796,482	$9,558	104	312
San Elías	$35,415,597	$0	$0	$1,062,470	$12,750	135	379
San Isidro	$6,075,081	$182,252	$9,113	$182,252	$2,187	33	94
San Isidro Oblatos	$8,647,269	$125,011	$6,251	$259,418	$3,113	94	397
San Joaquín	$5,722,297	$171,669	$8,583	$171,669	$2,060	41	161
San José Rio Verde	$2,586,235	$155,174	$7,759	$206,899	$2,483	22	78
San Juan de Dios	$39,622,007	$342,494	$17,125	$1,188,661	$14,264	301	626
San Juan de Dios II	$5,038,974	$145,417	$7,271	$296,586	$3,559	53	151
San Marcos	$5,712,769	$2,285,110	$114,255	$2,285,110	$27,421	45	171
San Miguel de Huentitán	$112,174	$44,870	$2,243	$44,870	$538	1	4
San Rafael	$70,392,162	$2,303,292	$115,165	$2,908,825	$34,906	335	997
Santa Elena de La Cruz	$3,373,227	$202,394	$10,120	$1,416,760	$17,001	24	82
Santa Elena Estadio	$8,211,739	$1,593,190	$79,660	$1,737,849	$20,854	48	115
Santa Ma de Silo	$2,845,737	$0	$0	$85,372	$1,024	12	43
Tetlan II	$17,447,295	$184,206	$9,210	$523,420	$6,281	106	369
Tetlan Rio Verde	$25,759,525	$1,476,587	$73,829	$2,929,998	$35,160	168	589
Vallarta	$9,647,006	$76,685	$3,834	$366,095	$4,393	38	59
Vallarta Norte	$1,720,634	$51,619	$2,581	$51,619	$619	8	23
Valle del Álamo	$49,051,792	$913,660	$45,683	$1,471,554	$17,659	211	632
Verde Valle	$19,070,558	$572,117	$28,606	$572,117	$6,865	83	148
Vicente Guerrero	$7,687,530	$0	$0	$230,626	$2,768	27	81
Victoria	$11,383,007	$341,490	$17,075	$483,840	$5,806	46	101
Villa Guerrero	$52,789,003	$600,769	$30,038	$1,590,831	$19,090	330	1,068
Villas de Guadalupe	$239,443	$0	$0	$7,183	$86	10	27
Villas de San Juan	$2,994,205	$179,652	$8,983	$179,652	$2,156	16	27
Villaseñor (Santa Teresita)	$2,795,999	$83,880	$4,194	$83,880	$1,007	10	34
Zalatitan Centro	$224,349	$13,461	$673	$89,740	$1,077	2	7
Zona Centro	$73,442,889	$2,408,633	$120,432	$4,117,524	$49,410	578	1,218
Zona Industrial	$112,174	$3,365	$168	$6,730	$81	1	0
Total	**$2,961,316,646**	**$90,154,207**	**$4,507,709**	**$171,986,440**	**$2,063,837**	**16,699**	**49,488**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-16. Perdidas y Riesgo para San Pedro Tlaquepaque para periodos de 20 y 100 años.

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Arboledas de San Martin	$10,754,382	$155,154	$7,758	$477,786	$5,733	78
Arroyo Las Flores	$7,751,587	$394,691	$19,735	$394,691	$4,736	63
Arroyo Seco	$10,529,009	$469,402	$23,470	$707,038	$8,484	50
Artesanos	$40,449,260	$12,566,611	$628,330	$12,616,523	$151,398	276
Centro	$4,474,301	$134,229	$6,711	$134,229	$1,611	41
De San Martin	$33,628,682	$964,893	$48,245	$2,356,497	$28,278	401
El Mante	$5,886,212	$180,920	$9,046	$1,122,081	$13,465	41
El Órgano	$3,492,219	$0	$0	$104,767	$1,257	21
El Real	$177,813	$5,334	$267	$5,334	$64	1
El Tapatío	$1,177,271	$94,182	$4,709	$94,182	$1,130	17
El Vergel	$30,623,956	$580,179	$29,009	$1,462,567	$17,551	187
Emiliano Zapata	$10,381,477	$385,071	$19,254	$560,714	$6,729	115
Felipe Ángeles	$3,501,542	$1,645,720	$82,286	$1,645,720	$19,749	22
Francisco Silva Romero	$9,507,930	$382,480	$19,124	$411,543	$4,939	126
Geo Villas Los Olivos II	$41,373,427	$239,523	$11,976	$1,480,726	$17,769	191
Geo Villas Los Olivos III	$140,177,247	$662,906	$33,145	$7,939,125	$95,270	482
Hacienda de San Martin	$1,003,364	$30,101	$1,505	$40,121	$481	29
Haciendas del Real	$42,515,260	$778,328	$38,916	$1,275,458	$15,305	238
Haciendas La Candelaria	$3,530,310	$105,909	$5,295	$105,909	$1,271	20
Indígena	$3,717,064	$111,512	$5,576	$111,512	$1,338	38

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Jardines de Santa María	$3,651,331	$1,631,116	$81,556	$1,631,116	$19,573	21
Juan de La Barrera	$1,427,846	$0	$0	$42,835	$514	7
La Calerilla	$4,946,649	$148,400	$7,420	$148,400	$1,781	21
La Duraznera	$25,014,980	$860,591	$43,030	$1,289,567	$15,475	179
La Ladrillera	$15,572,629	$749,944	$37,497	$933,132	$11,198	124
La Llave	$1,380,869	$41,426	$2,071	$41,426	$497	6
La Micailita	$7,174,062	$215,222	$10,761	$215,222	$2,583	48
La Piedrera	$158,465	$9,508	$475	$12,677	$152	26
La Tijera	$6,399,731	$383,984	$19,199	$383,984	$4,608	48
Las Huertas	$243,443	$14,607	$730	$14,607	$175	32
Las Juntas	$9,684,767	$4,227,597	$211,380	$4,227,597	$50,731	107
Las Liebres	$11,430,242	$1,505,807	$75,290	$2,004,701	$24,056	104
Las Pomas	$1,381,510	$41,445	$2,072	$82,891	$995	11
Lindavista Country	$1,144,218	$68,653	$3,433	$68,653	$824	8
Loma Bonita Ejidal	$11,539,837	$346,195	$17,310	$346,195	$4,154	80
Lomas de La Victoria	$5,292,960	$0	$0	$158,789	$1,905	17
Lomas de Santa María	$11,520,513	$507,740	$25,387	$691,230	$8,295	86
Lomas del Cuatro	$5,437,311	$163,119	$8,156	$163,119	$1,957	38
Los Espinos	$11,865,495	$231,925	$11,596	$355,965	$4,272	39
Los Santibañez	$374,743	$11,242	$562	$11,242	$135	12
Miraflores	$31,141,723	$743,525	$37,176	$1,677,776	$20,133	117
Misión San Francisco	$12,210,656	$0	$0	$366,320	$4,396	57
Nueva Santa María	$7,062,364	$211,871	$10,594	$211,871	$2,542	46
Ojo de Agua	$34,994,886	$567,927	$28,396	$1,182,749	$14,193	273
Parques de La Victoria	$30,240,096	$215,377	$10,769	$1,122,581	$13,471	192
Parques de Santa María	$145,823,823	$22,508,684	$1,125,433	$32,644,461	$391,734	644
Parques de Santa Cruz del Valle	$166,887,274	$2,761,939	$138,097	$5,728,749	$68,745	762
Parques del Bosque	$38,015,977	$15,288,424	$764,422	$15,288,424	$183,461	124
Paseo de Los Parques	$37,454,007	$1,309,177	$65,459	$1,459,658	$17,516	189
Plan de Oriente	$132,469	$0	$0	$3,974	$48	5
Plan del Rio	$4,621,561	$125,716	$6,286	$201,505	$2,418	40
Ponciano Arriaga	$3,200,643	$96,019	$4,801	$138,695	$1,664	18
Revolución	$64,458,721	$3,664,368	$183,218	$4,459,696	$53,516	283
Rincón del Bosque	$27,729,112	$889,459	$44,473	$1,789,215	$21,471	89
Romita	$10,981,405	$138,564	$6,928	$468,006	$5,616	64
San Clemente	$11,879,494	$391,078	$19,554	$539,550	$6,475	101
San Juan	$15,816,136	$48,665	$2,433	$523,148	$6,278	99
San Martin de Las Flores de Abajo	$1,182,479	$35,474	$1,774	$35,474	$426	8
San Sebastianito	$65,834,227	$0	$0	$3,950,050	$47,401	290
Santa Anita	$15,471,291	$154,944	$7,747	$526,566	$6,319	138
Santa María Tequepexpan	$1,235,320	$92,990	$4,650	$473,320	$5,680	11
Solidaridad	$6,882,138	$80,555	$4,028	$412,929	$4,955	38
Toluquilla	$106,441,789	$2,340,246	$117,012	$5,171,024	$62,052	566
Valle de La Misericordia	$21,505,319	$0	$0	$645,160	$7,742	110
Valle de Las Heras	$6,974,537	$241,070	$12,053	$241,070	$2,893	24
Villa Fontana	$62,823,097	$444,418	$22,221	$1,884,694	$22,616	303
Vista Hermosa	$9,110,964	$2,756,470	$137,823	$3,473,688	$41,684	39
Rancho la Viña	$711,254	$0	$0	$21,338	$256	1
Total	**$1,480,405,423**	**$86,152,625**	**$4,307,629**	**$130,490,222**	**$1,565,882**	**8082**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-17. Perdidas y Riesgo para Tlajomulco de Zúñiga para periodos de 20 y 100 años.

Colonia/Localidad/ Fraccionamiento	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas	Población Total Afectada
4 estaciones	$16,087,617	$1,287,010	$64,351	$6,756,800	$81,082	101	
Arvento	$414,807	$0	$0	$12,444	$149	19	29
Belcanto	$117,245,416	$1,581,220	$79,061	$3,972,788	$47,673	530	*
Bellaterra	$13,613,343	$503,344	$25,167	$660,072	$7,921	42	124
Bonanza	$62,349,702	$2,436,251	$121,813	$3,811,266	$45,735	217	642
Bosques de Santa Anita	$45,009,271	$415,399	$20,770	$2,364,847	$28,378	158	*
Chulavista E11	$17,336,907	$611,674	$30,584	$611,674	$7,340	243	*
Chulavista E15	$12,243,501	$570,257	$28,513	$594,626	$7,136	213	*
Chulavista E16	$12,351,870	$311,265	$15,563	$370,556	$4,447	217	*
Chulavista E17	$14,987,436	$1,217,068	$60,853	$1,393,390	$16,721	170	*
Colinas de La Cruz	$4,153,926	$124,618	$6,231	$124,618	$1,495	72	*
Concepción del Valle (La Concha)	$844,711	$8,447	$422	$25,341	$304	6	11
Condominio Campo de Golf Santa Anita	$21,805,108	$10,248,400	$512,420	$10,248,400	$122,981	108	*
Cortijo San Agustín	$10,512,968	$841,037	$42,052	$4,415,450	$52,985	56	180
El Arroyo	$3,941,664	$315,333	$15,767	$315,333	$3,784	49	132
El Chirimoyo	$5,506,384	$0	$0	$165,192	$1,982	37	144
El Origen Residencial	$15,987,423	$1,278,990	$63,950	$6,394,970	$76,740	79	*
El Paraíso	$19,301,282	$259,477	$12,974	$729,443	$8,753	100	54
Etapa 1	$15,682,509	$688,537	$34,427	$1,215,155	$14,582	142	*

Etapa 12	$3,529,189	$105,876	$5,294	$211,751	$2,541	50	*
Etapa 2	$13,467,793	$403,446	$20,172	$606,948	$7,283	138	*
Etapa 3	$39,876,876	$1,128,537	$56,427	$2,628,210	$31,539	327	*
Etapa 4	$43,756,248	$588,271	$29,414	$1,801,762	$21,621	454	*
Etapa 5	$29,514,382	$636,264	$31,813	$1,366,130	$16,394	356	*
Etapa 7	$48,282,551	$1,804,854	$90,243	$2,595,245	$31,143	492	*
Etapa 8	$38,637,037	$776,771	$38,839	$3,331,570	$39,979	533	*
Etapa 9	$13,665,382	$850,437	$42,522	$1,295,471	$15,546	231	*
Hacienda del Oro	$29,888,180	$1,793,290	$89,665	$1,793,290	$21,520	111	286
Hacienda Los Fresnos	$16,093,813	$566,226	$28,311	$589,800	$7,078	124	*
Jardines Residencial	$281,570	$16,894	$845	$16,894	$203	2	5
La Alameda	$25,942,056	$508,421	$25,421	$965,960	$11,592	234	*
La Aurora	$281,570	$4,224	$211	$8,447	$101	2	6
La Coladera	$25,444,336	$1,314,981	$65,749	$1,773,684	$21,284	195	695
Lagunas	$68,369,810	$8,374,376	$418,719	$18,637,040	$223,644	490	2,105
Las Villas	$16,678,012	$355,633	$17,782	$500,341	$6,004	146	334
Lomas del Mirador E1	$5,146,958	$154,409	$7,720	$308,817	$3,706	55	*
Lomas del Mirador E13	$3,789,154	$130,344	$6,517	$178,343	$2,140	63	*
Lomas del Mirador E14	$2,179,330	$61,156	$3,058	$65,380	$785	80	*
Lomas del Mirador E2	$12,111,020	$380,680	$19,034	$488,303	$5,860	181	*
Los Alcatraces	$3,344,970	$100,349	$5,017	$100,349	$1,204	64	*
Los Cantaros	$8,281,491	$248,445	$12,422	$248,445	$2,981	49	*
Los Encinos	$5,198,653	$155,960	$7,798	$155,960	$1,872	18	*
Naturezza	$4,163,806	$124,914	$6,246	$124,914	$1,499	12	*
Novaterra Residencial	$6,875,886	$206,277	$10,314	$550,071	$6,601	116	*
Nueva Galicia	$35,754,184	$513,075	$25,654	$1,376,694	$16,520	119	*
Paseo de Los Agaves	$2,910,795	$52,340	$2,617	$87,324	$1,048	31	84
Paseos de La Hacienda	$15,533,479	$290,654	$14,533	$466,005	$5,592	99	239
Praderas de La Alameda	$113,691	$3,411	$171	$3,411	$41	4	*
Puesta del Sol	$2,683,172	$80,495	$4,025	$80,495	$966	23	*
Quinta Santa Anita	$5,344,220	$233,460	$11,673	$274,401	$3,293	20	56
Real del Sol	$65,851,031	$1,194,164	$59,708	$2,061,526	$24,738	395	*
Real del Valle	$58,553,374	$567,417	$28,371	$1,756,601	$21,079	255	*
Rincón de Los Copales	$281,570	$149,232	$7,462	$267,492	$3,210	2	0
San Agustín	$35,903,586	$620,491	$31,025	$2,291,082	$27,493	192	793
San Isidr0 (Potrero de San Isidro)	$1,080,460	$32,414	$1,621	$32,414	$389	11	*
San José del Tajo	$281,570	$8,447	$422	$8,447	$101	2	*
San José del Valle	$1,178,156	$0	$0	$35,345	$424	9	22
San Juan del Rio	$5,570,302	$167,109	$8,355	$167,109	$2,005	39	146
San Sebastián El Grande	$11,894,913	$240,371	$12,019	$356,848	$4,282	106	333
Santa Cruz del Valle	$24,760,492	$218,221	$10,911	$820,522	$9,846	155	568
Sendero Real	$22,764,181	$682,925	$34,146	$1,108,809	$13,306	183	*
Toluquilla	$6,181,908	$0	$0	$185,457	$2,225	25	*
Tulipanes	$4,708,799	$141,264	$7,063	$141,264	$1,695	21	*
Unión del Cuatro	$1,401,079	$2,426	$121	$46,075	$553	11	23
Valle de Los Encinos	$53,475,073	$583,367	$29,168	$1,985,718	$23,829	444	*
Valle de Tejeda	$32,560,985	$1,520,487	$76,024	$3,147,545	$37,771	592	*
Valle Dorado	$8,104,874	$243,146	$12,157	$243,146	$2,918	61	*
Villa Fontana Aqua	$11,371,338	$341,297	$17,065	$406,889	$4,883	337	*
Villalta	$118,876,986	$2,959,531	$147,977	$5,775,668	$69,308	879	*
Villas de La Alameda	$2,206,376	$0	$0	$66,191	$794	18	*
Villas de La Hacienda	$79,936,445	$1,206,282	$60,314	$3,092,212	$37,107	532	*
Villas de Zapotepec	$4,352,323	$0	$0	$130,570	$1,567	22	68
Zapote del Valle	$16,880,423	$472,053	$23,603	$978,465	$11,742	108	291
El Zapatito	$1,065,375	$31,961	$1,598	$31,961	$384	4	16
Jardines del Capulín (Nuevo Progreso)	$4,702,015	$141,060	$7,053	$376,161	$4,514	15	51
La Reserva	$63,456	$1,904	$95	$1,904	$23	3	18
La Teja (Agua Amarilla)	$422,356	$12,671	$634	$33,789	$405	*	4
Pontevedra [Fraccionamiento]	$71,281,178	$0	$0	$2,138,440	$25,661	213	629
Rancho el Charro	$4,154,028	$124,621	$6,231	$332,322	$3,988	25	95
Rancho San Miguel	$140,785	$11,263	$563	$43,643	$524	*	5
Transformaciones Eva	$140,785	$0	$0	$4,224	$51	*	1
Total	**$1,586,661,684**	**$56,336,918**	**$2,816,846**	**$114,881,659**	**$1,378,580**	**12037**	**8189**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-18. Perdidas y Riesgo para Tonalá para periodos de 20 y 100 años

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
20 de noviembre	$6,294,919	$341,151	$17,058	$438,616	$5,263	43
Altamira	$29,656,786	$1,577,411	$78,871	$1,553,661	$18,644	202
Arroyo de Enmedio	$1,747,598	$38,628	$1,931	$116,807	$1,402	29
Arroyo Seco	$30,568,580	$1,333,202	$66,660	$2,045,414	$24,545	224

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Barrios Unidos Intercolonias	$319,628	$9,589	$479	$19,178	$230	10
Basilio Vadillo	$24,161,687	$765,509	$38,275	$833,750	$10,005	184
Conchitas	$13,507,545	$0	$0	$405,226	$4,863	83
Del Huerto	$1,397,535	$83,852	$4,193	$83,852	$1,006	5
Hacienda de La Reyna II	$1,380,054	$0	$0	$41,402	$497	5
Hacienda Real	$99,554,972	$606,498	$30,325	$3,133,333	$37,600	371
Haciendas de La Reyna	$3,236,749	$97,103	$4,855	$97,103	$1,165	13
Horizontes de Tlaquepaque	$4,069,893	$122,097	$6,105	$122,097	$1,465	26
Jalisco I Sección	$2,844,930	$1,137,972	$56,899	$1,137,972	$13,656	25
Jauja	$25,500,491	$837,255	$41,863	$926,626	$11,120	187
La Calma	$6,201,128	$306,668	$15,333	$751,804	$9,022	41
La Hortaliza	$6,784,110	$68,091	$3,405	$237,569	$2,851	47
La Ladrillera	$29,695,280	$8,489,407	$424,469	$8,735,348	$104,824	267
La Providencia	$800,604	$48,036	$2,402	$48,036	$576	7
Las Puertas	$7,695,686	$176,782	$8,839	$819,438	$9,833	72
Loma Bonita	$5,176,842	$79,295	$3,965	$155,305	$1,864	59
Loma Bonita I	$4,426,619	$132,799	$6,640	$132,799	$1,594	33
Loma Bonita II	$15,513,847	$227,342	$11,367	$465,416	$5,585	115
Loma Dorada (Ejidal)	$1,520,762	$0	$0	$45,623	$547	16
Loma Dorada delegación B	$4,038,033	$969,228	$48,461	$1,077,954	$12,935	25
Loma Dorada delegación C	$10,066,500	$429,525	$21,476	$465,584	$5,587	97
Los Amiales	$2,136,475	$0	$0	$64,094	$769	25
Los Pajaritos	$4,800,864	$92,883	$4,644	$190,468	$2,286	35
Los Puestos	$3,097,508	$92,925	$4,646	$92,925	$1,115	45
Misión Acueducto	$1,450,927	$43,528	$2,176	$580,371	$6,964	9
Misión La Valenciana	$2,205,656	$66,170	$3,308	$66,170	$794	21
Prados de La Cañada	$1,362,728	$0	$0	$40,882	$491	13
Puesta del Sol	$3,256,482	$829,332	$41,467	$900,321	$10,804	20
Quintas del Paraíso	$20,114,689	$603,441	$30,172	$603,441	$7,241	86
San Francisco de La Soledad	$4,049,994	$0	$0	$121,500	$1,458	45
San Gaspar	$3,037,574	$182,254	$9,113	$243,006	$2,916	16
Santa Paula	$7,824,335	$374,184	$18,709	$496,602	$5,959	79
Santa Rosa	$62,772,279	$2,594,937	$129,747	$4,030,163	$48,362	523
Tololotlan	$4,363,183	$130,895	$6,545	$130,895	$1,571	43
Tonalá Centro	$224,240	$6,727	$336	$6,727	$81	5
Villas del Bosque	$221,976	$17,758	$888	$17,758	$213	8
Total	**$457,079,689**	**$22,912,474**	**$1,145,623**	**$31,475,236**	**$377,703**	**3,159**

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

Tabla HDR-C-19. Perdidas y Riesgo para Zapopan para periodos de 20 y 100 años

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Agrícola	$8,733,902	$259,270	$12,964	$357,017	$4,284	44
Agua Blanca Industrial	$1,405,624	$84,337	$4,217	$84,337	$1,012	5
Al Viento II	$20,251,678	$0	$0	$607,551	$7,291	71
Alamedas de Tesistán	$6,382,370	$0	$0	$443,232	$5,319	35
Alviento	$55,828,712	$821,712	$41,086	$1,674,861	$20,098	190
Amaranto	$7,115,048	$213,451	$10,673	$213,451	$2,561	25
Ampliación Santa Lucia	$23,120,678	$124,219	$6,211	$809,910	$9,719	172
Arboledas de Tesistán	$33,914,695	$1,017,440	$50,872	$1,017,440	$12,209	143
Arcos de Zapopan	$57,581,070	$3,159,022	$157,951	$22,199,395	$266,393	354
Arenales Tapatíos	$8,683,738	$1,200,023	$60,001	$1,366,460	$16,398	62
Arroyo Hondo 2A Sección	$132,148	$62,109	$3,105	$62,109	$745	1
Atemajac del Valle	$23,373,021	$127,374	$6,369	$1,953,331	$23,440	139
Atlas Colomos	$8,400,767	$0	$0	$252,023	$3,024	26
Balcones de La Cantera	$6,045,691	$186,079	$9,304	$1,303,414	$15,641	54
Base Aérea Militar No 5	$8,847,683	$261,466	$13,073	$356,612	$4,279	71
Benito Juárez Norte	$155,793	$9,348	$467	$12,463	$150	7
Bosque de Los Lagos	$1,034,829	$62,090	$3,104	$62,090	$745	3
Bosque de Los Virreyes	$7,299,843	$2,919,940	$145,997	$2,919,940	$35,039	25
Bosques de San Isidro (Las Cañadas)	$13,944,164	$2,976,867	$148,843	$3,203,549	$38,443	44
Bosques del Centinela	$14,410,468	$196,964	$9,848	$432,314	$5,188	71
Brisas de La Primavera	$121,494	$3,645	$182	$3,645	$44	5
Callejón del Bosque	$19,808,777	$467,036	$23,352	$594,264	$7,131	69
Camino Real	$14,998,699	$0	$0	$449,961	$5,400	61
Campo Real	$3,791,693	$113,751	$5,688	$113,751	$1,365	32
Citala Cd Jardín	$33,564,927	$1,577,111	$78,856	$1,690,916	$20,291	120
Ciudad Bugambilias	$38,566,726	$269,780	$13,489	$1,157,003	$13,884	126
Ciudad de Los Niños	$21,409,582	$642,287	$32,114	$642,287	$7,707	80
Ciudad del Sol	$18,542,088	$116,335	$5,817	$599,855	$7,198	65
Colegio del Aire	$6,884,547	$0	$0	$206,536	$2,478	27
Colinas de La Primavera	$11,604,438	$348,133	$17,407	$348,133	$4,178	65
Colinas de San Javier	$40,907,728	$2,454,460	$122,723	$3,272,620	$39,271	142
Colli Ctm	$33,883,836	$1,128,671	$56,434	$1,646,030	$19,752	177
Constitución	$6,897,579	$0	$0	$206,927	$2,483	37
Cordilleras	$3,520,337	$0	$0	$105,610	$1,267	12
Coto Casa Blanca	$16,985,212	$0	$0	$509,556	$6,115	62
Crucero de La Mesa	$5,623,893	$449,911	$22,496	$449,911	$5,399	62
De Los Fresnos	$1,749,427	$0	$0	$52,483	$630	5
Don Bosco Vallarta	$7,919,868	$237,596	$11,880	$237,596	$2,851	32

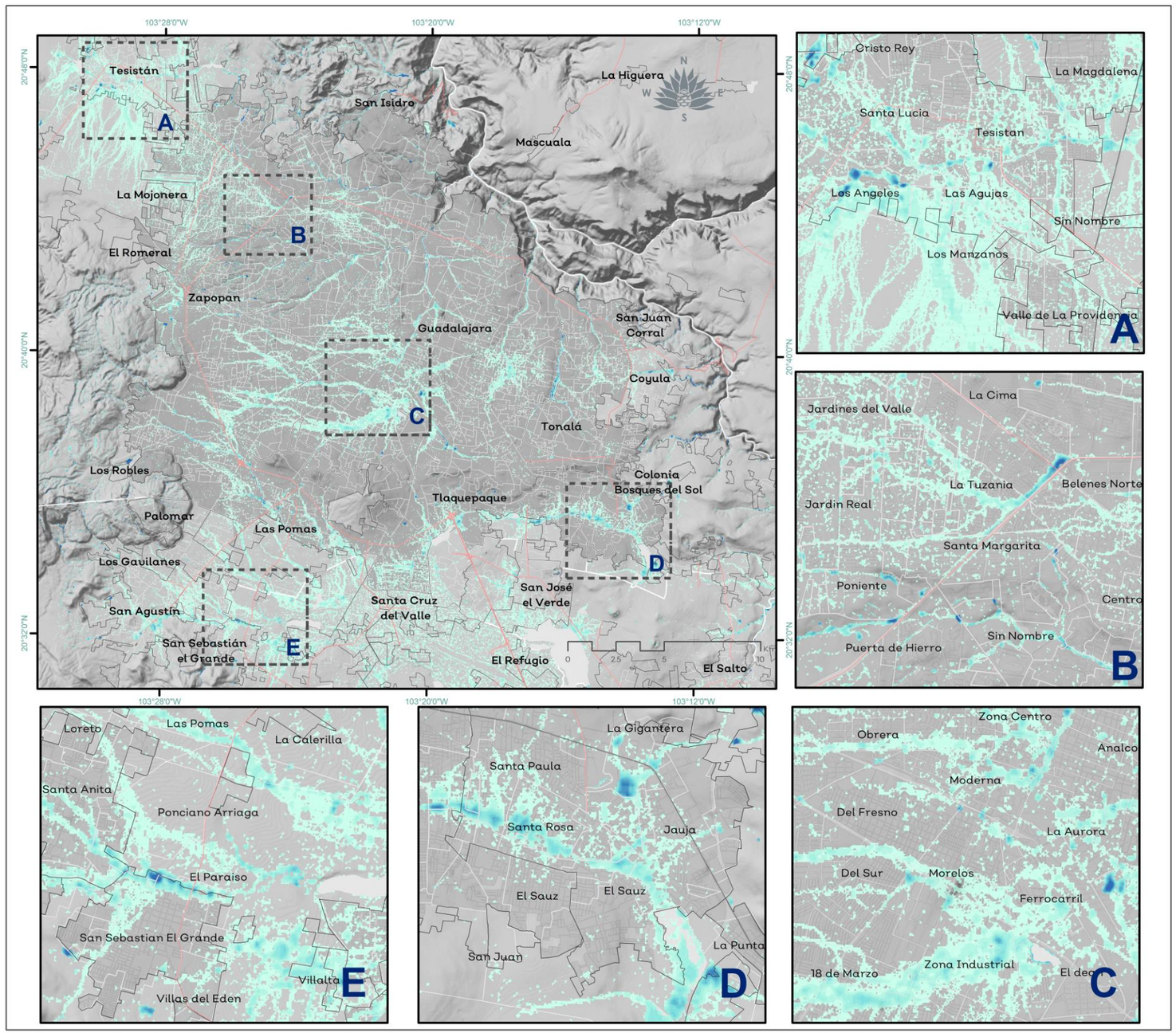
Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
El Briseño	$36,917,989	$2,422,463	$121,123	$2,997,387	$35,969	230
El Colli Urbano	$87,361,990	$1,910,423	$95,521	$3,459,987	$41,520	345
El Húmedo de Nextipac	$8,752,765	$0	$0	$262,583	$3,151	54
El Mante	$16,884,115	$2,407,243	$120,362	$4,065,598	$48,787	107
El Paraíso	$2,099,777	$0	$0	$62,993	$756	7
Francisco Sarabia	$1,445,934	$43,378	$2,169	$43,378	$521	5
Gustavo Diaz Ordaz	$27,056,872	$198,551	$9,928	$811,706	$9,740	150
Haciendas de Zapopan	$13,303,364	$0	$0	$399,101	$4,789	69
Hogares del Batan	$8,156,420	$244,693	$12,235	$244,693	$2,936	30
Indígena de Mezquitan	$3,889,712	$116,691	$5,835	$233,383	$2,801	71
Jardín Real	$194,219,813	$10,071,040	$503,552	$12,877,241	$154,527	1,274
Jardines de Guadalupe	$24,797,360	$481,231	$24,062	$1,014,286	$12,171	85
Jardines de Nuevo México	$39,548,897	$448,857	$22,443	$1,186,467	$14,238	249
Jardines de San Gonzalo	$396,443	$11,893	$595	$11,893	$143	3
Jardines del Sol	$27,830,602	$1,669,840	$83,492	$1,669,840	$20,038	107
Jardines del Valle	$28,306,526	$193,326	$9,666	$849,195	$10,190	121
Jardines Vallarta	$7,730,121	$0	$0	$618,410	$7,421	33
Juan Gil Preciado	$6,788,992	$0	$0	$203,670	$2,444	40
La Alhambra	$8,874,538	$149,170	$7,459	$266,236	$3,195	36
La Calma	$20,008,175	$600,245	$30,012	$600,245	$7,203	83
La Casita	$10,367,167	$311,015	$15,551	$311,015	$3,732	61
La Estancia	$5,916,913	$177,507	$8,875	$177,507	$2,130	20
La Florida	$23,431,954	$888,468	$44,423	$1,431,648	$17,180	141
La Higuera	$2,642,954	$200,865	$10,043	$204,829	$2,458	20
La Huerta	$19,153,651	$0	$0	$574,610	$6,895	82
La Loma	$9,405,668	$136,820	$6,841	$418,989	$5,028	30
La Magdalena	$19,315,575	$865,217	$43,261	$1,055,717	$12,669	116
La Martinica	$10,599,857	$517,126	$25,856	$3,578,931	$42,947	79
La Mora	$11,102,694	$333,081	$16,654	$333,081	$3,997	59
La Reserva	$5,183,334	$155,500	$7,775	$155,500	$1,866	43
La Rumorosa	$1,462,727	$43,882	$2,194	$43,882	$527	11
La Soledad	$132,148	$3,964	$198	$3,964	$48	1
La Toscana	$1,755,392	$52,662	$2,633	$105,324	$1,264	5
La Tuzania	$72,578,998	$1,586,935	$79,347	$2,727,383	$32,729	470
La Victorias	$5,490,866	$0	$0	$164,726	$1,977	26
Las Agujas	$9,929,782	$35,257	$1,763	$333,150	$3,998	71
Las Alamedas	$40,212,085	$1,206,363	$60,318	$1,206,363	$14,476	130
Las Fuentes	$3,794,411	$1,517,760	$75,888	$1,517,760	$18,213	12

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Laureles	$15,758,086	$149,957	$7,498	$472,743	$5,673	97
Loma Bonita	$43,468,638	$431,283	$21,564	$1,387,226	$16,647	150
Lomas de Atemajac	$59,340,568	$2,099,726	$104,986	$7,589,410	$91,073	277
Lomas de La Primavera	$4,386,824	$78,473	$3,924	$151,427	$1,817	31
Lomas de San Gonzalo	$55,600,481	$1,668,010	$83,401	$1,668,010	$20,016	246
Lomas de Tabachines	$2,687,603	$0	$0	$80,628	$968	30
Lomas del Batan	$8,529,667	$233,243	$11,662	$327,072	$3,925	44
Lomas del Seminario	$22,616,316	$123,463	$6,173	$740,221	$8,883	72
Lomas del Valle	$90,795,255	$7,263,620	$363,181	$5,447,720	$65,373	293
Lomas del Vergel	$7,135,477	$233,886	$11,694	$233,886	$2,807	45
Lomas Universidad	$40,127,487	$823,203	$41,160	$1,829,540	$21,954	160
Los Ángeles	$47,033,117	$2,162,703	$108,135	$4,881,647	$58,580	422
Los Cerritos	$266,048	$15,966	$798	$15,966	$192	11
Los Molinos	$4,283,828	$128,515	$6,426	$128,515	$1,542	18
Los Periodistas	$4,110,517	$138,509	$6,925	$345,981	$4,152	29
Los Telares	$2,654,938	$79,648	$3,982	$79,648	$956	18
Mariano Otero	$25,659,576	$680,836	$34,042	$2,593,953	$31,127	186
Mesa Colorada Oriente	$2,079,776	$93,512	$4,676	$97,253	$1,167	22
Mesa de Los Ocotes	$224,262	$6,728	$336	$6,728	$81	6
Miguel de La Madrid	$1,553,898	$46,617	$2,331	$46,617	$559	10
Miramar	$27,696,758	$4,846,297	$242,315	$5,764,862	$69,178	213
Misión del Valle II	$1,089,384	$32,682	$1,634	$32,682	$392	4
Nuevo México	$41,106,620	$3,041,817	$152,091	$3,041,817	$36,502	137
Olivos Residencial	$7,980,996	$374,698	$18,735	$464,876	$5,579	23
Parque de Las Aves	$45,061,728	$1,096,680	$54,834	$1,591,004	$19,092	296
Parque de Las Azaleas	$3,150,214	$252,017	$12,601	$1,260,090	$15,121	10
Parque Real	$35,140,270	$2,063,853	$103,193	$2,618,540	$31,423	159
Parque Sereno	$1,721,705	$51,651	$2,583	$51,651	$620	5
Parques de Tesistán	$6,346,491	$0	$0	$190,395	$2,285	28
Parques de Tesistán III	$10,747,702	$0	$0	$322,431	$3,869	46
Parques Tepeyac	$28,708,889	$861,267	$43,063	$861,267	$10,335	105
Paseos del Briseño	$15,907,185	$1,686,363	$84,318	$2,240,813	$26,890	90
Paseos del Sol	$155,725,077	$4,614,723	$230,736	$5,548,399	$66,581	569
Pino Suarez	$16,782,278	$0	$0	$503,468	$6,042	56
Pirámides	$10,339,958	$336,542	$16,827	$493,894	$5,927	54
Poniente	$3,290,672	$98,720	$4,936	$98,720	$1,185	23
Praderas de San Antonio	$13,483,659	$451,876	$22,594	$743,004	$8,916	62
Prados de Santa Lucia	$9,375,466	$326,274	$16,314	$488,979	$5,868	85

Colonia	Menaje	Pérdidas Periodo de retorno 20 años	Riesgo Periodo de Retorno 20 años	Pérdidas Periodo de retorno 100 años	Riesgo Periodo de Retorno 100 años	Viviendas Particulares Habitadas Afectadas
Puerta de Hierro	$2,796,476	$83,894	$4,195	$83,894	$1,007	10
Puerta del Roble	$2,414,601	$0	$0	$72,438	$869	9
Puerta del Tule	$2,814,376	$168,863	$8,443	$168,863	$2,026	10
Real de Tesistán	$25,006,219	$238,662	$11,933	$750,187	$9,002	94
Real de Valdepeñas	$52,274,178	$499,815	$24,991	$1,568,225	$18,819	171
Rio Blanco	$3,024,144	$999,416	$49,971	$1,028,114	$12,337	18
Royal Country	$264,295	$15,858	$793	$7,929	$95	2
San Esteban	$6,607,386	$47,573	$2,379	$222,008	$2,664	50
San José Ejidal	$396,443	$11,893	$595	$23,787	$285	3
San Juan de Ocotan	$4,647,925	$262,266	$13,113	$1,048,372	$12,580	34
Santa Ana Tepetitlán	$28,884,328	$4,366,315	$218,316	$6,796,830	$81,562	170
Santa Fe	$8,723,950	$257,754	$12,888	$691,308	$8,296	46
Santa Isabel	$7,646,481	$611,718	$30,586	$611,718	$7,341	25
Santa Lucia	$12,188,764	$423,810	$21,190	$577,495	$6,930	87
Santa Margarita Residencial	$11,874,232	$356,227	$17,811	$356,227	$4,275	42
Santa Mónica de Los Chorritos	$132,148	$3,964	$198	$3,964	$48	1
Santa Paula	$8,252,701	$0	$0	$247,581	$2,971	74
Senderos de Tesistán	$3,577,343	$107,320	$5,366	$107,320	$1,288	23
Solares	$1,413,694	$42,411	$2,121	$42,411	$509	25
Tabachines	$63,227,301	$1,896,823	$94,841	$1,896,823	$22,762	301
Tepeyac Casino	$82,463,443	$3,757,018	$187,851	$4,195,107	$50,341	295
Tesistán	$14,335,668	$430,070	$21,503	$944,781	$11,337	88
Valeira	$3,830,999	$229,860	$11,493	$229,860	$2,758	15
Valle de San Isidro	$2,065,267	$123,916	$6,196	$826,107	$9,913	7
Valle de San Nicolas	$16,025,717	$6,410,290	$320,514	$6,410,290	$76,923	60
Valle Imperial	$2,151,448	$0	$0	$64,543	$775	13
Valle Real	$3,876,627	$116,299	$5,815	$116,299	$1,396	18
Venustiano Carranza	$37,725,040	$1,854,707	$92,735	$6,481,637	$77,780	152
Vicente Guerrero	$1,773,861	$8,695	$435	$136,112	$1,633	18
Villa Bonita	$13,782,683	$826,961	$41,348	$1,102,610	$13,231	52
Villa de Guadalupe	$5,153,671	$1,767,085	$88,354	$2,972,275	$35,667	46
Villa La Cima	$4,851,760	$145,553	$7,278	$145,553	$1,747	16
Villas alcalde	$2,486,898	$74,607	$3,730	$74,607	$895	19
Villas Belenes	$22,958,750	$688,763	$34,438	$847,941	$10,175	78
Villas de La Loma	$16,609,626	$0	$0	$498,289	$5,979	82
Villas de La Primavera	$13,432,631	$405,905	$20,295	$405,905	$4,871	74
Villas del Ixtepete	$33,965,865	$227,595	$11,380	$1,719,364	$20,632	126
Villas Perisur	$10,430,788	$351,166	$17,558	$605,562	$7,267	41
Vista Hermosa	$3,924,047	$117,721	$5,886	$117,721	$1,413	17
Volcán del Colli	$1,763,537	$52,906	$2,645	$105,812	$1,270	15
El Bajío	$396,443	$122,897	$6,145	$122,897	$1,475	*
Total	**$2,822,428,522**	**$115,191,849**	**$5,759,593**	**$196,711,104**	**$2,360,534**	13,756

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-15-A

Tirante (m)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



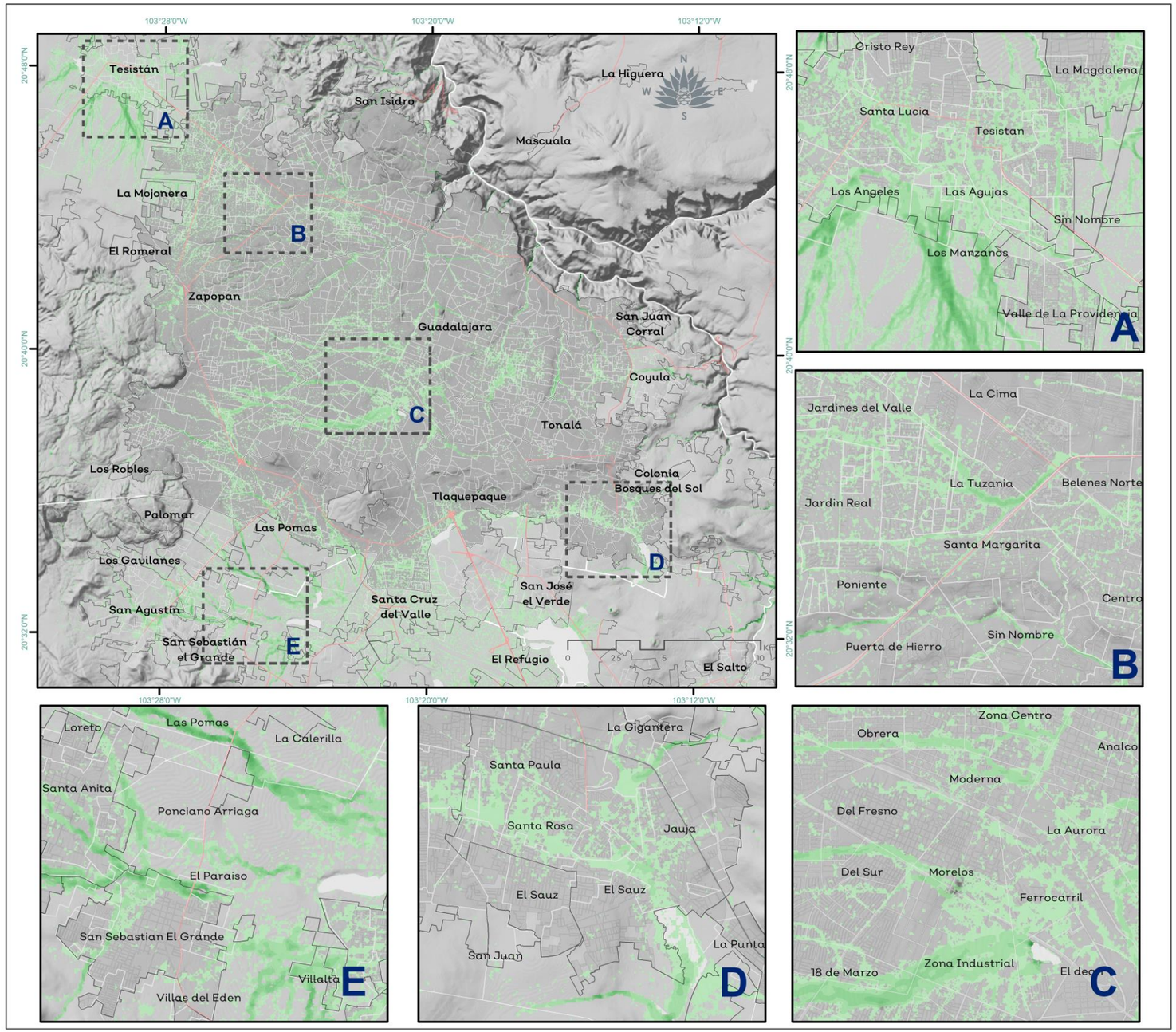
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020 INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:160,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-15-B

Velocidad (m/s)

0 - 0.2	0.8 - 1	1.6 - 1.8
0.2 - 0.4	1 - 1.2	1.8 - 2
0.4 - 0.6	1.2 - 1.4	> 2
0.6 - 0.8	1.4 - 1.6	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



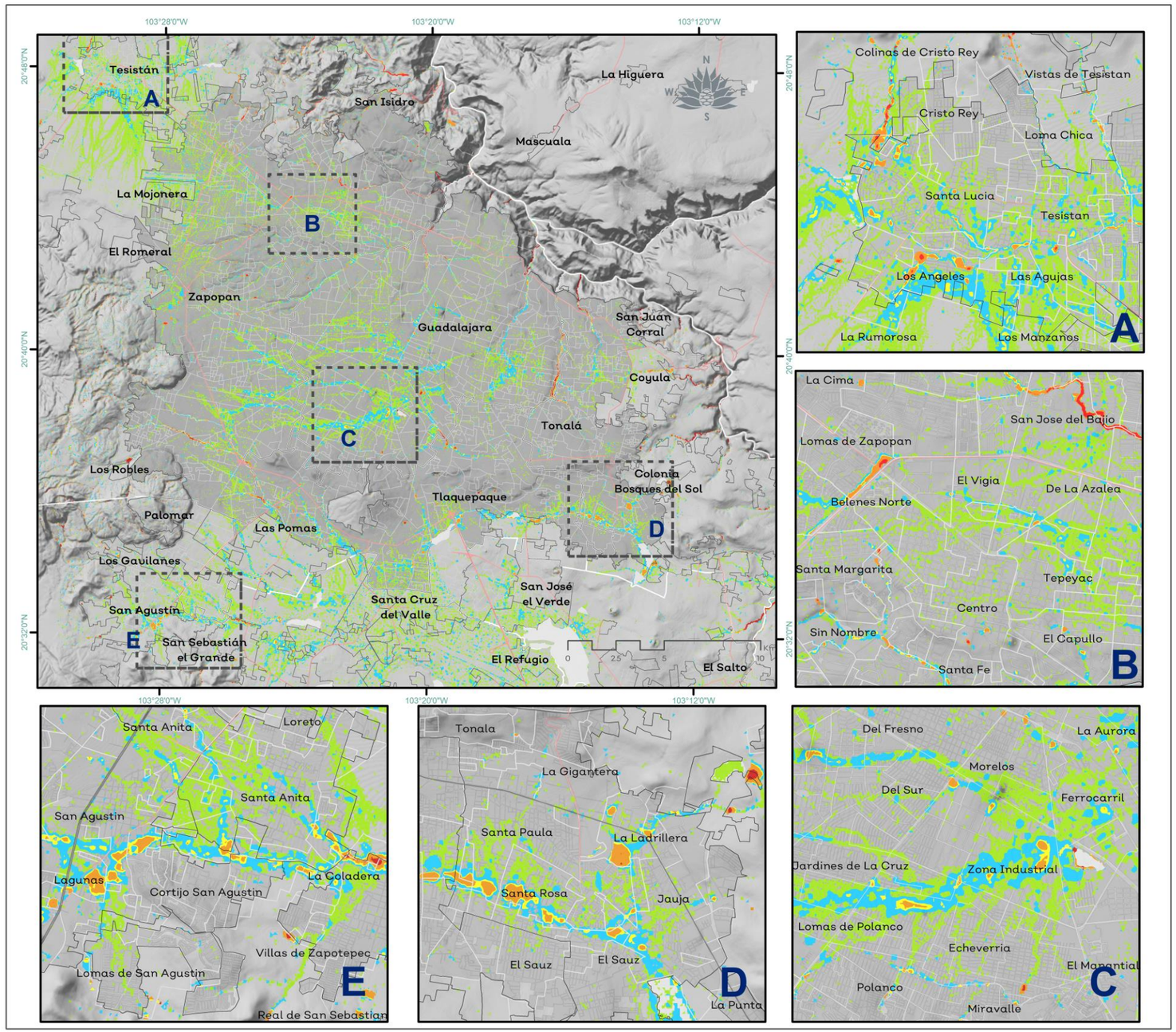
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Severidad
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-15-C

Índices de Severidad

- Muy Alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy Bajo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



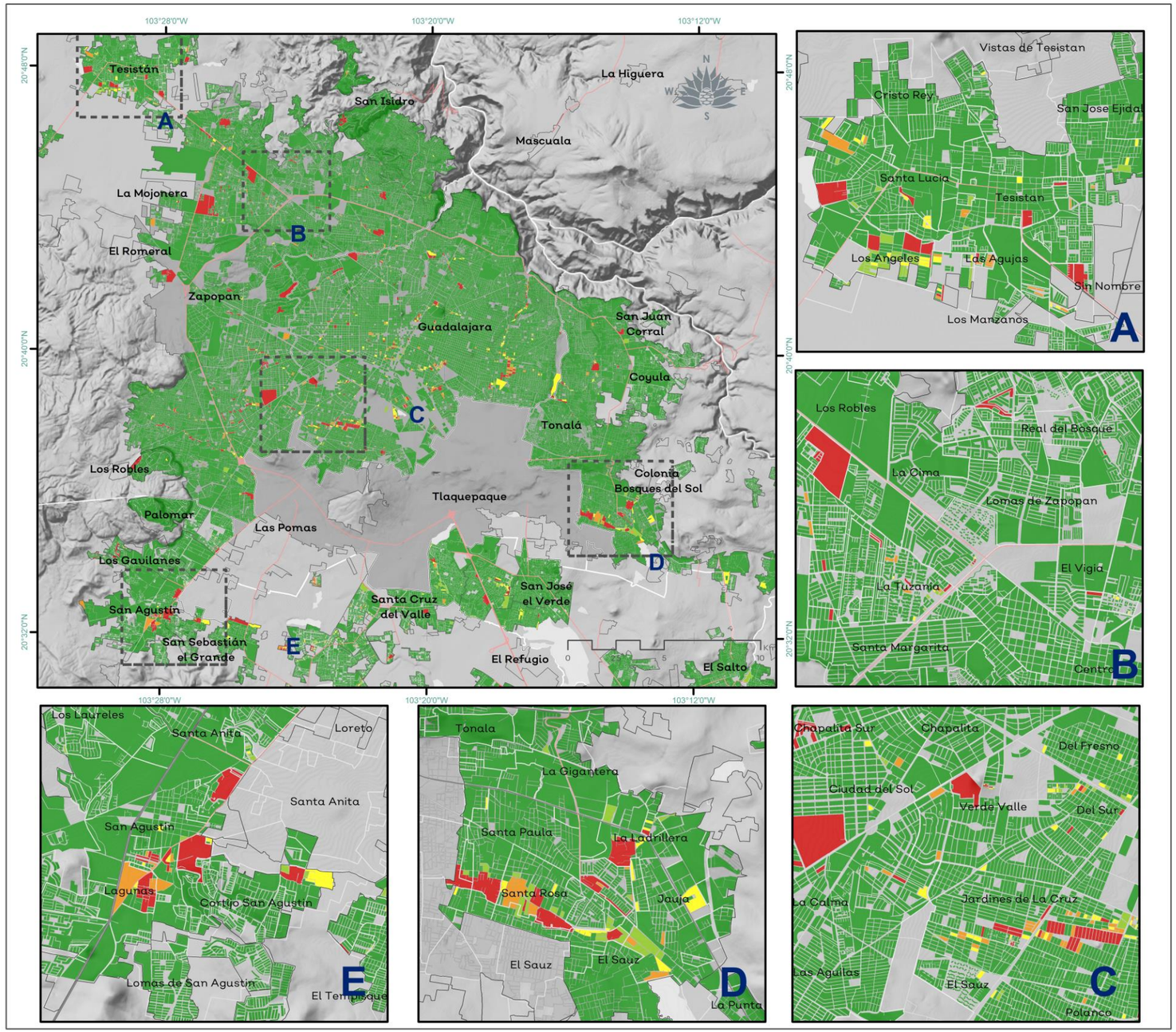
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirante y Velocidad a partir de Modelos Hidráulicos de Inundación en Iber, 2024, Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por Inundación, CONAGUA, 2014. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Inundaciones Pluviales
Zona Metropolitana de Guadalajara
Periodo de Retorno 100 años
HDR-C-15-D

Pesos (mxn)

0.00	2,060.04 - 3,680.45
0.01 - 1,024.47	3,680.46 - 77,460.90
1,024.48 - 2,060.03	

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Zona Urbana

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Censo de Población y Vivienda, 2020, INEGI. Tirante obtenido a partir de modelaciones hidráulicas realizadas en Iber, 2024. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Arroyo Seco

La investigación en Arroyo Seco se erige como un pilar fundamental para comprender la magnitud de los desafíos que enfrenta esta comunidad. Con una población mayoritariamente marginada y con escasos recursos socioeconómicos, los impactos de eventos climáticos como el provocado por "Orlene" se magnifican, exacerbando las vulnerabilidades preexistentes. La infraestructura precaria y la falta de medidas de mitigación adecuadas hacen que Arroyo Seco sea especialmente propenso a sufrir graves consecuencias por inundaciones y deslizamientos de tierra. En este contexto, el trabajo de campo y el vuelo fotogramétrico adquieren una importancia crucial, ya que no solo permiten comprender la dinámica hidrológica de la región, sino que también proporcionan datos precisos para la elaboración de modelos de riesgo que puedan informar políticas públicas y acciones de desarrollo sustentable. Además, esta investigación arrojará luz sobre las disparidades socioeconómicas y las necesidades urgentes de la población, sirviendo como base para intervenciones humanitarias y programas de desarrollo comunitario en el futuro. En suma, el estudio de Arroyo Seco trasciende los límites de la hidrología, convirtiéndose en un instrumento indispensable para abordar los desafíos multidimensionales que enfrenta esta comunidad.

Imagen HDR-C-17. Camino que va hacia la Comunidad de Arroyo Seco



Fuente: Soluciones SIG. 2023

Imagen HDR-C-18. Deslizamiento en casa en la localidad de Arroyo Seco

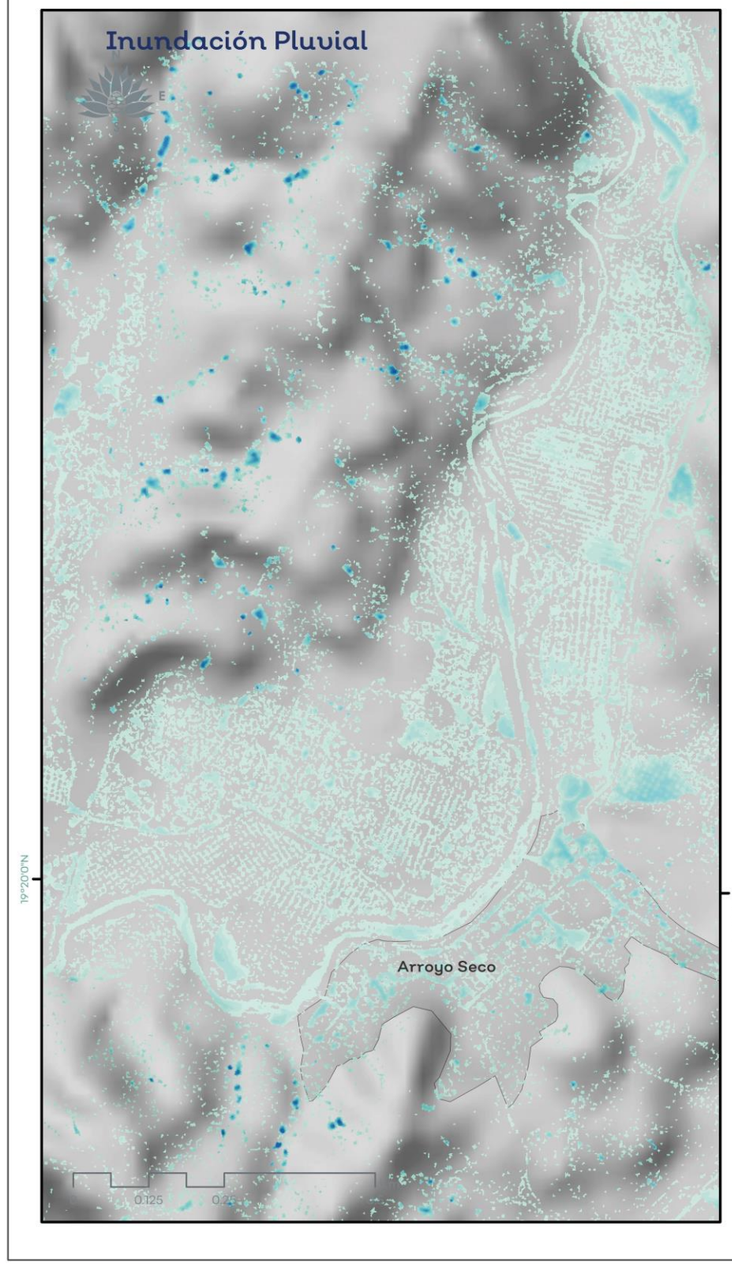


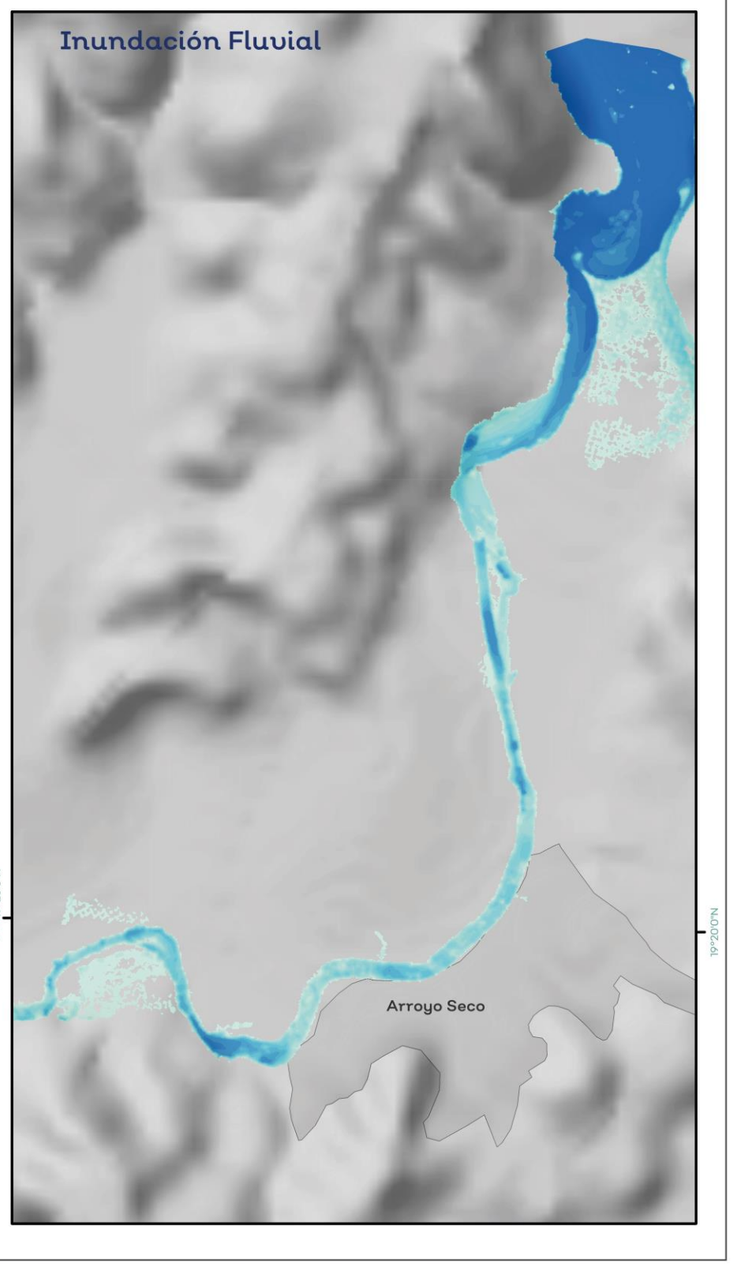
Fuente: Soluciones SIG.

Imagen HDR-C-19. Camino que va hacia la Comunidad de Arroyo Seco



Fuente: El occidental, 2022





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Pluviales e Inundaciones Fluviales
Arroyo Seco
Periodo de Retorno 20 años
HDR-C-16

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.2	1 - 1.2	2 - 2.5
0.2 - 0.4	1.2 - 1.4	2.5 - 3
0.4 - 0.6	1.4 - 1.6	> 3
0.6 - 0.8	1.6 - 1.8	
0.8 - 1	1.8 - 2	

Simbología

Limite Localidad

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:8,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Tirantes obtenidos a partir de análisis hidráulicos, Iber. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.4. Inundaciones lacustres

6.1.4.1. Introducción

Las inundaciones lacustres se refieren al incremento del nivel medio de un cuerpo de agua, como humedales, lagos o lagunas.

Este tipo de inundación puede ser causada por fenómenos naturales como :

- **lluvias intensas:** cuando las precipitaciones son abundantes y no drenan rápidamente, los niveles de los cuerpos de agua aumentan, provocando inundaciones.
- **Deshielo :** El deshielo de nieve o hielo en montañas o regiones frías puede aumentar el caudal de los ríos y lagos, llevándolos a desbordarse.
- **Eventos meteorológicos extremos:** Tormentas, huracanes, tifones o tsunamis pueden generar olas de gran magnitud que derriban barreras naturales o artificiales, permitiendo que el agua ingrese a tierra firme.
- **Actividad humana:** como fallas en infraestructuras hidráulicas:Roturas de presas o diques liberan grandes cantidades de agua de manera repentina, saturando áreas cercanas y causando inundaciones.

6.1.4.2. Antecedentes del Fenómeno

El lago de Chapala forma parte del sistema hídrico de la cuenca Lerma-Chapala y se clasifica como un lago tropical poco profundo. Con una superficie actual que abarca aproximadamente 75 por 22 kilómetros en promedio y una profundidad que varía entre los 6 y 11 metros, este cuerpo de agua es compartido por dos estados: Jalisco, que alberga el 86% de su superficie, y Michoacán, con el restante 14%. Su ribera se distribuye entre diez municipios: Chapala, Jamay, Jocotepec, La Barca, Ocotlán, Tizapán el Alto y Tuxcueca, todos en Jalisco, mientras que Cojumatlán y Venustiano Carranza se encuentran en Michoacán. de Chapala. (Pedroza, C., & Catalán, J. M.,2017).

El desbordamiento del Lago de Chapala ha sido un evento significativo en la historia de la región. Uno de los momentos más notables en 1926. El 16 de enero de 1926, se registró la inundación más grave hasta el momento. Las fuertes lluvias alimentaron a los ríos, depositaron 400 metros cúbicos de agua por segundo, elevando peligrosamente su nivel, situación que se complicó debido a la carencia de infraestructura que se tenía en esa época para poder generar vías de desagüe o redireccionar los flujos a alguna presa. A pesar de las medidas de mitigación que se pudieron aplicar como la de retirar el lirio del cauce del Río Santiago e incluso abrir al máximo los canales de Atequiza y Zapotlanejo, el agua superó las medidas, y el nivel del lago se elevó más de un metro sobre su altura habitual, afectando poblaciones en los estados de Jalisco y Michoacán. Chapala quedó completamente inundada, el desagüe de las calles duró meses, y afectó al patrimonio de muchas familias, además de causar pérdidas costosas en las cosechas. Una de las afectaciones más significativas fue la destrucción de la estación de ferrocarril, cuyos daños en las instalaciones y vías resultaron económicamente insostenibles de reparar. Esta inundación fue la más grave registrada en la zona en el siglo XX y lo que va del presente siglo.

Imagen HDR-D-1. Estación de Ferrocarril de Chapala



Fuente: (Jauregui, 2020).

Imagen HDR-D-2. Inundación por las calles de Chapala, Jalisco



Fuente: (n.d.). MéxicoEnFotos.

Imagen HDR-D-3. CEA Jalisco - Lago de Chapala.



Fuente: (n.d.). MéxicoEnFotos.

Laguna de Zapotlán El Grande

La Laguna de Zapotlán, ubicada en el municipio de Zapotlán El Grande, es reconocida internacionalmente como un humedal de importancia según la Convención Ramsar. Este título se debe a su papel crucial como hábitat de numerosas especies de flora y fauna que son exclusivas de la región. Además de su valor ecológico, el lago también es un atractivo natural destacado que ha sido aprovechado para una variedad de actividades deportivas y recreativas.

Por otro lado, el lago de Zapotlán juega un papel vital en la economía local. La pesca proporciona un recurso alimenticio importante para la población, mientras que las plantas de tule que crecen en sus aguas se utilizan para la elaboración de artesanías y utensilios domésticos. Este uso sostenible de los recursos naturales no solo beneficia a la comunidad en términos económicos, sino que también promueve la conservación de este ecosistema único. Además, la Laguna de Zapotlán tuvo el honor de ser subsede de los Juegos Panamericanos Guadalajara 2011, lo que destaca su relevancia tanto a nivel local como internacional como un centro de actividad cultural y deportiva.

Desde hace más de 10 años, el incremento de los niveles de agua ha sido de consideración, ya que anteriormente el lago tenía una superficie aproximada a las mil 200 hectáreas y ahora son cerca de mil 600 hectáreas de agua lo que ha aumentado por las lluvias registradas en los últimos dos años (guadalajaradigital, 2022).

Imagen HDR-D-4. En Jalisco, desborde en laguna de Zapotlán



Fuente: guadalajaradigital,18 septiembre, 2022.

La tarde del jueves 2 de septiembre la laguna de Zapotlán el Grande cubrió con sus aguas la carpeta asfáltica del Periférico Norte, debido a las lluvias que durante varias horas de la mañana cayeron en la ciudad. El desbordamiento provocado ha sido causa del cierre de la circulación vial en esa zona, previniendo con esto cualquier percance que el tránsito por esta carretera pueda ocasionar a los automovilistas que suelen usar este tramo para trasladarse dentro o fuera de Ciudad Guzmán.

El nivel del desbordamiento es extenso y parece abarcar una gran extensión del trecho carretero. Cabe señalar que esta no es la primera vez, ni parece ser la última, en que el agua de la laguna desborda sus límites para inundar el asfalto causando molestias a los viajeros que constantemente se valen de esta ruta para ir a su destino (lavozsur, 2021).

Imagen HDR-D-5. Cierre de Carretera en Periférico Norte por Desbordamiento de la Laguna



Fuente: La Voz Sur, CIUDAD GUZMÁN, JAL, 2021.

6.1.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo

La evaluación por inundaciones lacustres se realiza mediante el análisis bidimensional de los escurrimientos, especialmente por el ingreso de una avenida hacia una zona lagunar, con la intención de establecer las variaciones de velocidad y cargas (niveles de agua) a lo largo del tiempo en todo el cuerpo de agua, y en caso de desbordamiento, identificar las zonas de inundación y el nivel de afectación de los bienes de un poblado de interés, respecto a periodos de retorno establecidos. En el Lago de Chapala se ejecutó un modelo hidráulico para simular inundaciones bajo diferentes escenarios de precipitación, teniendo el nivel actual de agua en el lago. Y así obtener resultados detallados de las áreas inundadas, los niveles de agua y las velocidades de flujo.

En el caso de la Laguna de Zapotlán, el modelo bidimensional no se realizó debido a los errores presentes en el Modelo Digital de Elevación (DEM) proporcionado por el INEGI. Estos errores pueden incluir imprecisiones en la representación del relieve, lo que afecta la precisión de los análisis hidrológicos y de inundaciones. En su lugar se optó por realizar un análisis utilizando imágenes satelitales en Google Earth Engine. Las imágenes satelitales ofrecen una alternativa más precisa y actualizada para el análisis del terreno y la detección de inundaciones. Estas imágenes permiten observar cambios en la superficie terrestre y el comportamiento del agua en tiempo real, lo que mejora la precisión y confiabilidad de los resultados.

Para crear un mapa de inundaciones utilizando Google Earth Engine, primero definimos el área de interés (AOI) alrededor de las coordenadas específicas, en este caso, un radio de 5 km alrededor de las coordenadas 19.75574185717681, -103.48190450744383. Luego, cargamos la colección de imágenes Sentinel-1, un satélite de la Agencia Espacial Europea (ESA) que proporciona datos de radar. Los datos de radar son especialmente útiles para detectar agua porque pueden penetrar nubes y funcionar tanto de día como de noche. En este caso, utilizamos la polarización VV (Vertical-Vertical), que se refiere a la orientación de la señal de radar transmitida y recibida en la misma dirección vertical, lo que es útil para detectar superficies de agua. Filtramos las imágenes por fecha y características específicas, como la polarización VV, y calculamos la mediana de las imágenes para reducir el ruido. El ruido en las imágenes de radar puede ser causado por diversas fuentes, como interferencias atmosféricas o variaciones en la superficie terrestre. Reducir el ruido es crucial para obtener una imagen más clara y precisa de las áreas inundadas.

A continuación, aplicamos un umbral para identificar las áreas inundadas. Este umbral se basa en el valor de retrodispersión del radar, que es más bajo en las superficies de agua. La retrodispersión del radar se refiere a la cantidad de energía de la señal de radar que es reflejada de vuelta al sensor. Las superficies de agua tienden a tener una retrodispersión más baja porque son más lisas y reflejan la señal de radar en una dirección diferente, en lugar de devolverla directamente al sensor. Al aplicar este umbral, creamos una máscara de agua que resalta las áreas inundadas. Esta máscara se convierte en una colección de características que representa las áreas inundadas. Este proceso permite identificar y mapear áreas afectadas por inundaciones de manera eficiente y precisa, utilizando datos satelitales y herramientas de procesamiento geoespacial avanzadas.

6.1.4.4. Peligro

Para enfrentar las inundaciones lacustres, hemos utilizado la información de las isoyetas publicadas por el Instituto de Ingeniería de la UNAM. Estos datos son clave para crear curvas de intensidad, duración y frecuencia, que son herramientas analíticas vitales. Estas herramientas nos ayudan a estimar qué tan probable es que ocurran lluvias intensas en distintos periodos de tiempo.

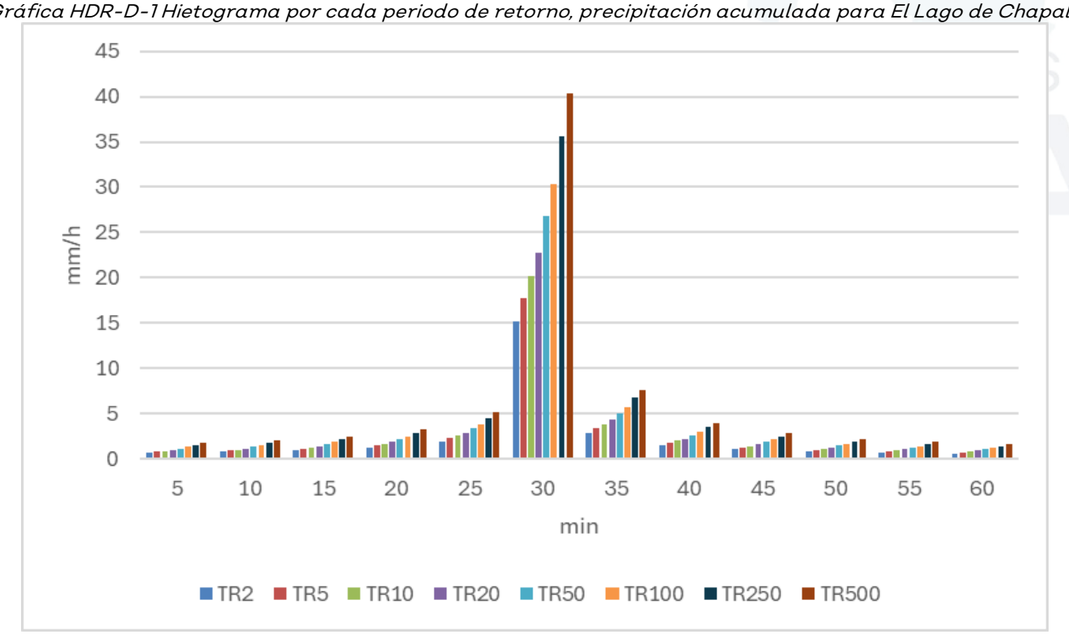
En nuestra investigación, aplicamos hietogramas para ilustrar cómo cambia la intensidad de la lluvia a lo largo del tiempo, capturando así la dinámica de las precipitaciones en la región estudiada, ya que se estudió las cuencas que influyen en el lago y muchos de ellos no pertenecen al territorio del municipio. Debido a la amplia variabilidad de las lluvias de la cuenca, decidimos diseñar varios hietogramas que detallan específicamente estas variaciones. Los hietogramas que empleamos se muestran a continuación.

Tabla HDR-D-1. Precipitación acumulada para el Lago de Chapala

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	0.65	0.76	0.86	0.98	1.15	1.30	1.53	1.73
10	0.76	0.89	1.01	1.14	1.35	1.52	1.79	2.03
15	0.93	1.09	1.24	1.40	1.65	1.86	2.19	2.48
20	1.23	1.44	1.63	1.85	2.17	2.46	2.89	3.27
25	1.92	2.26	2.55	2.89	3.40	3.85	4.52	5.12
30	15.13	17.80	20.14	22.77	26.80	30.31	35.67	40.34
35	2.86	3.37	3.81	4.31	5.07	5.73	6.75	7.63
40	1.48	1.75	1.98	2.24	2.63	2.97	3.50	3.96
45	1.06	1.24	1.40	1.59	1.87	2.11	2.49	2.81
50	0.84	0.98	1.11	1.26	1.48	1.67	1.97	2.23
55	0.70	0.82	0.93	1.05	1.24	1.40	1.65	1.86
60	0.61	0.71	0.81	0.91	1.07	1.21	1.43	1.62

Fuente: Soluciones SIG.

Gráfica HDR-D-1 Hietograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada para El Lago de Chapala



Fuente: Soluciones SIG.

Resultados

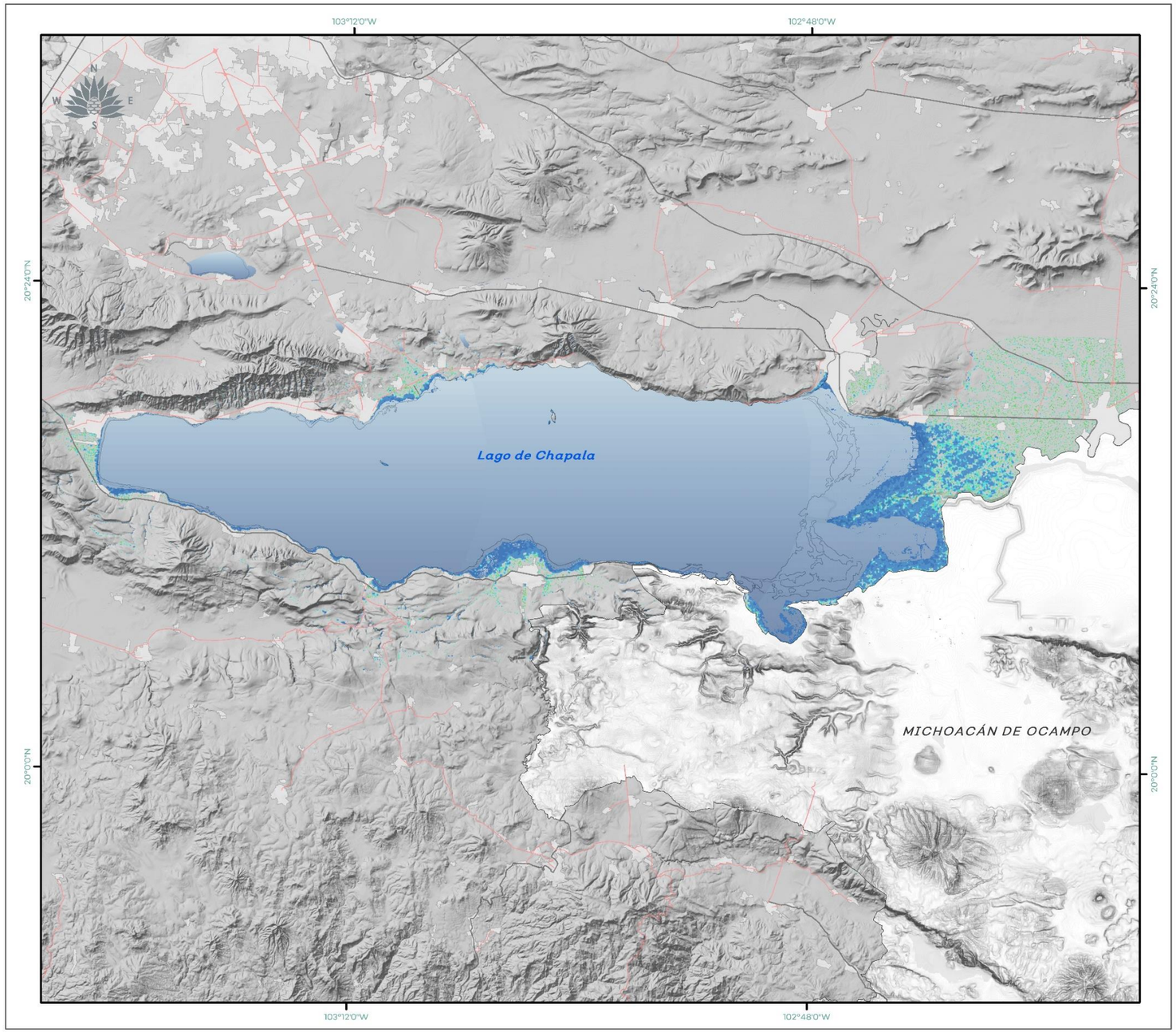
Lago de Chapala

El Lago de Chapala, ubicado en el estado de Jalisco, México, es el cuerpo de agua más grande del país y juega un papel crucial en el ecosistema local y la economía regional. Aunque es poco común que el lago alcance niveles de inundación significativos, datos históricos revelan episodios excepcionales. En ciertos años, como 1926, 1979 y 1993, las precipitaciones extremas llevaron al lago a niveles que amenazaron con desbordarse, inundando áreas adyacentes y afectando comunidades ribereñas.

Con las modelaciones efectuadas es poco probable este escenario debido a los niveles del Lago de Chapala. Pero en un caso extremo y con la recuperación la probabilidad será más baja. A partir de datos históricos y simulaciones hidráulicas efectuadas se distinguen las siguientes zonas de riesgo. En Jocotepec, las zonas con riesgo son Chantepec y San Juan Cosalá, ante el incremento del nivel del agua, podría desbordase entre 20 y 30 metros afuera, afectando a tanto a comercios como zonas habitacionales. En la zona conocida como la Laguna, el desborde de agua será de 200 a 500 metros. En Chapala, las localidades afectadas serian Ajijic y San Antonio Tlayacapan, con afectaciones principales en áreas turísticas, comercios y zonas no urbanizables, como parques y cultivos. En Tlayacapan, las inundaciones podrían alcanzar las calles Paseo del Lago y parte de la Avenida de La Ribera. En el centro de Chapala, las calles afectadas serian Paseo Ramón Corona, Gonzales Gallo y Guerrero. Además, el agua afectaría el Aeródromo de Chapala. Localidades aledañas como San Pedro Itzicán, Mezcala, Cuesta de Mezcala, San Pedro Itzican en el municipio de Poncitlán también estarán en riesgo con un ingreso de 30 a 50 metros de agua. Las áreas más vulnerables son aquellas ubicadas en llanuras de inundación, zonas bajas usualmente utilizadas como zonas de cultivo, ubicadas en la parte este del lago de chapala, en la desembocadura del Rio Lerma.

Laguna de Zapotlán

La laguna de Zapotlán se encuentra en una cuenca endorreica. Esto significa que no tiene salida natural hacia el mar y, en cambio, recibe agua principalmente de ríos y arroyos dentro de su propia cuenca. Dado su historial, el desbordamiento de la laguna de Zapotlán ha tenido consecuencias significativas en la región. El agua de lluvia que llega a la laguna arrastrar una cantidad considerable de sólidos, lo que provoca el desbordamiento del cuerpo de agua además de un asolvamiento importante. La deforestación, invasión territorial, cambio climático y alteración del uso del suelo han contribuido a que grandes cantidades de lodo lleguen a la laguna, afectando más de 500 hectáreas de tierras agrícolas. Otras afectaciones son el cierre del Libramiento Periférico Sur, la invasión de agua del Polideportivo Ciudad Guzmán a cargo del Consejo Estatal para el Fomento Deportivo (CODE Jalisco). Un problema futuro es la invasión de agua en la mayoría de los ranchos en La Cofradía, en Gómez Farías y la carretera federal 401el cual fue sometida a un nuevo trazo precisamente por este problema. Tras el análisis de las imágenes satelitales, el área de inundación permanente se extenderá hacia el sur, hacia ciudad Guzmán, cercano a el condominio, Colonia El Alto, afectando el rancho Cimarrón, El Mezquital, Talpita, un aproximado de 531 hectáreas.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Lacustres
Lago de Chapala
HDR-D-01

Leyenda Temática

Tirante (m)

0 - 0.1	0.4 - 0.5	1 - 2.5
0.1 - 0.2	0.5 - 0.6	2.5 - 4.5
0.2 - 0.3	0.6 - 0.8	
0.3 - 0.4	0.8 - 1	

Simbología

- Localidades
- Limite Estatal
- Cuerpo de agua

Ubicación



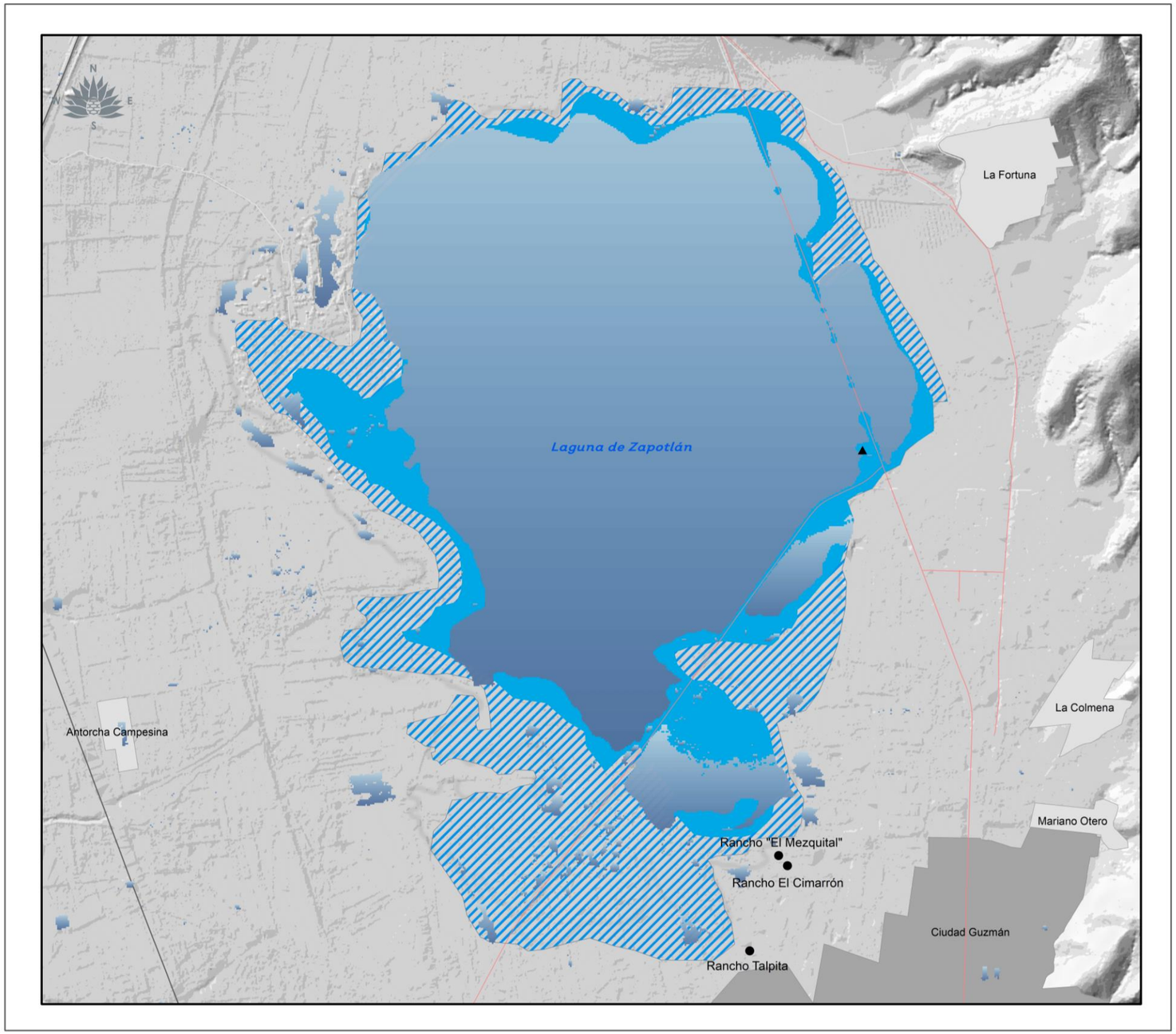
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Modelación hidráulica realizada en Iber a partir de datos hídricos del Siatl, INEGI y Conagua.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022, Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inundaciones Lacustres
Laguna de Zapotlán
HDR-D-02

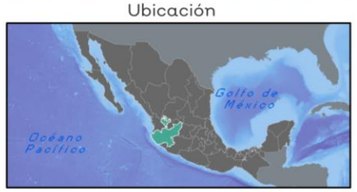
Leyenda Temática

- Lago Condiciones de Junio 2024
- Área de Inundaciones Esperada
- Área de Inudaciones Extrema
- Rancherías
- Polideportivo CODE Zapotlán el Grande

Simbología

- Límite del Lago de Chapala
- Localidades
- Limite Municipal
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Modelación hidráulica realizada en Iber a partir de datos hídricos del Siatl, INEGI y Conagua.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.5. Tormentas de granizo

6.1.5.1. Introducción

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve en las nubes de tipo *cumulunimbus* son arrastrados por corrientes ascendentes y descendentes de aire, debido a que se vuelven demasiado pesadas para ser mantenidas por las corrientes de aire, se desprenden y caen hacia la superficie en tamaños que van desde los 5 a los 40 milímetros de diámetro (CENAPRED 2021).

Imagen HDR-E-1. Formación del granizo

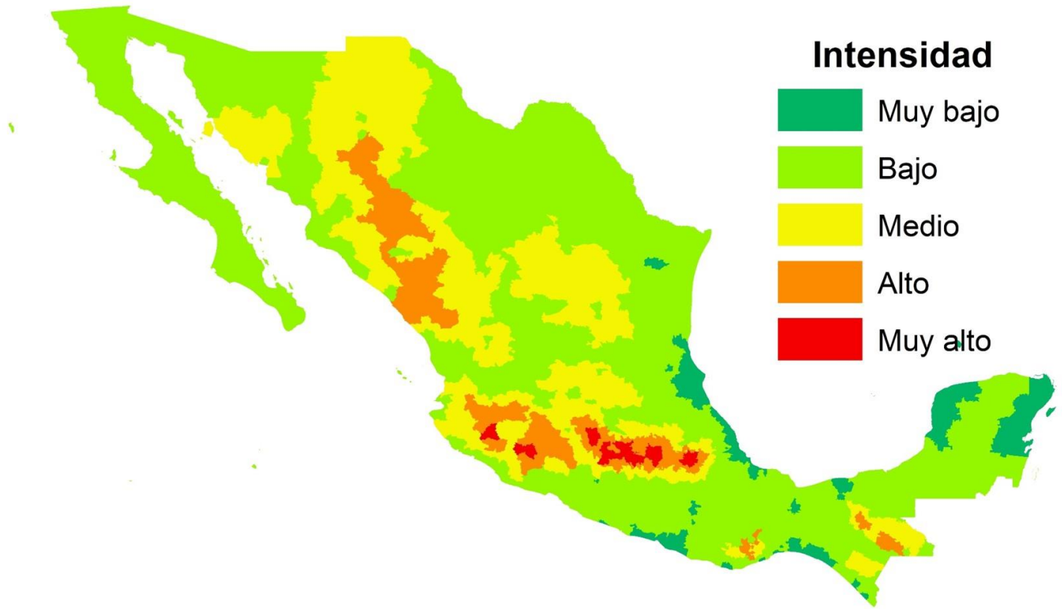


Fuente: gob.mx/Conagua

En la República Mexicana se registran granizadas principalmente en la región del altiplano, particularmente en los valles de la porción sur de éste y en la Sierra Madre Occidental, así como en la Sierra Madre del Sur y algunas regiones de Chiapas, Guanajuato, Durango y Sonora. Las ciudades que con mayor frecuencia son afectadas, son Puebla, Pachuca, Tlaxcala, Zacatecas y la ciudad de México donde se tiene la mayor incidencia durante los meses de mayo, julio y agosto (CENAPRED, 2012).

Las zonas con mayores afectaciones suelen ser las rurales, ya que las piedras de hielo destruyen los plantíos causando grandes pérdidas económicas. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte. Cuando existe una gran acumulación en las alcantarillas pueden generar inundaciones o encharcamientos. Hay que enfatizar que la magnitud de los daños que puede provocar este fenómeno hidrometeorológico está aunada a su cantidad, tamaño y frecuencia.

Imagen HDR-E-2. Intensidad de las granizadas en México



Fuente: CENAPRED, 2010.

6.1.5.2. Antecedentes del Fenómeno

Los antecedentes se plantean a partir de la búsqueda de noticias sobre la presencia del fenómeno en el Estado se elaboró una línea del tiempo, en la cual se hace una breve descripción acompañada de imágenes referentes al acontecimiento.

28 de julio 2017

Fuerte tormenta de granizo cubrió calles de Guadalajara, lo que provocó caos vial en avenidas como Av. Niños Héroes, 16 de septiembre, Federalismo y Mariano Otero. En Zapopan la granizada ocasionó tráfico En Paseo Andares



9 de mayo 2018

Granizada atípica en Sayula, cubrió de hielo la cabecera municipal, causando inundaciones y daños menores en viviendas. También hubo afectaciones en la carretera libre de Guadalajara en su paso por el municipio (La voz,



30 de junio 2019

Histórica granizada en Guadalajara que alcanzó uno a metro y medio de altura, dejando afectaciones como caída de árboles, inundaciones y vehículos cubiertos por aguanieve, así como 249 viviendas, en las cuales ingresó agua y granizo por los drenajes al interior de la vivienda en la colonia el Rancho Blanco y



29 de julio 2019

Granizada por la madrugada del domingo en Zapotlán El Rey, la cual duró unos minutos, deteniendo el tráfico en carreteras aledañas, ya que congeló el piso. Además, el acumulado de hielo bloqueó la entrada a casas (El Occidental, 2019).



4 de agosto 2019

Tormenta de granizo que dejó tamaños de hielo de una pelota pequeña, esto en el municipio de Zapopan. Debido al gran tamaño provocó afectaciones en colonias como Mariano Otero, Garabato y Bosques de Vallarta, entre otras (Excelsior, 2019).



6 de mayo 2020

En Ciudad Guzmán, en la zona Atequizayán, por la tarde-noche tuvieron una fuerte granizada, en donde se reportaron varías víctimas, además daños en parcelas y huertas (La voz, 2020).



8 de julio 2022

Granizada en Guadalajara, Zapopan y municipios aledaños, el tamaño del granizo se comparó con el tamaño de una moneda de diez pesos. Esto causó afectaciones viales y acumulación de granizo en techos de viviendas (La Razón, 2022).



12 de julio 2022

Las calles de Arandas se cubrieron de granizo, se registró hasta 60 cm de hielo acumulado, debido a que algunas alcantarillas fueron bloqueadas debido a la basura que se tira en las calles (El Diario, 2022).



22 de julio 2022

El norte de Guadalajara y Zapopan fue afectado por la caída de granizo, que ocasionó que varios semáforos se apagaran, además el estadio de béisbol se cubrió de hielo, todo esto en zona Parres Arias (UDG TV, 2022).



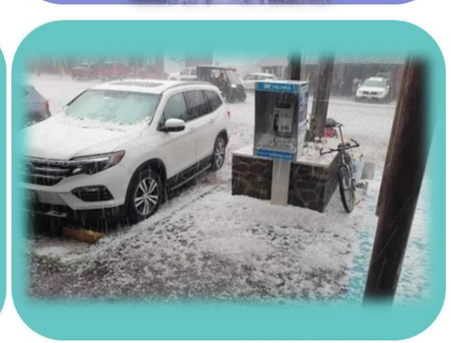
7 de octubre 2022

En Zapopan se presentó una intensa granizada, Protección Civil atendió llamado de emergencia en el fraccionamiento Bugambilias, donde el hielo cubrió calles, banquetas y jardines (Informador, 2022).



17 de junio 2023

En Mazamitla y Tepatitlán comenzó la primera lluvia de temporal, varios vecinos reportaron la caída de hielo en distintas zonas del municipio (Quadratin, 2023).



En base a los antecedentes presentados anteriormente se entiende que dos de los eventos con mayor intensidad fueron el del 30 de junio del 2019 y el del 12 de julio de 2022, es por ello que se extiende mayor información para dichos eventos.

De acuerdo a una nota periodística en Tikitakas, (2019), durante la madrugada se registró del 30 de junio una lluvia atípica que duró entre 20 y 30 min, lo que ocasionó que en varias partes de la zona metropolitana se alcanzaran casi el metro de altura. Además de ocasionar las caídas de árboles, inundaciones y vehículos cubiertos por agua nieve.

Rancho Blanco y la Zona Industrial fueron dos colonias principalmente atendidas por Protección Civil Jalisco. De igual manera la circulación en avenidas importantes como Calzada Lázaro Cárdenas y Fuelle se vio afectada por la gran acumulación de granizo. Y en avenida Mariano Otero se presentó la caída de un árbol (Tikitakas, 2019).

Ante la grave situación el Ejército Mexicano, autoridades municipales de Guadalajara y Tlaquepaque, así como el Gobierno de Jalisco trabajaron en conjunto para la limpieza y remoción de granizo con maquinaria pesada en la vía pública (Tikitakas, 2019).

Imagen HDR-E-3. Compilado de imágenes de granizada del 30 de junio 2019



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de la nota periodística de Tikitakas, 2019.

El 12 de julio del 2022 el municipio de Arandas se vió fuertemente afectado, ya que aquí al menos tres colonias se cubrieron aproximadamente de 30 cm de hielo. Entre ellas se encuentran la colonia Mexiquito, Centro y Lagunitas. En al menos seis viviendas de estas colonias se registró que el granizo y el agua causaron grandes afectaciones. Es por esto que Protección Civil y Bomberos de Arandas trabajaron en diferentes zonas para retirar la gran cantidad de hielo en las calles. También hicieron recomendaciones a los habitantes del municipio, como revisar los bajantes de las azoteas y verificar que no estén obstruidos, ya que la estructura de las casas puede sufrir daños por el acumulado de granizo (El Occidental, 2022).

Imagen HDR-E-4. Compilado de imágenes de granizada del 12 de julio del 2022



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de las notas periodísticas Debate y Publimetro, 2022.

En la tabla HDR-F-1 se muestran incidencias recopiladas por parte de la Unidad de Protección Civil y Bomberos del Estado de Jalisco. En esta base de datos se desglosa información sobre sitios donde se presentó el fenómeno, indicando el nombre del municipio, la localidad y la fuente que generó la información.

Tabla HDR-E-1. Incidencias de tormentas de granizo en el Estado de Jalisco

Nombre del municipio	Nombre de la localidad	Fuente
Cuautitlán de García Barragán	Cerro prieto	Trabajo de campo de la UEPCBJ 2006
Cuautitlán de García Barragán	San miguel	Trabajo de campo de la UEPCBJ 2006
Cuautitlán de García Barragán	Guayabera	Trabajo de campo de la UEPCBJ 2006
Tonila	Tenexcamilpa	información municipal
Tonila	La Cofradía	información municipal
Tuxpan	Atenquique	información territorial
Tuxpan	Tuxpan	información municipal
Autlán de Navarro	Mezquitán (San Francisco de Abajo)	Trabajo de campo 2006 UEPCBJ
Autlán de Navarro	Agua Hedionda	Trabajo de campo de la UEPCBJ 2006
Atengo	Cofradía de Lepe	Trabajo de campo 2006, UEPCB
Atengo	Yerbabuena	Trabajo de campo 2006, UEPCB
San Sebastián del Oeste	Hostotipac (Real Alto de Oxtotipac)	Parte de novedades de la UEPCBJ 2006
Atoyac	Cuyacapan	información municipal
Atoyac	Los Amoles	información municipal
Atoyac	San Sebastián	información municipal
Ixtlahuacán del Río	Ixtlahuacán del Río	Archivo UMPC
Atotonilco el Alto	Atotonilco el Alto	UMPC
Jesús María	Jesús María	Trabajo de campo 2006, UMPC

Fuente: Elaborado por soluciones SIG

La granizada el día 30 junio del 2019, explica Elizabeth Ramos del Servicios Meteorológico Nacional que este evento se debe a una serie de factores que confluyeron (BBC, 2019):

- Una cuña de baja presión que afectaba la zona y que desde niveles muy bajos de superficie hasta los 10-20 Km.
- El ingreso desde el Golfo de México de una masa de aire cálido y húmedo que venía desde el este y se encontró con esta perturbación.
- La propia orografía del terreno, dado que el Estado de Jalisco tiene una zona de sierra muy importante.

Al darse esta conjugación de aire seco y húmedo del Golfo de México con esta perturbación, se generan nubes de gran desarrollo vertical. Las nubes alcanzaron hasta los 18 Km de altura y dentro de ellas comenzaron los núcleos de hielo. Una nube mientras más alta sea, mayor será la generación de granizo.

Este tipo de fenómeno en el Estado es muy raro y el cual no se presentaba desde hace 20 años, sin embargo, la zona donde ocurrió se encuentra una zona llamada “corredor del granizo”, que hace que la lluvia se convierta en hielo, y sea un fenómeno más común.

Este fenómeno cuando ocurre con mayor intensidad en el Estado, se debe a que el corredor de granizo se extiende desde el Estado de Jalisco y Michoacán, cruzando todo el país por el eje volcánico, llegando hasta la Sierra de Veracruz y al menos cinco veces al año se producen granizadas (BBC, 2019).

En verano es un momento para la formación de las nubes que dan origen al granizo, ya que las temperaturas altas hacen que se genere un aire cálido, húmedo, alimentando a las nubes de gran desarrollo vertical, formando el granizo, explica Elizabeth Ramos.

6.1.5.3. Metodología y Memoria de Cálculo

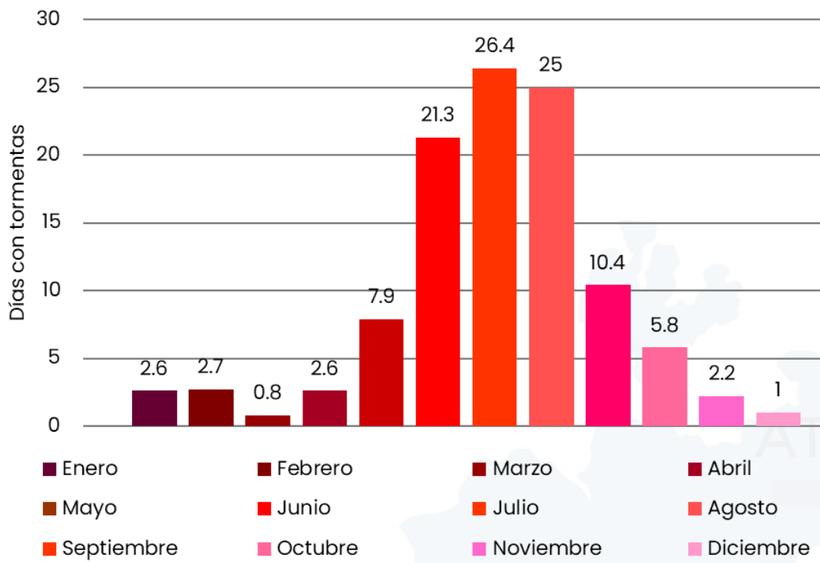
Para el análisis de Índice por Peligro de Tormentas de Granizo (IPNG) se consultaron las estaciones meteorológicas tomando las Normales Climatológicas del periodo 1951 – 2010 del Servicio Meteorológico de CONAGUA. En dichas estaciones se cuenta con un registro mensual de ocurrencia del fenómeno, así como un promedio de los días que anualmente ocurre dicho fenómeno. Para ello se tomaron en cuenta estaciones dentro del Estado, con el fin de tener estaciones con datos de calidad para realizar el análisis.

Las bases de datos elaboradas a partir de la información de las estaciones meteorológicas son un insumo para calcular la ocurrencia del fenómeno en el sitio, y lo que nos puede dar un resultado sobre el peligro que hay para el Estado de Jalisco.

En este estudio se utilizaron las Normales climatológicas del periodo 1981-2010, en este periodo de 30 años las estaciones cuentan con un mayor registro, pero no todas fueron consideradas ya que existen algunas con espacios vacíos de información.

En la gráfica HDR-F-1 se puede visualizar un acumulado de la ocurrencia del fenómeno por cada mes del año, a partir de las estaciones seleccionadas para el análisis, para entender cómo es que se distribuyen las tormentas de granizo durante todo el año del periodo 1981 - 2010. Con esto podemos entender que los meses donde se puede presentar con mayor frecuencia el fenómeno va de junio hasta agosto.

Gráfica HDR-E-1. Acumulado de los meses con días de granizo periodo 1981-2010



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de datos de CONAGUA, 2024

Los datos recopilados se utilizaron para obtener el mapa de índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG) para el Estado. Se trazaron isolíneas con valores del número de días con tormentas de granizo anualmente, mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica ArcGis 10.7.

Para la interpolación se utilizó la herramienta geoestadística IDW, que interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia de inversa ponderada. Este se limita al rango de valores utilizados para la interpolación, y el promedio no es mayor que la entrada máxima o inferior que la entrada mínima.

De acuerdo a los valores obtenidos de la interpolación se categorizaron los valores a partir de un rango que CENAPRED establece para el índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG), el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con granizo del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007) donde se manejan los siguientes intervalos que se observan en la tabla HDR-F-2.

Tabla HDR-E-2. Número de días con granizo

Días
>5
2-5
1-2
0-1
Sin granizo

Fuente: CENAPRED, 2012.

A los valores anteriores se les asignó un valor, calculado a partir de las diferencias de los límites superiores de los intervalos de los números de días con granizo, además se calculó el índice a partir de cada valor dividido entre el dato más alto, obteniendo la siguiente tabla HDR-F-3.

Tabla HDR-E-3. Índice de peligro por granizadas

Número de días con heladas	Valor	índice	Categoría
>5	7.5	1.00	Muy alto
2-5	3.5	0.47	Alto
1-2	1.5	0.20	Medio
0-1	0.5	0.07	Bajo
Sin granizo	0	0	Muy bajo o nula

Fuente: CENAPRED, 2012

6.1.5.4. Peligro / Susceptibilidad

A partir del análisis elaborado se obtuvieron resultados del índice de peligro por tormentas de granizo, el cual muestra que para el Estado se presenta un peligro Bajo, Medio, Alto y Muy alto, siendo el peligro Bajo el que mayor predominancia tiene dentro del territorio.

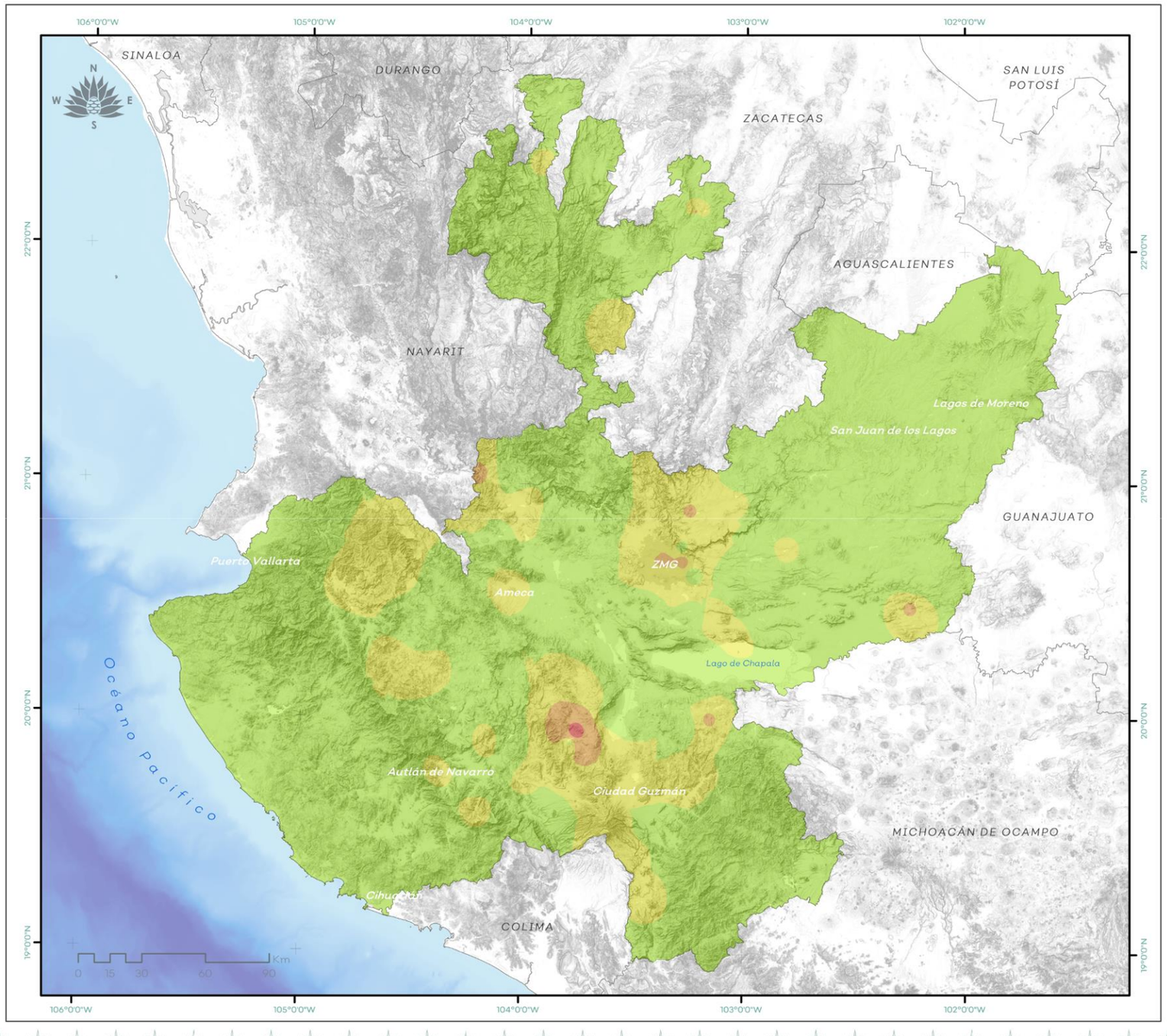
El peligro Bajo que implica de 0 a 1 día con tormentas al año abarca en todas las regiones del Estado, pero principalmente en Costa Sur, Altos Norte, el Norte, Costa Sierra Occidental, Sur, entre otras.

El peligro Medio implica de 1 a 2 días con tormentas al año, concentrándose en la mayoría de las regiones del centro del Estado, con mayor predominancia en la región Centro, Sur, Lagunas, Sierra Amula y Costa Sierra Occidental.

El peligro Alto donde se presentan de 2 a 5 días con tormentas al año, presentándose en ciertas regiones como Valles, Lagunas, Centro, Sureste y Ciénega, pero este peligro en menor amplitud dentro del territorio.

Para el peligro Muy alto que va de los 5 días o más con tormentas al año, presentándose solo en la Región Lagunas, dentro de la zona urbana del municipio Tapalpa.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro por Tormentas de Granizo
HDR - E - 01

Leyenda Temática

Intensidad

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

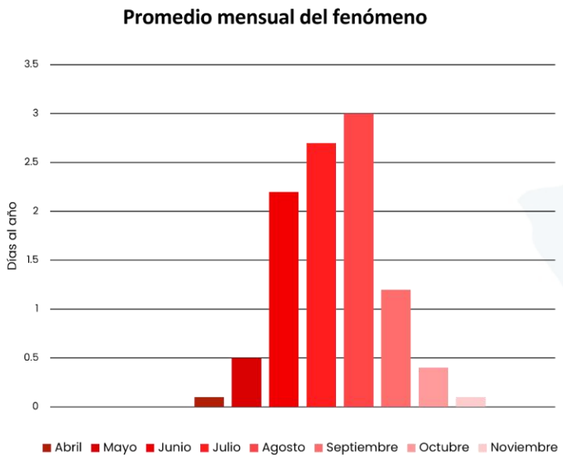
Junio 2024

A continuación, se describen algunos municipios en dónde se presenta con mayor frecuencia el fenómeno de tormentas de granizo en el Estado, mostrando la intensidad del peligro, así como una gráfica que ayuda a entender en qué meses se ha presentado con mayor frecuencia este fenómeno, así como algunas localidades y algunas colonias que se ven afectadas.

Índice de Peligro por Tormentas de Granizo en Guadalajara

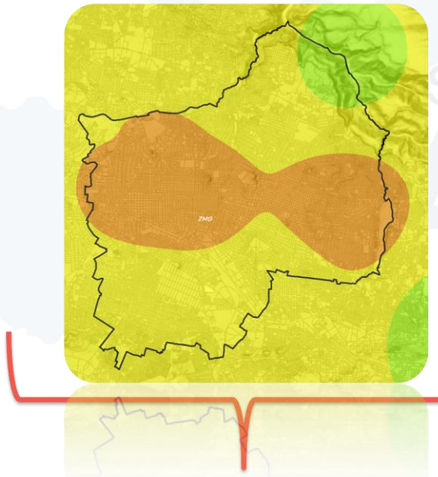
Guadalajara es uno de los municipios con un Alto peligro de Granizadas para la zona centro del mismo, teniendo de 2.1 a 2.9 días al año, de igual manera se presenta con peligro medio para las zonas Norte y Sur, con 1.3 a 2 días de tormentas al año.

De acuerdo con la gráfica del promedio mensual de tormentas, se observa que los meses donde se ha presentado éste va de abril a noviembre, siendo los meses de junio, julio y agosto con mayor frecuencia de granizadas. Este fenómeno puede tener afectaciones de peligro medio en las colonias Americana y Miravalle y las localidades de El Sauz, Jardines de la Cruz, Rancho Nuevo y Heliodoro Hernández Loza. Con un peligro Alto afecta a las colonias de Ladrón de Guevara, Huentitán el Alto, Santa Cecilia, Tetlán, San Juan Bosco, el barrio San Juan de Dios y la localidad San Andrés.



Medio
- Col. Americana
- El Sauz
- Miravalle
- Jardines de la Cruz
- Rancho Nuevo
- Heliodoro Hernández Loza

Alto
- Ladrón de Guevara
- Huentitán el Alto
- Colón Industrial
- Santa Cecilia
- Tetlán
- San Andrés
- San Juan Bosco
- San Juan de Dios



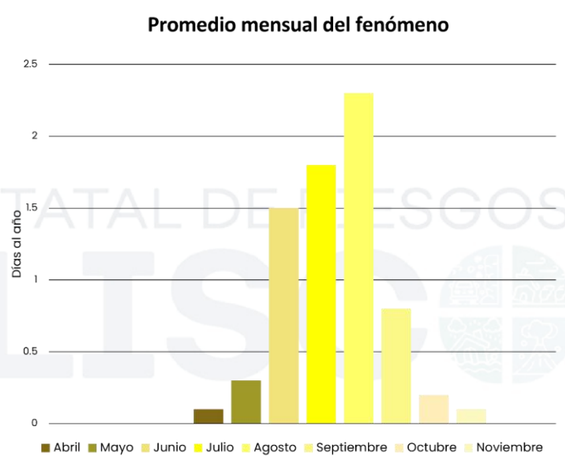
Número de días con granizadas	IPTG
1.3 - 2	Medio
2.1 - 2.9	Alto

Índice de Peligro por Tormentas de Granizo en Zapopan

Zapopan muestra un peligro Medio y Bajo, siendo el primero con mayor expansión en el municipio manteniendo de 1.1 a 1.8 días de tormentas al año. Para el peligro Bajo se presentan de 0.2 a 1 días de tormentas al año, en la zona Oeste del municipio.

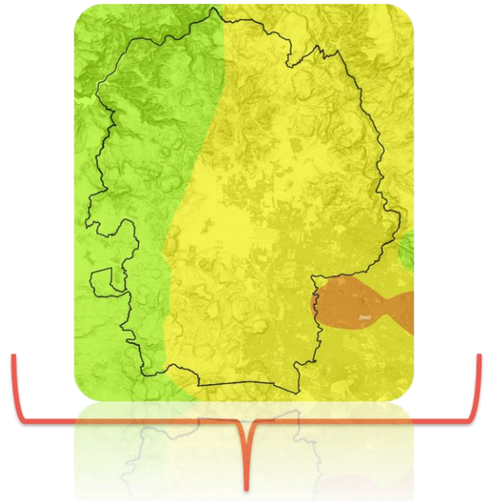
De acuerdo con la gráfica del promedio mensual de tormentas, se observa que los meses donde se ha presentado éste va de abril a noviembre, siendo los meses de junio, julio y agosto con mayor frecuencia de granizadas.

Este fenómeno puede tener afectaciones de peligro Bajo en las localidades de Mesa de los Indios, La Venta del Astillero, El Roble, San Lorenzo, San Antonio, y la colonia La Cumbre. Con un peligro Medio afecta a las localidades Valle de los Molinos, Tesistán, La Cuchilla, y las colonias Santa Ana Tepetitlán, Bugambilias, Puertas de Hierro y Las Cañadas



Bajo
- La Venta del Astillero
- Bosque La Primavera
- El Roble
- San Lorenzo
- San Antonio
- La Cumbre
- Mesa de los Indios

Medio
- Valle de los Molinos
- Tesistán
- La Cuchilla
- Las Cañadas
- Puertas de Hierro
- Bugambilias
- Santa Ana Tepetitlán



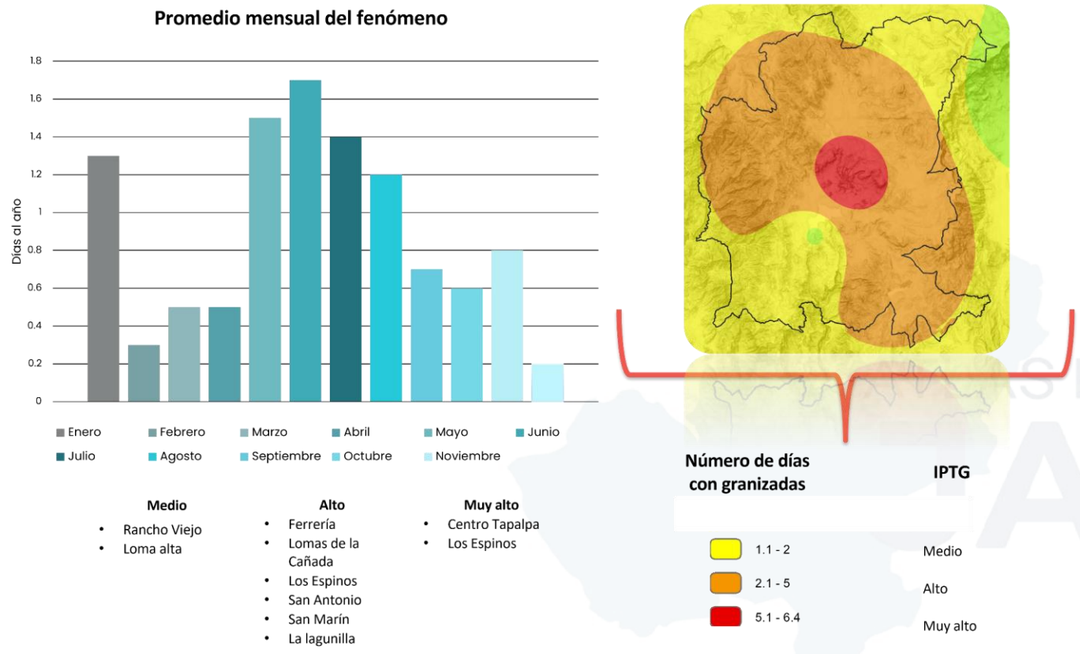
Número de días con granizadas	IPTG
0.2 - 1	Bajo
1.1 - 1.8	Medio

Índice de Peligro por Tormentas de Granizo en Tapalpa

Tapalpa muestra un peligro Medio, Alto y Muy alto, siendo el peligro Alto con mayor expansión en el municipio manteniendo de 2.1 a 5 días de tormentas al año. Para el peligro Medio se presentan de 1.1 a 2 días de tormentas al año, en la zona Noreste y Suroeste del municipio, finalmente el peligro Muy alto se presenta en el centro del municipio con 5.1 a 6.4 días de tormentas al año.

De acuerdo con la gráfica del promedio mensual de tormentas, se observa que los meses donde se ha presentado éste va desde enero a noviembre, siendo los meses de enero, mayo, junio, julio y agosto con mayor frecuencia de granizadas.

Este fenómeno puede tener afectaciones de peligro Medio en las localidades de Loma Alta y Rancho Viejo. Con un peligro Alto afecta las localidades de Ferrería de Tula, Lomas de la Cañada, Los Espinos, San Antonio, San Martín y La Lagunilla. Finalmente, con un peligro Muy alto afecta la localidad de Los Espinos y el centro de Tapalpa.



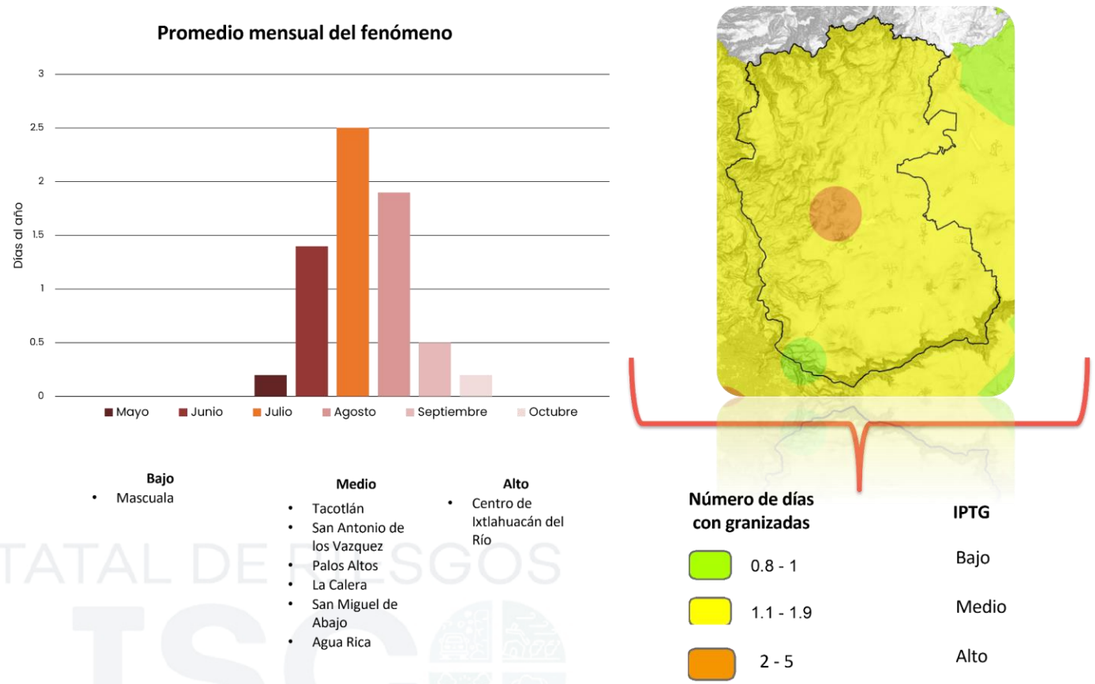
Índice de Peligro por Tormentas de Granizo en Ixtlahuacán del Río

Ixtlahuacán del Río muestra un peligro Medio, Alto y Muy alto, siendo el peligro Medio con mayor expansión en el municipio manteniendo de 1.1 a 1.9 días de tormentas al año. Para el peligro Alto se presentan de 2 a 5 días de tormentas al año, en la zona Centro del municipio, finalmente el peligro Bajo se presenta en el sur del municipio entre 0.8 y 1 día de tormentas al año.

De acuerdo con la gráfica del promedio mensual de tormentas, se observa que los meses donde se ha presentado éste va de mayo a noviembre, siendo los meses de enero, mayo, junio, julio y agosto con mayor frecuencia de granizadas.

Con un Medio afecta las localidades de Tacotlán, San Antonio de los Vazquez, Palos Altos, La Calera, San Miguel de Abajo, Agua Rica, Rancho el Pinal, El Pitayito, Mesa de Torres, Agua Blanca, entre otros.

Este fenómeno puede tener afectaciones de peligro Bajo en la localidad de Mascuala. Finalmente, con un peligro Alto afecta la localidad en el centro del municipio.



6.1.5.5. Vulnerabilidad

Para el apartado de vulnerabilidad se realizó el conteo de las pérdidas o daños que se podrían presentar en las zonas con peligro Alto y Muy alto, de acuerdo al mapa de Peligro por Tormentas de granizo en el Estado. La descripción se realizó identificando en qué región se concentran estas zonas con un mayor peligro, para las afectaciones en estos sitios se tomaron en cuenta a la población total, número de viviendas en general y el dato de las viviendas con techos flexibles que se tiene a partir de la encuesta de vulnerabilidad, también se consideraron las escuelas, el equipamiento público, hospitales y centros de salud, así como el número de comercios con el total de pérdidas económicas anual y empleados afectados.

Vulnerabilidad para Peligro Muy alto

Región XI - Lagunas

Imagen HDR-E-3. Sistemas expuestos en la Región XI - Lagunas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-E-4. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región XI - Lagunas

Municipio	Localidades
Tapalpa	Atacco
	Pueblo Nuevo
	Loma Alta
	Los Robles
	San Pedro (El Cuiz)
	Cópala
	Las Piedrotas (Casa de Seminaristas)
	La Tejería
	Los Colonos
	El Gavilán
	La Lagartija
	Loma Bonita
	El Montecillo
	Lomas del Poleo
	Rancho la Mesa
	El Salto
	Valle de los Borregos
	La Tejería

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Vulnerabilidad para Peligro Alto

Región X - Valles

Imagen HDR-E-4. Sistemas expuestos en la Región X - Valles



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

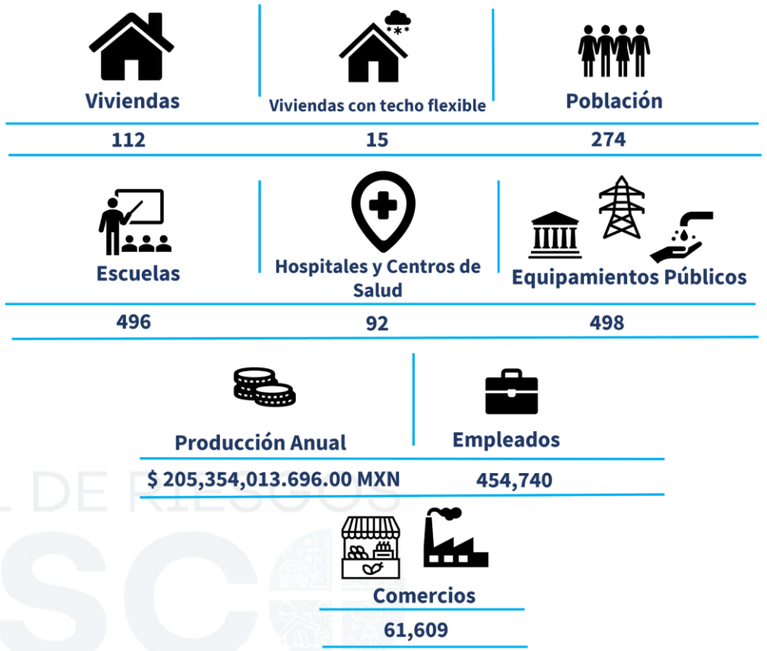
Tabla HDR-E-5. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región X - Valles

Municipio	Localidades
Hostotipaquillo	Barrancas (Estación)
	Puente Barranquitas
	Plan de Barrancas
	San Antonio

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Región XII - Centro

Imagen HDR-E-5. Sistemas expuestos en la Región XII - Centro



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-E-6. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región XII - Centro

Municipio	Localidades
Ixtlahuacán del Río	El Refugio
	Los Sauces (La Presa)
	Tescatitán
	La Tortuga
	Las Pilitas
	Santa Teresa Bellavista (La Casa Colorada)
	Rancho San Blas
	El Roble

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Región XI - Lagunas

Imagen HDR-E-6. Sistemas expuestos en la Región XI - Lagunas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-E-7. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región XI - Lagunas

Municipio	Localidades
Amacueca	Ninguno (Estación de Microondas)
	El Tacamo
Tapalpa	-Agua Zarquita, El Porvenir, La Barranca del Refugio, Puerta del Isote, La Cañada Tezcaltilti, Loma del Aire, El Encinito, La Leona, El Carrizal, La Lechuguilla, El Tecuán, Rincón de los Pastores, Churintzio,La Cruz, Los Espinos, San Juan [Aserradero], La Lagunilla, El Bule, Punta de Agua, Cabañas San Francisco, San Antonio (San Antonio de Padua), Cabaña Univa, Hacienda San Francisco, El Capulín, San Martín de las Flores, El Delirio, San Miguel, Las Galeras, Santa Inés, Huertos Familiares los Soyates, La Frontera, Lomas de la Cañada, Las Varillas, El Nopal, Rosa de Castilla, Ojo de Agua, Ojo de Agua, Pinares Tapalpa, La Cofradía del Rosario, Potrero de la Tuna Amarilla, Las Moras, Rancho Díaz, El Reparo, San Isidro de la Providencia, Los Sauces, La Varillita, El Pitahayo de la Providencia, El Sombrero (El Sombrerito), La Providencia, Linda Vista, Rancho la Puerta, Bosques la Cañada

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Región V - Sureste

Imagen HDR-E-7. Sistemas expuestos en la Región V - Sureste



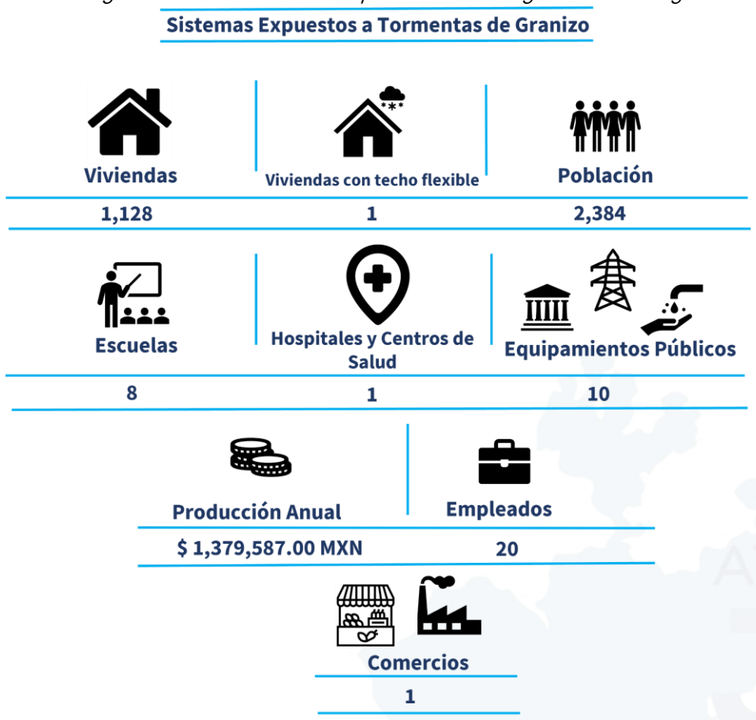
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-E-8. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región V - Sureste

Municipio	Localidades
Concepción de Buenos Aires	Guadalajarita
La Manzanilla de la Paz	La Atarjea
	Prolongación Lázaro Cárdenas (El Regadillo)
	Colonia San Rafael

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-E-8. Sistemas expuestos en la Región IV - Ciénega



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-E-9. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región IV - Ciénega

Municipio	Localidad
Ayotlán	Agua Blanca
	El Rosario
	El Salto (Rincón del Salto)
Degollado	El Derrumbadero
	La Era
	Huáscato
	Quirino (La Sierrita)
	La Peña
	La Pólvora
	Respingo (Potrero de Respingo)

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tormentas de Granizo

Las regiones más afectadas son Región XI - Lagunas, Región X - Valles, Región XII - Centro, Región V - Sureste y Región IV - Ciénega.

5,094 viviendas

48 Viviendas con techos flexibles según el muestreo

101 Centros de Salud

13,206 Población potencialmente expuesta

542 Escuelas

En caso de suspensión de actividades

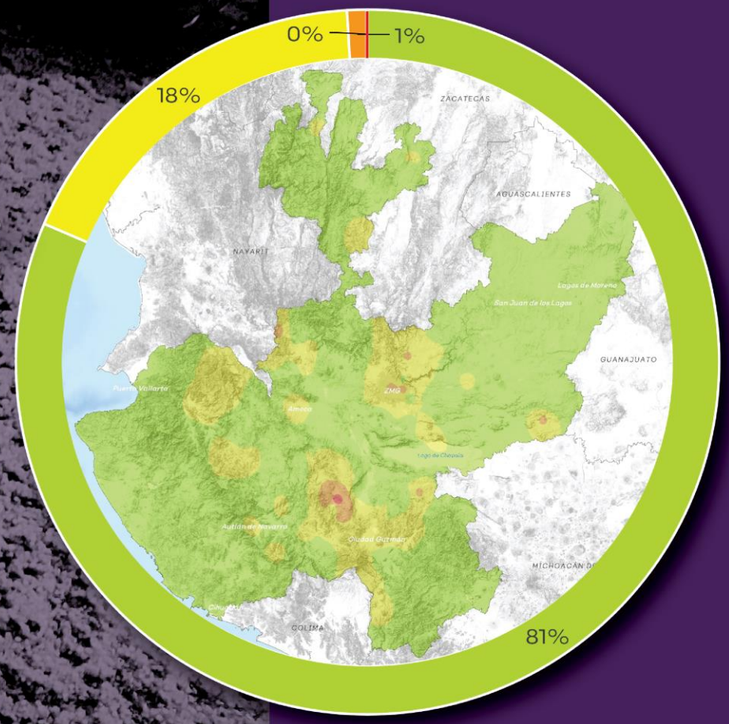
57,598 empleados expuestos

$565,761,408.8904109 MNX perdida potencial diaria

458, 260 Establecimientos Económicos

547 Equipamientos Públicos

1 municipio expuestos a peligro Muy Alto con 18 Localidades expuestas en los municipios de:



- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

6.1.6. Tormentas eléctricas

6.1.6.1. Introducción

Las tormentas eléctricas son descargas bruscas de electricidad, que se manifiestan en un resplandor breve (rayo), además de un ruido seco o estruendo (trueno). Las tormentas se asocian a nubes convectivas y suelen acompañarse de precipitación en forma de chubasco de lluvia, hielo e, incluso de nieves. El tiempo de duración de las tormentas eléctricas va de una a dos horas, son locales y por lo general se reducen a unas decenas de kilómetros cuadrados (CENAPRED, 2021).

Los rayos se describen como:

- Descargas electrostáticas resultado de las cargas positivas y negativas que se acumulan dentro de una nube de tormenta.
- Estas cargas circulan entre dos nubes o entre la nube y tierra, estas últimas son las más peligrosas ya que pueden afectar a la población.
- Los rayos alcanzan temperaturas cercanas a los 30 000 °C en una fracción de segundos.

En México ocurren 30 días con tormentas en promedio anual y el máximo es de 100 días, con mayor frecuencia en verano y un 10% en otoño e invierno, principalmente sobre las Sierras Madre Oriental, Madre Occidental, Madre del Sur, Madre de Chiapas, Montañas del norte de Chiapas y Sistema Volcánico Transversal (CENAPRED, 2018).

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, México ocupa el primer lugar en el mundo con 223 muertes anuales. La población infantil y juvenil entre los 10 y 19 años son más vulnerables debido a que realizan trabajos o actividades al aire libre. Y entre esa población se tienen registros que el porcentaje de niños fallecidos es cinco veces mayor que el de niñas ya que cumplen mayor número de actividades al aire libre, en el campo y la ciudad (CENAPRED, 2018).

Es por esto que se deben de tomar ciertas medidas (CENAPRED, 2018).

Para los constructores

- Usar pararrayos en edificios y oficinas, para evitar daños en aparatos eléctricos.

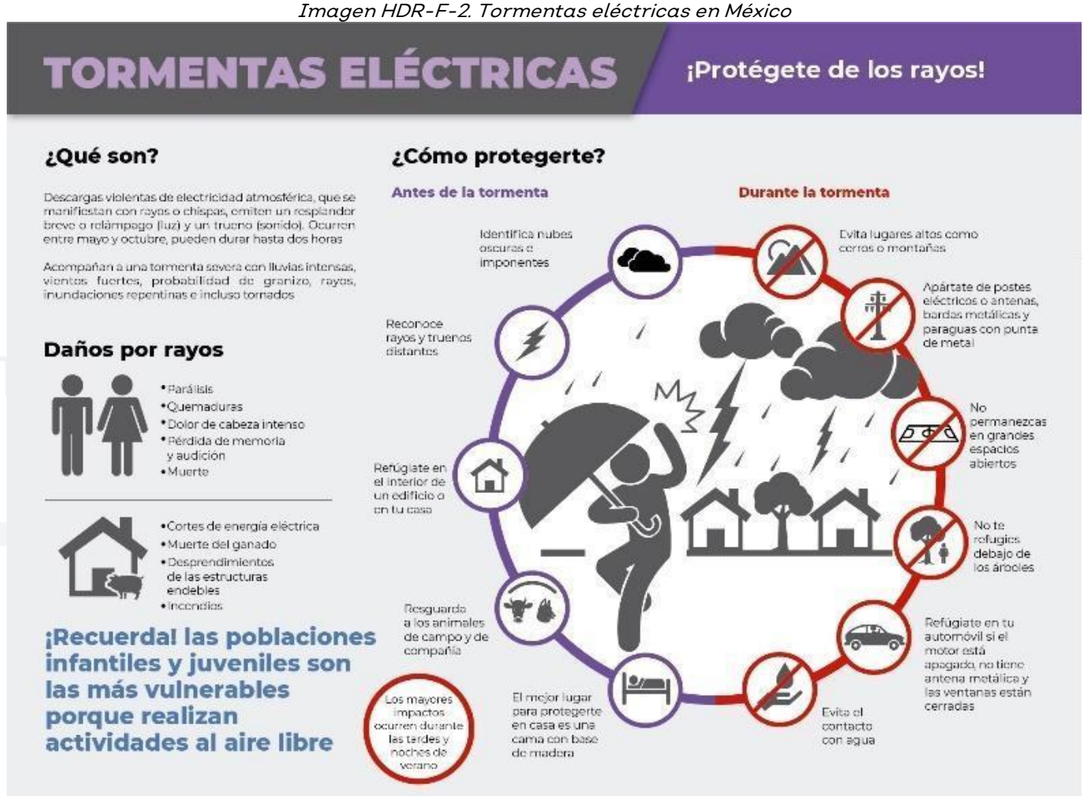
Si estás en casa u oficina

- Desconectar todos los aparatos eléctricos
- Cerrar ventanas y cortinas
- Evitar el contacto con agua
- No utilizar celulares conectados a la corriente eléctrica, máquinas, herramientas ni objetos metálicos.

Si te encuentras en un espacio abierto

- No correr
- Colocarte en cuclillas con los pies juntos, la cabeza entre las piernas, cerrar los ojos y tapar oídos.

Imagen HDR-F-2. Tormentas eléctricas en México



Fuente: CENAPRED, 2021.

6.1.6.2. Antecedentes del Fenómeno

A partir de la búsqueda de noticias sobre la presencia del fenómeno en el Estado se elaboró una línea del tiempo, en la cual se hace una breve descripción acompañado de imágenes referentes al acontecimiento.

12 de julio 2020

Fuerte tormenta eléctrica afecta Puerto Vallarta, dejando a varias colonias sin luz, debido a rachas de viento y relámpagos. De acuerdo con un reporte meteorológico se mencionó que se trató de una tromba marina (Tribuna de la Bahía, 2022).



25 de junio 2021

Por la noche en la Zona Metropolitana de Guadalajara se tuvo lluvia acompañada de tormenta eléctrica, aunque tuvo una corta duración, fue intensa y ocasionó diversos estragos debido a la fuerte racha de vientos (Informador, 2021).



11 de julio 2022

Tormenta eléctrica provocó la caída de un árbol que suscito la muerte de dos hombres que viajaban sobre la carretera Guadalajara-Colima. También hubo afectaciones sobre la avenida Patria y Cruz del Sur (El Occidental, 2022).



23 de julio 2022

En Guadalajara tras la caída de un árbol en un automóvil Protección Civil confirmó el deceso de una persona, además rescataron a otros ocupantes del automóvil. La tormenta también afectó Zapopan, Tlaquepaque y Tlajomulco (Informador, 2022).



27 de junio 2023

En la comunidad El Salitre en San Martín Hidalgo, Zapopan se registró una tormenta eléctrica. Dicha tormenta alcanzó un volumen de 60.2 milímetros (litros por cuadrado) lo que se considera ya una tormenta severa (Mural, 2023).



13 de julio 2023

Gran actividad eléctrica en zona de Valles, municipios como Zapotlanejo, Tonalá y Juanacatlán, está actividad también se dirigió al centro de Guadalajara (JaliscoNOTICIAS, 2023).



14 de agosto 2023

En la madrugada se registraron fuertes lluvias con descargas eléctricas en el Área Metropolitana de Guadalajara con rachas de viento de 30 km/h del este. Tras esta gran tormenta el campo del Estadio Jalisco se vio afectado, suspendiendo el partido del día (Informador, 2023).



6.1.6.3. Metodología y Memoria de Cálculo

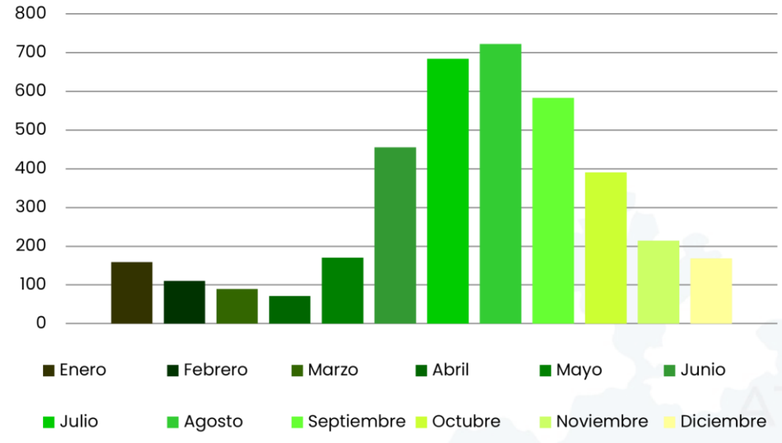
Para el análisis de Índice por Peligro de Tormentas Eléctricas (IPNG) se consultaron las estaciones meteorológicas tomando las Normales Climatológicas del periodo 1951 – 2010 del Servicio Meteorológico de CONAGUA. En dichas estaciones se cuenta con un registro mensual de ocurrencia del fenómeno, así como un promedio de los días que anualmente ocurre dicho fenómeno. Para ello se tomaron en cuenta estaciones dentro del Estado, con el fin de tener estaciones con datos de calidad para realizar el análisis.

Las bases de datos elaboradas a partir de la información de las estaciones meteorológicas son un insumo para calcular la ocurrencia del fenómeno en el sitio, y lo que nos puede dar un resultado sobre el peligro que hay para el Estado de Jalisco.

En este estudio se utilizaron las Normales climatológicas del periodo 1981-2010, en este periodo de 30 años las estaciones cuentan con un mayor registro, pero no todas fueron consideradas ya que existen algunas con espacios vacíos de información.

En la gráfica HDR-F-1 se puede visualizar un acumulado de la ocurrencia del fenómeno por cada mes del año, a partir de las estaciones seleccionadas para el análisis, para entender cómo es que se distribuyen las tormentas eléctricas durante todo el año del periodo 1981 - 2010. Con esto podemos entender que los meses donde se puede presentar con mayor frecuencia el fenómeno va de junio hasta septiembre.

Gráfica HDR-F-1. Acumulado de los meses con días con tormentas eléctricas 1981-2010



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de datos de CONAGUA, 2024.

Los datos recopilados se utilizaron para obtener el mapa de índice de peligro por tormentas eléctricas (IPTE) para el Estado. Se trazaron isolíneas con valores del número de días con tormentas eléctricas anualmente, mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica ArcGis 10.7.

Para la interpolación se utilizó la herramienta geoestadística IDW, que interpola una superficie de ráster a partir de puntos utilizando una técnica de distancia de inversa ponderada. Este se limita al rango de valores utilizados para la interpolación, y el promedio no es mayor que la entrada máxima o inferior que la entrada mínima.

De acuerdo a los valores obtenidos de la interpolación se categorizaron los valores a partir de un rango que CENAPRED establece para el índice de peligro por tormentas eléctricas (IPTE), el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con tormentas eléctricas del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007) donde se manejan los siguientes intervalos que se observan en la tabla HDR-F-1.

Tabla HDR-F-1. Intervalos del número de días con tormentas eléctricas

Días con tormentas eléctricas
Cero
1-9
10-19
20-29
>30

Fuente: CENAPRED, 2012.

Después se asignó un valor a cada uno de éstos y a partir de cada valor que se divide entre el dato más alto se obtienen las categorías que se muestran en la tabla HDR-C-4, es importante mencionar que se la categoría se utiliza a partir del número de días con heladas.

Tabla HDR-F-2. Categorías para el número de días con tormentas eléctricas

Número de días con heladas	Valor	índice	Categoría
Cero	0	0	Muy baja o nula
1-9	1	0.25	Baja
10-19	2	0.50	Medio
20-29	3	0.75	Alta
>30	4	1.0	Muy alta

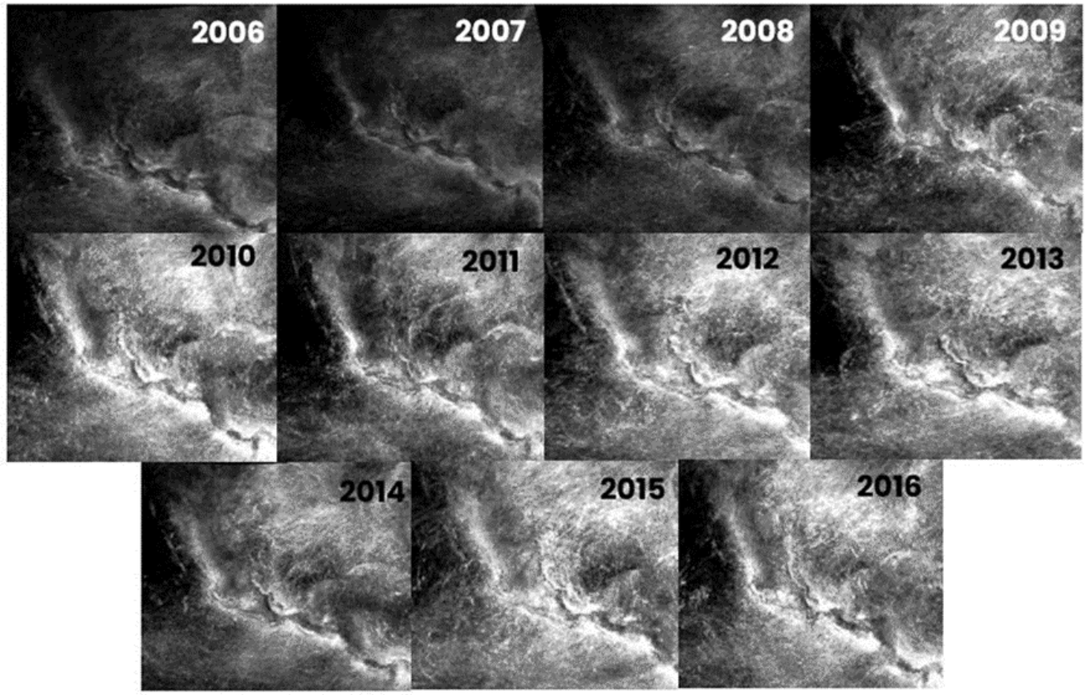
Fuente: CENAPRED, 2012.

Descargas Nube - Tierra

Para determinar la cantidad de descargas eléctricas nube a tierra, se consultaron 11 imágenes satelitales de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales (UNIATMOS) dependiente del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM. Dichas imágenes muestran promedios mensuales y anuales de descargas eléctricas nube a tierra para el período 2006-2016 en la República Mexicana como se muestra en la Imagen HDR-C-3.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

Imagen HDR-F-3. Imágenes satelitales de descargas eléctricas nube – tierra



Fuente: Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales, UNAM.

El mapa de descargas nube-tierra se calculó a partir del promedio del conjunto de las imágenes satelitales anteriores con la herramienta Ráster Calculator (incluida en el Sistema de Información Geográfica ArcGis 10.7) la cual permite crear y ejecutar una expresión de álgebra de mapas o imágenes que como producto arroja una nueva imagen con el resultado de la ecuación.

Con la imagen obtenida (promedio 2006-2016) se obtuvieron los valores de cada píxel para posteriormente interpolarlos en un Sistema de Información Geográfica (SIG) para alcanzar un mayor detalle en la región donde se localiza el Estado de Jalisco. El método para realizar la interpolación fue el de distancia inversa ponderada IDW. Una vez obtenidos los resultados se clasificó la imagen mediante cortes naturales para establecer valores más representativos.

6.1.6.4. Peligro/Susceptibilidad

A partir del análisis elaborado se obtuvieron resultados del índice de peligro por tormentas eléctricas donde se muestra que para el Estado de Jalisco se presentan cuatro categorías de peligro, en su mayoría se tiene un peligro Medio y Alto, continuando el peligro Bajo y finalmente Muy alto.

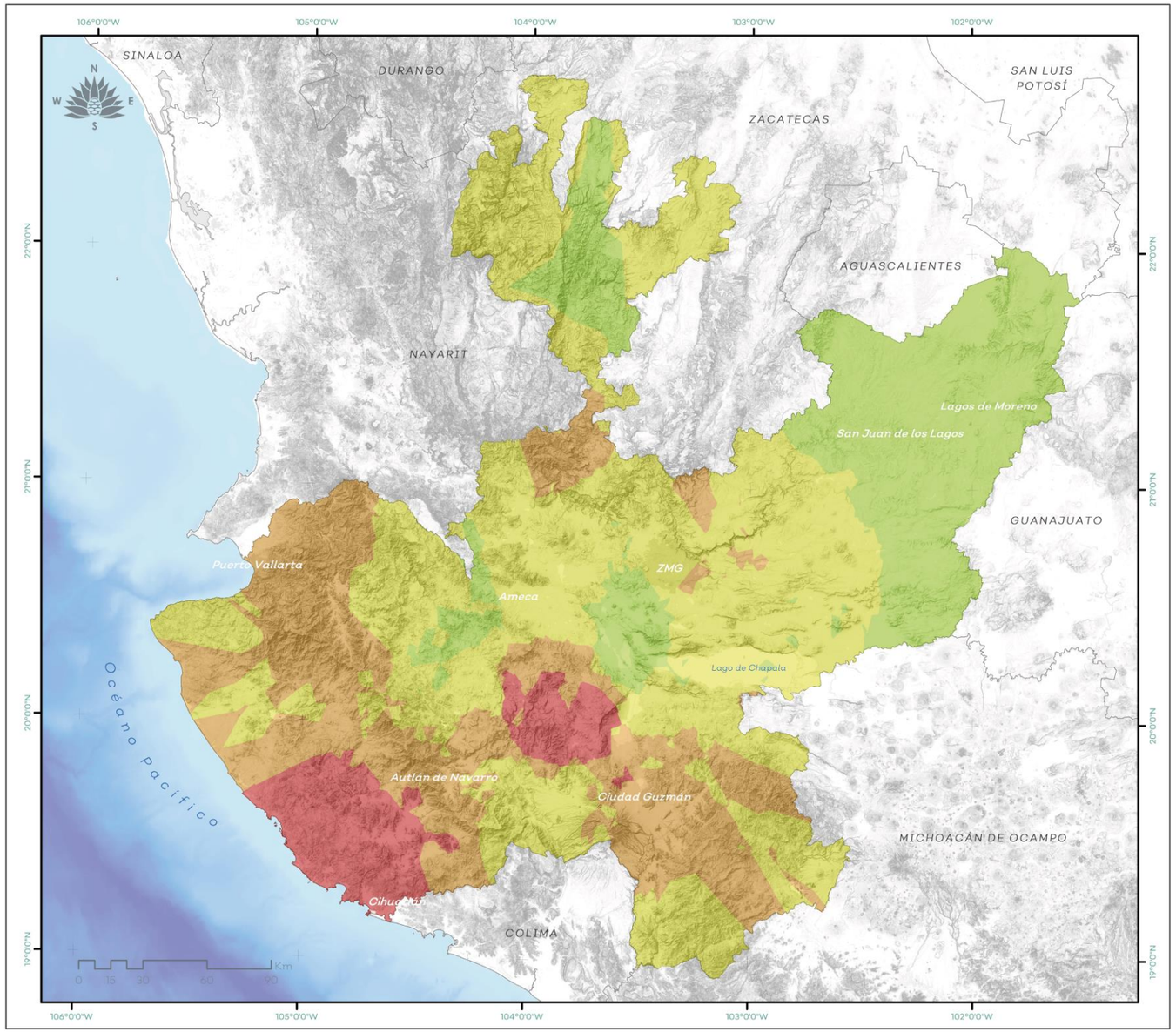
El peligro Medio abarca casi todas las regiones del Estado a excepción de la región II – Altos Norte, predominando en la región XII - Centro, X – Lagunas, I – Norte, III – Altos Sur, IV – Ciénega, etc.

El peligro Alto predomina en la parte Oeste del Estado, abarcando mayormente en la región IX – Costa Sierra Occidental, VI – Sur, VIII – Costa Sur, así como VII – Sierra de Amula y XI – Lagunas, y en menor cantidad se presenta en las regiones X – Valles, XII – Centro y V – Sureste.

En el peligro Bajo se presenta en toda la región II – Altos norte, en algunas otras como III – Altos Sur, IV – Ciénega, I – Norte, entre otras con menor predominancia XII – Centro XI – Lagunas, entre otras.

Para el peligro Muy alto se presenta mayormente en la región VIII – Costa Sur, seguido de las regiones VII - Sierra de Amula, XI – Lagunas y finalmente la región VI – Sur.

ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro por Tormentas Eléctricas
HDR - F - 01

Leyenda Temática

Intensidad

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



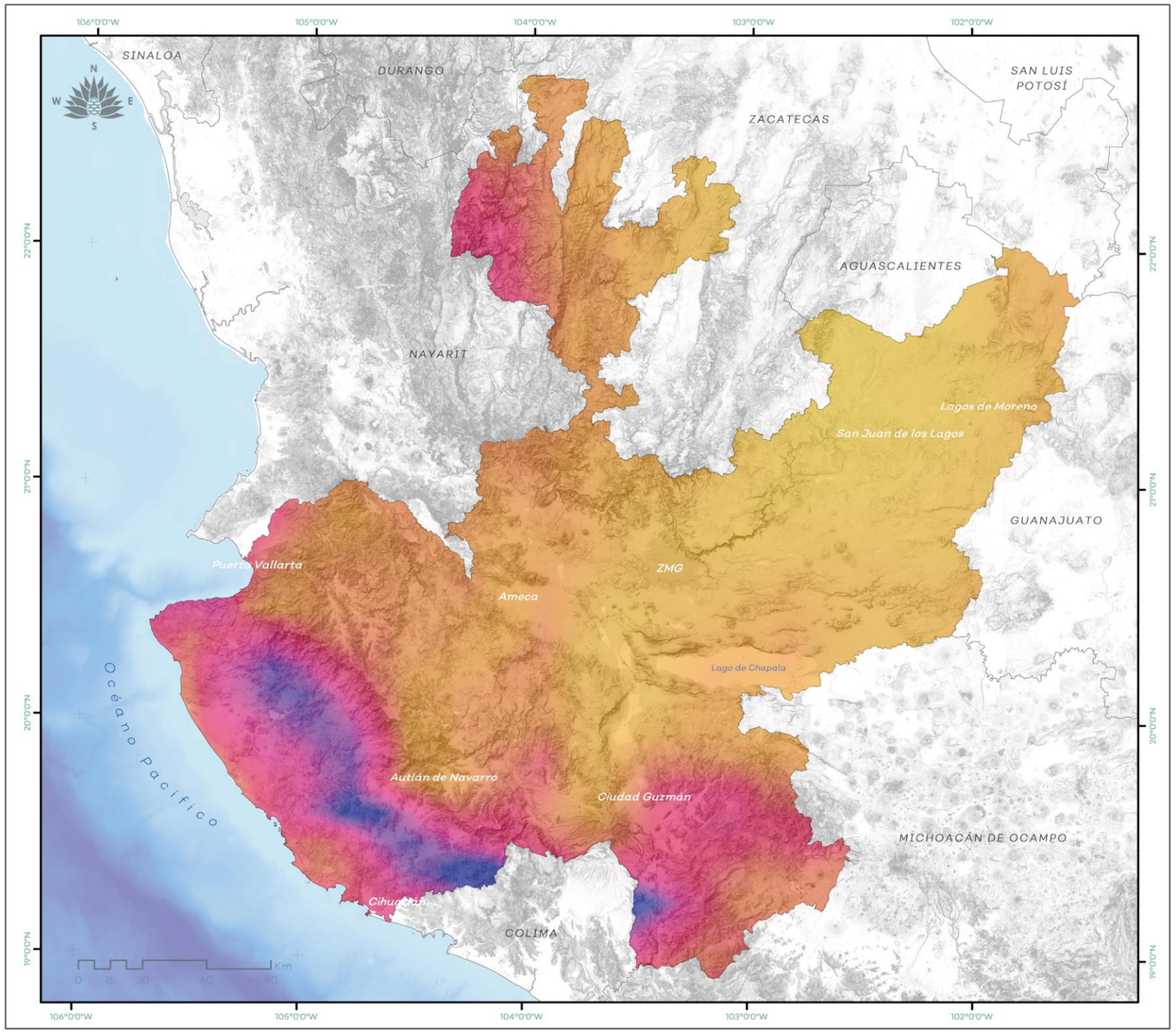
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Descargas Nube - Tierra
HDR - F - 02

Leyenda Temática

Descargas por Km2

Alto : 0.88

Bajo : 0.04

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.6.5. Vulnerabilidad

Para el apartado de vulnerabilidad se realizó el conteo de las pérdidas o daños que se podrían presentar en las zonas con peligro Muy alto, de acuerdo al mapa de Peligro por Tormentas eléctricas en el Estado. La descripción se realizó identificando en qué región se concentran estas zonas con un mayor peligro, para las afectaciones en estos sitios se tomaron en cuenta a la población total, número de viviendas en general, también se consideraron las escuelas, el equipamiento público, hospitales y centros de salud, así como el número de comercios con el total de pérdidas económicas anual y empleados afectados.

Vulnerabilidad para Peligro Muy alto

Región VIII - Costa Sur

Imagen HDR-F-4. Sistemas expuestos en la Región VIII - Costa Sur

Sistemas Expuestos a Tormentas Eléctricas

Viviendas	Población	Comercios
14,222	31,539	374,427

Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos Públicos
209	51	285

Producción Anual	Empleados
$ 6,465,787,393.00 MXN	21,094

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En el mapa HDR-F-03 se muestra la región VIII así como los municipios que integran esta área, con ello se puede visualizar qué municipios entran dentro del peligro Muy Alto. Y en la tabla HDR-F-3 se muestra el número de localidades que se ven afectadas por este fenómeno para el peligro Muy alto.

Se puede entender que el municipio con mayor peligro es Cihuatlán con 107 localidades expuestas, además el municipio de Villa Purificación con 62 localidades expuestas, y el municipio de La Huerta con 58 localidades expuestas.

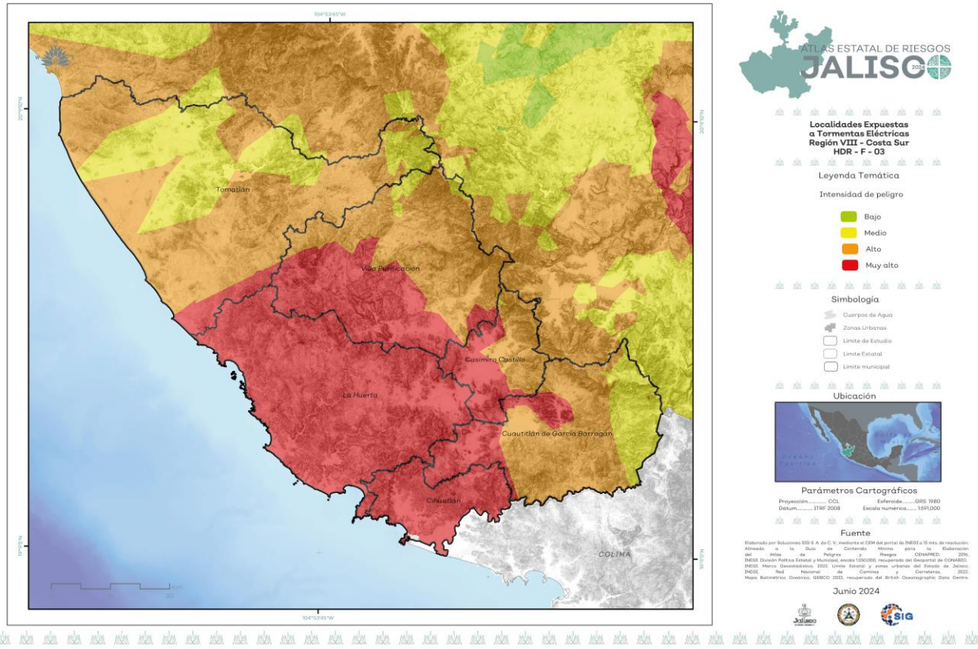
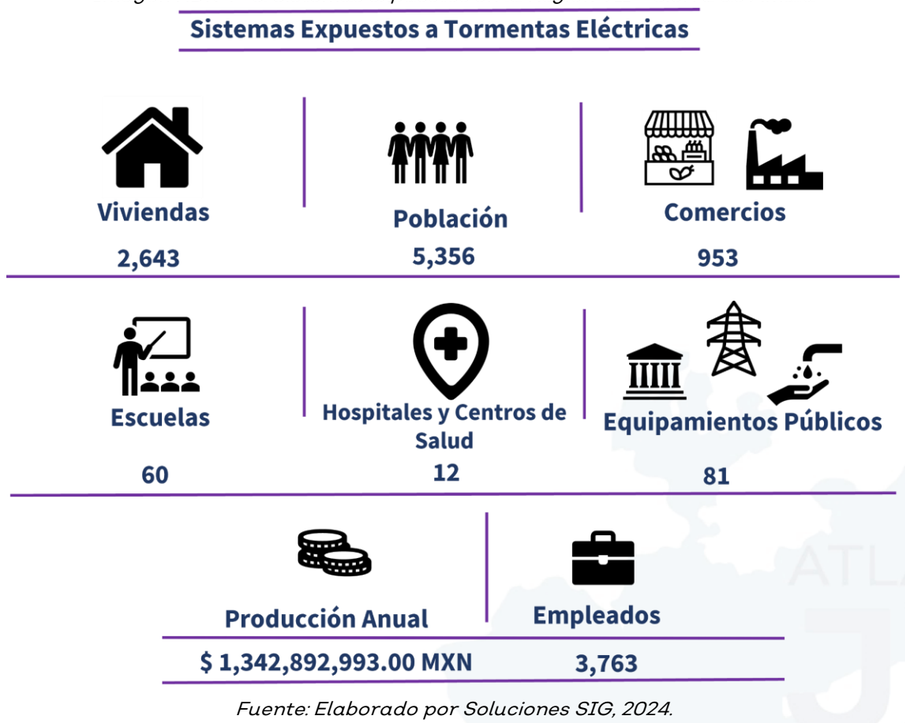


Tabla HDR-F-3. Municipios con población y viviendas expuestas en la Región VIII - Costa Sur

Municipio	Número de localidades
Villa Purificación	62
Tomatlán	3
La Huerta	58
Cuautitlán de García Barragán	11
Cihuatlán	107
Casimiro Castillo	18

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-F-5. Sistemas expuestos en la Región VII - Sierra de Amula



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En el mapa HDR-F-04 se muestra la región VIII así como los municipios que integran esta área, con ello se puede visualizar qué municipios entran dentro del peligro Muy Alto. Y en la tabla HDR-F-4 se muestra el número de localidades que se ven afectadas por este fenómeno para el peligro Muy alto.

Se puede entender que el municipio con mayor peligro es Chiquilistlán con 19 localidades expuestas, además del municipio de Juchitlán con 14 localidades expuestas, y el municipio de Tecolotlán con 11 localidades expuestas.

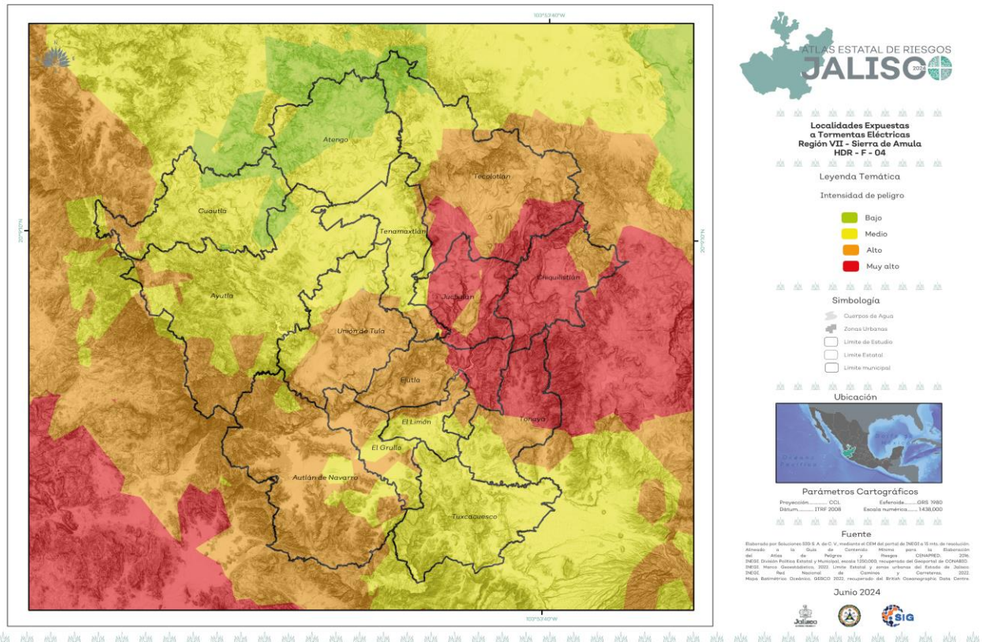


Tabla HDR-F-4. Municipios con población y viviendas expuestas en la Región VII - Sierra de Amula

Municipio	Número de localidades
Chiquilistlán	19
Juchitlán	14
Tecolotlán	11
Tonaya	10
Ejutla	4

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-F-6. Sistemas expuestos en la Región XI - Lagunas

Sistemas Expuestos a Tormentas Eléctricas

Viviendas	Población	Comercios
5,331	13,885	1,302

Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos Públicos
54	12	85

Producción Anual	Empleados
$ 1,493,749403.00 MXN	5,051

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En el mapa HDR-F-05 se muestra la región VIII así como los municipios que integran esta área, con ello se puede visualizar qué municipios entran dentro del peligro Muy Alto. Por otro lado, en la tabla HDR-F-5 se muestra el número de localidades que se ven afectadas por este fenómeno para el peligro Muy alto.

Se puede entender que el municipio con mayor peligro es Tapalpa con 91 localidades expuestas, y menor localidades del municipio de Amacueca con 15 localidades expuestas, y el municipio de Atemajac de Brizuela con 9 localidades expuestas.

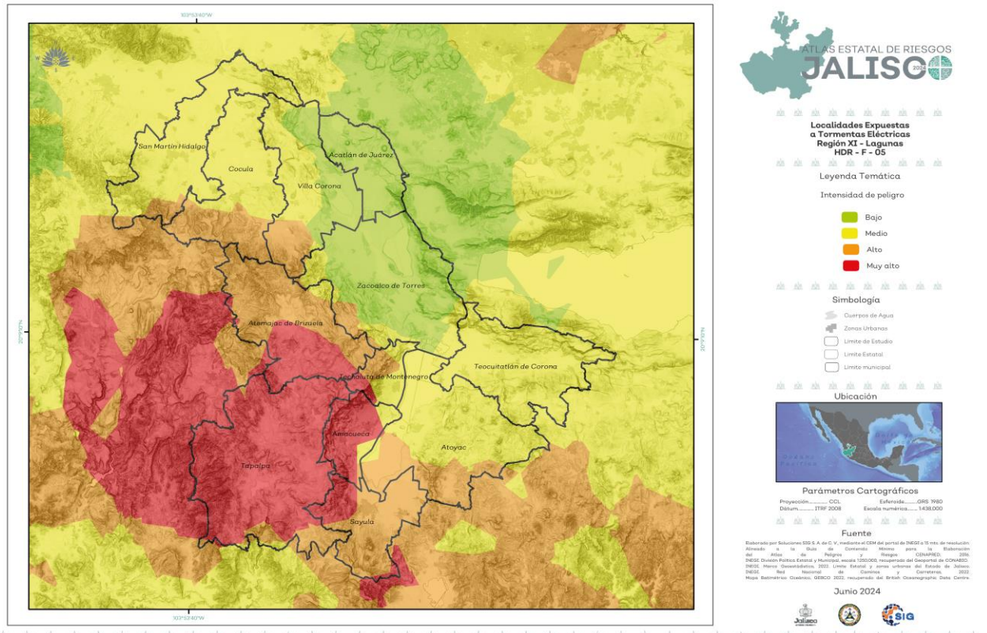


Tabla HDR-F-5. Municipios con población y viviendas expuestas en la Región XI - Lagunas

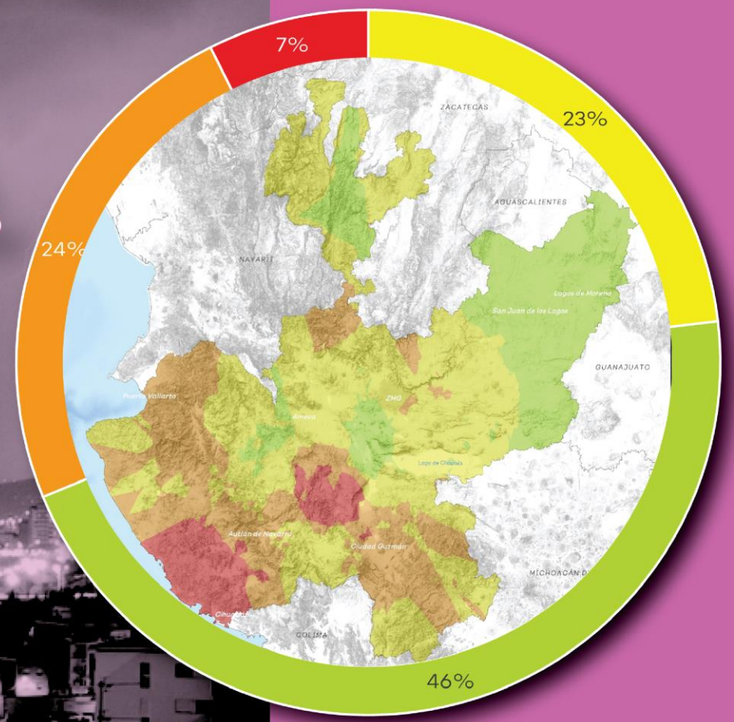
Municipio	Número de localidades
Techaluta de Montenegro	1
Sayula	1
Amacueca	15
Atemajac de Brizuela	9
Tapalpa	91

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tormentas de Eléctricas

Las regiones más afectadas son Región VIII - Costa Sur, Región VII - Sierra de Amula y Región XI - Lagunas.

16 municipios expuestos a peligro Muy Alto con 434 Localidades expuestas



22, 196 viviendas

0 Viviendas con techos flexibles según el muestreo

75 Centros de Salud

50,780 Población potencialmente expuesta

323 Escuelas

En caso de suspensión de actividades

29, 008 empleados expuestos

$69, 824.00 perdida potencial diaria

7, 004 Establecimientos Económicos

451 Equipamientos Públicos

6.1.7. Tormentas de polvo

6.1.7.1. Introducción

El CENAPRED define que las tormentas de polvo son fenómenos que pueden presentarse con diferentes escalas y tiempos de duración. Pueden afectar desde pequeñas comunidades, urbanas o rurales, hasta grandes ciudades y su tiempo de duración depende de la intensidad del factor ambiental detonante. Generalmente se presentan cuando se combinan condiciones de sequedad de suelo desnudo o de escasa vegetación con cambios en las condiciones atmosféricas de alta y baja presión, previos a la estación de lluvias de verano, o por la entrada de frentes fríos.

Su análisis es complicado ya que para estudiar su comportamiento se necesita modelar la atmósfera y la dinámica de las cubiertas del suelo.

Para la ocurrencia de una tormenta de polvo debe haber una fuente susceptible a la acción del viento con fuerza suficiente para poner en movimiento partículas de diverso tamaño, parte de las cuales pueden mantenerse en suspensión en diferentes periodos de tiempo.

La fuente de las que se nutren las tormentas de polvo tiene como característica la exposición de material particulado no consolidado con protección deficiente. La escasa vegetación, exacerbada por condiciones naturales de sequía meteorológica de corta o larga duración, cuya persistencia crea zonas desérticas, lechos de lagos o cuerpos de agua secos, planicies aluviales afectadas por salinidad natural o inducida.

6.1.7.2. Antecedentes del Fenómeno

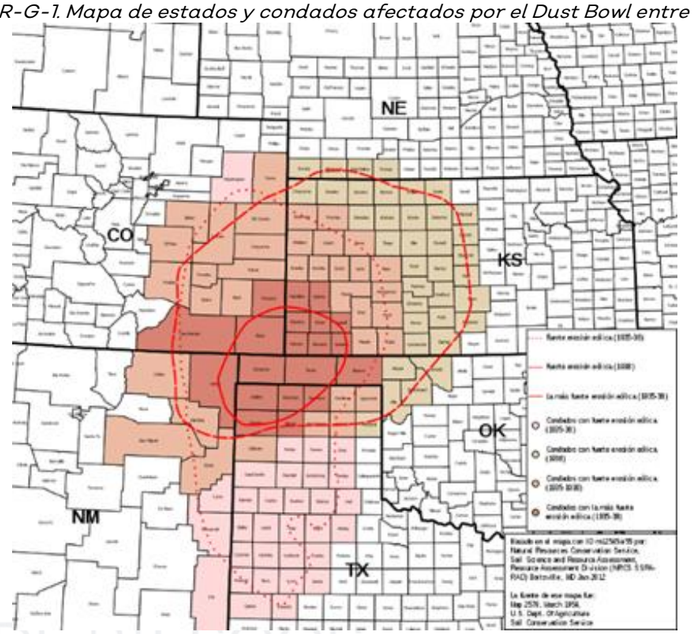
Tormentas de Polvo en Norte América

El Dust Bowl (tazón de polvo), fue un periodo de fuertes tormentas de polvo manifestadas durante la gran depresión de los años 30 del Siglo XX, que dañó severamente la ecología y la agricultura de las grandes llanuras centrales de Norte América.

Se ha documentado que este fenómeno fue un desastre ecológico provocado por el hombre, manifestándose por las condiciones de sequía persistente que produjo condiciones de reducida humedad del suelo en conjugación con las deficientes prácticas agrícolas y la sustitución de los pastizales nativos por los cultivos de trigo sensibles a la sequía serían la causa del gran aumento experimentado por la tasa de erosión eólica formando grandes nubes de polvo y arena, tan espesas que oscurecían la luz del día llegando también a ser denominadas como ventiscas negras o viento negro.

Este periodo de tormentas llegó a afectar una superficie estimada de 400,000 km^2 de los territorios de 6 estados de la Unión Americana, reportando tasas anuales de hasta 369 millones de toneladas de polvo inyectado a la atmósfera.

Imagen HDR-G-1. Mapa de estados y condados afectados por el Dust Bowl entre 1935 y 1938.



Fuente: Soil Conservation Service.

Fue tan severa la situación que hubo eventos en los que el polvo llegó a suspenderse hasta las ciudades de Chicago y Washington D.C. Fue hasta el año de 1933 que la administración del Presidente Roosevelt, instituyó el Servicio de Conservación del Suelo, para comenzar a implementar técnicas de manejo de suelos entre los agricultores de la región para combatir la erosión.

Imagen HDR-G-2 Fotografías históricas del Dust Bowl.



Fuente: US National Archives

Este periodo exacerbó la pobreza y las condiciones de vida de la población durante la gran depresión, forzando el desplazamiento de la población, así como también por el incremento de enfermedades respiratorias a las cuales se le denomina “neumonía del polvo”.

Tolvaneras en Ciudad de México

Las obras de desagüe de la Cuenca del Valle de México que se realizaron durante la época del Porfiriato permitieron que, durante las primeras décadas del Siglo XX, la Ciudad de México dejara de inundarse. Sin embargo, la desecación del lago de Texcoco trajo consigo problemáticas ecológicas por la expansión de la superficie cubierta por suelos salitrosos, derivando también en problemas para la salud de los habitantes de la capital, provocadas por continuas tolvaneras salitrosas que se levantaban hacia la atmósfera desde el lecho del antiguo lago en dirección hacia la zona metropolitana.

Las tolvaneras provenientes del lecho del extinto Lago de Texcoco, continuaron manifestándose anualmente durante la época de secas en la Ciudad de México, extendiéndose este fenómeno hasta finales de la década de 1960, cuando por razones de salud pública, decidió atenderse está problemática a partir de la implementación de soluciones que permitieran reforestar y mantener bajo el agua al antiguo lecho del lago, para con ello impedir la suspensión de material particulado hacia la atmósfera.

Imagen HDR.G-3. Tolvanera en la Ciudad de México.



Fuente: Archivo Fotográfico Rodrigo Moya

La imagen muestra el cruce de las Avenidas Juárez, de la República, Paseo de Bucareli y de Reforma, al fondo se aprecia el Monumento a Carlos IV "el Caballito" de Manuel Tolsá. Ciudad de México 1958.

Este fenómeno fue continuamente documentado en los periódicos de la época. Rodrigo Moya siendo reportero gráfico, se destacó por ser uno de los pioneros y exponentes de la fotografía mexicana contemporánea reconocido internacionalmente. Este fotógrafo fue autor de la icónica fotografía de “el caballito” y la tolvanera en la Ciudad de México.

La fragilidad de este tipo de suelo generó nuevamente tolvaneras que provocaron mala calidad del aire durante las obras del ahora cancelado Nuevo Aeropuerto de la Ciudad de México, que pretendió construirse en la reserva natural del Lago de Texcoco. Por ello la mitigación de este fenómeno debe abordarse desde una perspectiva ecológica.

Tolvanera del 12 de junio de 2023

Las condiciones de sequía que se presentaron durante el primer semestre del año 2023, en conjugación con los factores de gestión del suelo, en las que vastas superficies estuvieron desprovistas de vegetación, se conjugaron en un fenómeno que detonó la manifestación de una tormenta de polvo que afectó la Zona Metropolitana de Guadalajara en el mes de junio, la cual fue de magnitudes mediáticas.

Esto es un preámbulo al escenario de exacerbación al riesgo asociado al cambio global, que impactará en el estado de Jalisco.

6.1.7.3. Metodología y Memoria de Cálculo

De acuerdo con la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos publicada en el Diario Oficial de la Federación en diciembre del 2016, para el análisis por tormentas de polvo se habrán de tomar en consideración las condiciones climáticas, así como la dinámica de la vegetación y las superficies susceptibles o fuentes de material particulado.

El análisis de estos fenómenos se realiza cuando se dispongan de registros históricos de su presencia anual y que hayan tenido algún impacto en la población.

Para este efecto, a partir de las entrevistas realizadas con el personal operativo de la Unidad de Protección Civil y Bomberos del Estado de Jalisco, fue reiterativo que esta problemática incide en torno a la autopista Guadalajara Colima que atraviesa las lagunas.

Esta información se confirmó por los datos encontrados en los registros hemerográficos disponibles en internet y en los cuales se señalan episodios como suspensión del tránsito en la autopista ocasionada por las condiciones de invisibilidad por las tolvaneras, así como también eventos de choques múltiples.

Tabla HDR-G-1. Tormentas de polvo documentadas en fuentes hemerográficas

Tormentas de polvo	**30 de enero del 2018**
	8 de febrero del 2018
	16 de abril del 2019
	1 de enero del 2020
	30 de diciembre del 2020
	1 de abril del 2021
	15 de mayo del 2022
	16 de mayo del 2022
	22 de junio del 2023
	2 de octubre de 2023

Fuente: Elaboración propia con información de medios de comunicación.

Cada uno de estos eventos fue reportado en medios debido a los accidentes en la autopista Guadalajara-Colima, así como por la suspensión de las operaciones en la autopista, lo cual afecta a los usuarios que transitan en ella.

Imagen HDR-G-4. Reportajes de accidentes y cierres de la autopista



Fuente: Tomado de diversos medios de comunicación.

En este sentido, de acuerdo con el Atlas de Riesgos del Estado de Jalisco publicado en 2007, se tienen como antecedente la publicación de la denominada "Zona de Tolvaneras", la cual comprende principalmente la superficie el lecho de la Laguna de Sayula, la Laguna de San Marcos y la Laguna de Atotonilco ubicadas en torno a los municipios de Amacueca, Sayula, Villa Corona, Techaluta de Montenegro, Zacoalco de Torres, Atoyac, Acatlán de Juárez, y Teocuitatlán de Corona, en la Región XI "Lagunas", motivo por el cual, el análisis de este fenómeno para su consecuente delimitación cartográfica, se enfocará en esta zona.

Al interior de estas lagunas, transcurre la autopista Guadalajara-Colima, la cual cada año suspende sus operaciones en el margen de horas, debido a la invisibilidad que genera al tránsito vehicular, la formación de tormentas de polvo o tolvaneras y que derivan en accidentes vehiculares.

Teniendo como antecedente la información geográfica del Atlas de 2007, se determinó que la superficie delimitada por peligro por tolvaneras corresponde a una unidad edafológica de tipo Solonchak.

Los Solonchak son suelos con enriquecimiento en sales fácilmente solubles en algún momento del año, formadas en ambientes de elevada evapotranspiración. Las sales son apreciables cuando el suelo está seco y en la mayoría de las veces precipitan en la superficie formando una costra de sal. Las sales afectan la absorción de agua por las plantas y afectan el metabolismo del nitrógeno, por ello difícilmente se establece una cubierta vegetal en este tipo de suelos, estando generalmente desnudos, siendo altamente susceptibles a la erosión eólica durante la temporada seca.

La delimitación cartográfica para la representación de este fenómeno se obtuvo a partir las unidades de suelo de tipo Solonchak, documentadas por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, en las Cartas Edafológicas 1:50,000 F-13-D-75; F-13-D-85 y F-13-E-15.

6.1.7.4. Fichas de Campo

Imagen HDR-G-5. Tolvanera captada a las 9:00 am el 16 de agosto de 2023. Velocidad del viento: 5km/h



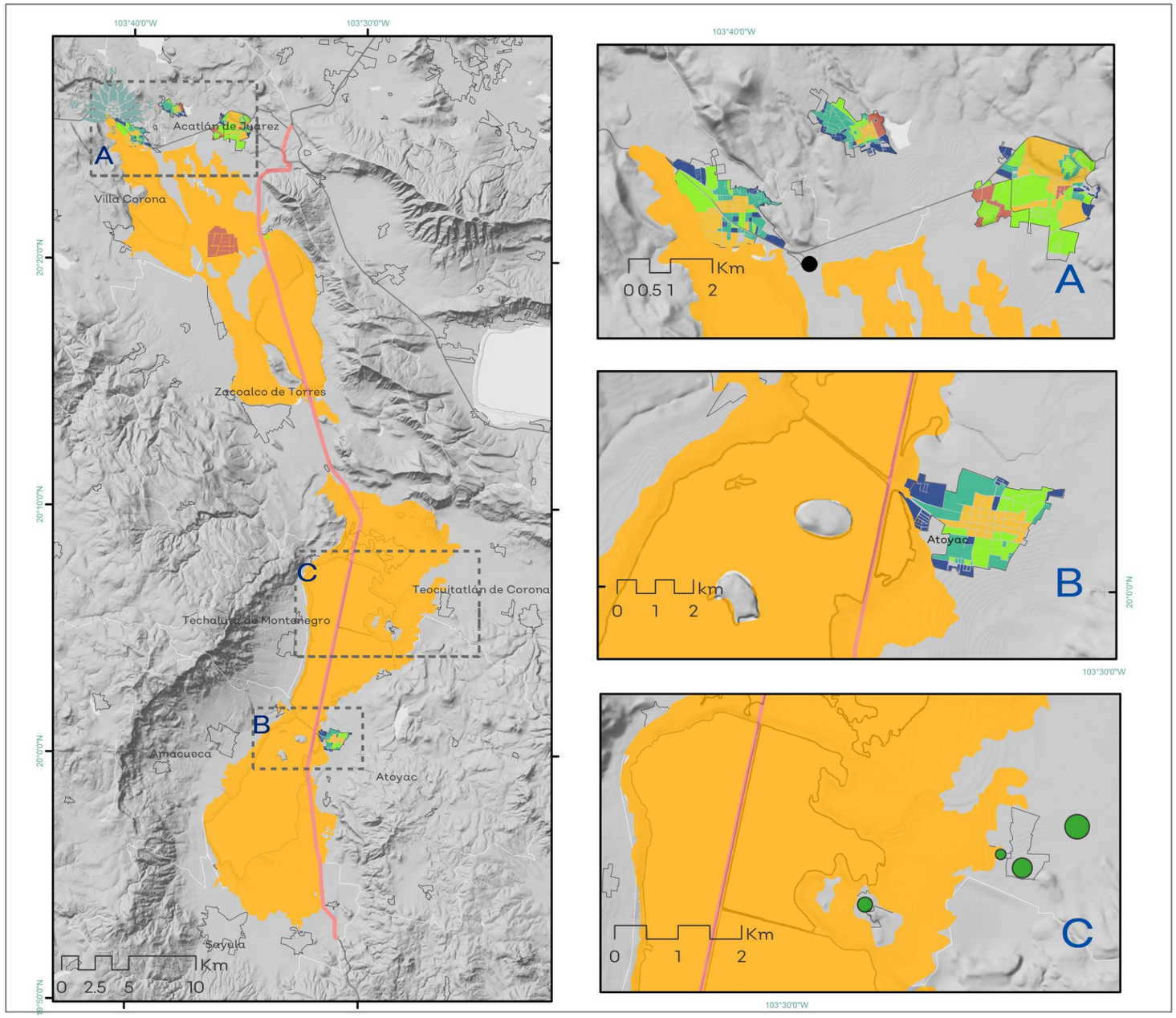
Fuente: Soluciones SIG SA de CV.

6.1.7.5. Peligro

Se determinó una zona que comprende a las unidades de suelo de tipo Solonchak, abarcando una superficie de hasta 365 km^2 la cual se determinó como la principal fuente de aporte de material particulado.

La zona de peligro se describe como un transecto de 56 km de la autopista Guadalajara – Colima comprendidos desde la Plaza de cobro en Acatlán, hasta la Plaza de cobro en Sayula (mapa HDR-G-01).

ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Tormenta de Polvo
HDR-G-01

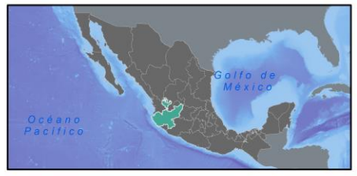
Leyenda Temática
Sistemas Expuestos a Tormentas de Poivo

Poblacion Afectada
- 32 %
- 36 %
- 38 %
- 42 %
- 64 %

Perdida Económica
- $1,421,060,000.00
- $300,000,000.00
- $66,000,000.00
- $14,000,000.00
- $2,800,000.00

- Autopista Guadalajara-Colima
- Zona de Tolvaneras

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal



Parámetros Cartográficos
Proyección..... CCL Esferoide.....GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008

Fuente
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: INEGI, SGM, CENAPRED y Sentinel 2.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

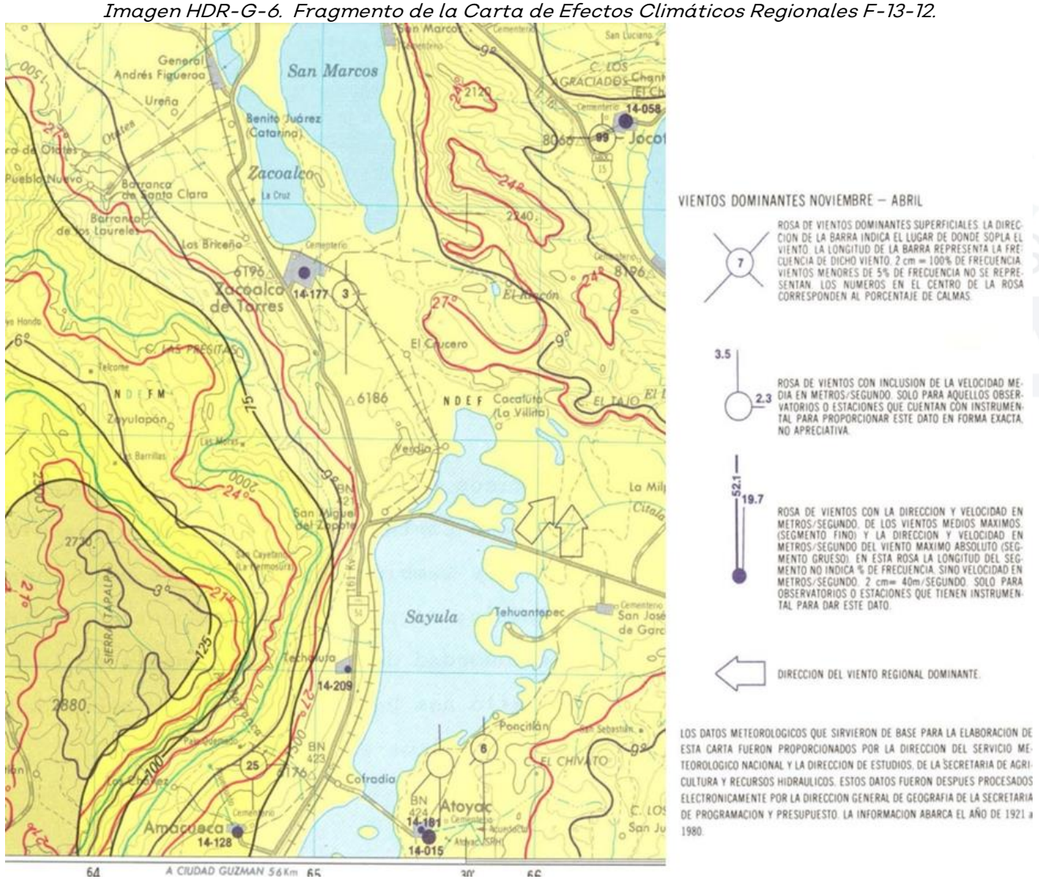
Junio 2024

6.1.7.6. Vulnerabilidad

El polvo suspendido en el aire durante y después de las tormentas de polvo puede provocar problemas respiratorios y visuales en la población y en los animales principalmente en infantes y personas adultas mayores y causan daños en bienes públicos y privados.

A partir de la Zona delimitada en la Región XI Lagunas y con base en la información del Censo de Población y Vivienda de INEGI 2020, se determinó a las localidades potencialmente expuestas a este fenómeno, seleccionando aquellas con ubicación al oriente y norte del margen de las lagunas de Sayula, San Marcos y Atotonilco, de acuerdo con la dirección dominante de los vientos documentada por el INEGI en la Carta de Efectos Climáticos Regionales F-13-12.

Imagen HDR-G-6. Fragmento de la Carta de Efectos Climáticos Regionales F-13-12.



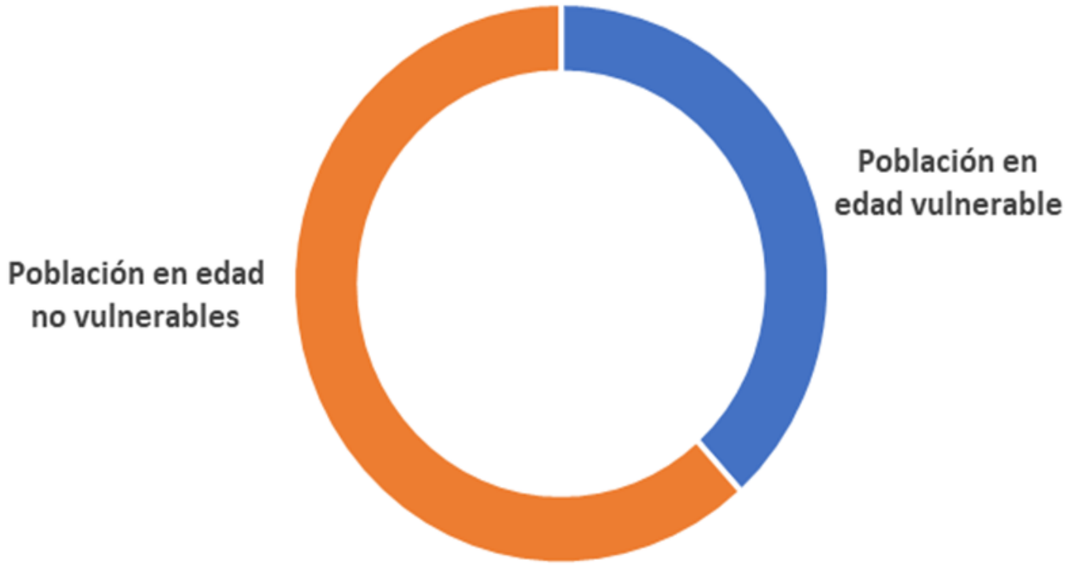
Fuente: INEGI, 1990.

Tabla HDR-G-2. Indicadores generales de los municipios en torno a las Lagunas de Atotonilco, San Marcos y Sayula.

Municipio	Viviendas	Población	Estrato de población considerada vulnerable		Porcentaje de la población no derechohabiente
			% 0 a 14 años	% 65 y más años	%
Acatlán de Juárez	7,997	25,250	29.7	7.5	25.1
Amacueca	2,284	5,743	28.1	11.2	25.2
Atoyac	3,585	8,689	25.3	13.0	23.1
Sayula	11,563	37,186	26.7	8.8	22.7
Techaluta de Montenegro	1,511	4,072	27.5	11.8	7.5
Teocuitatlán de Corona	5,081	11,039	23.1	14.9	24.7
Villa Corona	7463	19063	27.2	10.6	24.6
Zacoalco de Torres	10268	30472	26.8	10.6	32.0

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Imagen HDR-G-7. Distribución de la población vulnerable.



Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

Con este criterio, se determinó por cada localidad los porcentajes de población vulnerable a este fenómeno.

Tabla HDR-G-3. Indicadores generales por localidad potencialmente expuesta.

Municipio	Localidad	Viviendas	Población	Estrato de población considerada vulnerable		Porcentaje de la población no derechohabiente
				% 0 a 14 años	% 65 y más años	
Acatlán de Juárez	San José de los Pozos	361	928	29.3	9.3	19.8
	Santa Ana [Estación]	30	78	32.1	10.3	38.5
	Los Castillos	11	16	6.3	18.8	43.8
	El Pantano San Marcos	21	18	27.8	22.2	44.4
	El Quelele	16	19	10.5	0.0	15.8
	Las Carretas	24	57	40.4	3.5	26.3
Atoyac	Cabecera municipal	2138	5389	18.9	11.2	23.1
	Cuyacapan	401	1067	30.9	9.0	20.5
	Poncitlán	84	180	23.3	18.3	3.9
	Tultitlán	49	122	36.1	4.1	6.6
Sayula	Tamaliagua	26	67	16.4	17.9	41.8
	El Reparo	162	477	28.9	8.2	29.1
Teocuitatlán de Corona	San José de Gracia	574	969	19.4	21.4	36.4
	Tehuantepec	189	455	22.6	13.4	16.3
	El Borrego	30	69	44.9	2.9	14.5
	Cuatezquite	52	133	24.1	8.3	49.6
Villa Corona	Colonia Nuevo Tizapán	36	91	36.3	3.3	40.7
	Crucero de Bellavista	11	11	45.5	18.2	18.2
	El Monte	76	45	26.7	2.2	17.8
	La Panochera	8	29	41.4	10.3	10.3
Zacoalco de Torres	Cacaluta (La Villita)	267	635	27.2	13.9	25.5
	San Marcos	536	1466	29.5	13.4	24.4

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

De acuerdo con la Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social" publicada por el Centro Nacional de Prevención de Desastres en 2014, las localidades de Santa Ana, Los Castillos, El pantano San Marcos, Tamaliagua, Cuatezquite y Colonia Nuevo Tizapán tienen un grado Bajo de vulnerabilidad en el rubro por Porcentaje de Población no Derechohabiente de Servicios de Salud, mientras que el resto de las localidades enunciadas tienen un grado Muy Bajo de vulnerabilidad en este rubro.

A nivel domiciliario es necesario enunciar que todas las viviendas y edificaciones son susceptibles al ingreso del polvo, principalmente a las partículas de tamaño más fino, las cuales generan un mayor riesgo a la salud, afectando a sus ocupantes.

En el mapa HDR-G-1 se representa por cada municipio en torno a las lagunas, las proporciones de los grupos de edad de la población.

Se reconoce que la acción del viento puede llegar a dañar elementos no estructurales y en el peor de los casos a las estructuras mismas, lo cual se enuncia en el capítulo sobre vientos fuertes.

6.1.7.7. Riesgo

Para el análisis de riesgos se estimó la población potencialmente afectable, la cual se resume en la tabla HDR-G-4. En el mapa se representa el tamaño de población por cada localidad, así como la distribución de las unidades económicas potencialmente expuestas.

Tabla HDR-G-4. Resumen de población potencialmente afectable

Municipios	Localidades	Viviendas	Población	Estrato de población considerada vulnerable		Porcentaje de la población no derechohabiente
				% 0 a 14 años	% 65 y más años	
6	22	5,107	12,340	27.7	10.6	27.6

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo de Población y Vivienda de INEGI, 2020.

De igual forma se incluye en la ventana B y C se muestra una representación de las afectaciones potenciales en el sector económico, esto en el supuesto de que la severidad de las tormentas de polvo obligue la suspensión de actividades en los centros de trabajo. Para ello se enuncian en la tabla HDR-G-5 el número de establecimientos, empleados y pérdida económica diaria de las unidades económicas existentes en las localidades que se determinaron como potencialmente expuestas comprendidas en los municipios de Acatlán de Juárez, Atoyac y Villa Corona.

Tabla HDR-G-5. Afectaciones económicas por suspensión de actividades

Municipio	Establecimientos	Empleados	Potencial pérdida diaria
Acatlán de Juárez	1,134	7,540	$13,875,987.78
Atoyac	3,777	1,497	$1,087,786.72
Villa Corona	528	2,491	$2,442,127.15
Totales	2,039	11,528	$17,405,901.66

Fuente: Elaboración propia con datos del Censo Económico de INEGI, 2019

De manera indirecta, la tormenta de polvo puede entorpecer el tráfico vehicular en carreteras debido a que se reduce la visibilidad drásticamente, por lo que se han presentado accidentes vehiculares.

Para este efecto, es la Dirección General de Servicios Técnicos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT) la autoridad responsable de integrar la Estadística de Accidentes de Tránsito ocurridos en la Red Carretera Federal, mediante el registro, análisis y tratamiento estadístico de la información proporcionada por la Policía Federal en la parte de accidentes, con la finalidad de disponer de información relacionada con los sitios de alta frecuencia, las causas que lo produjeron y los saldos que resultaron como consecuencia de los accidentes, entre otra información, para que mediante su análisis, las áreas encargadas de la conservación de carreteras libres y de cuota, establezcan programas dirigidos a la prevención de los accidentes.

La Estadística de Accidentes de Tránsito se ha publicado de forma anual dentro del periodo 2000 al 2021, en la cual se dispone información desagregada, que permite identificar el número de accidentes de tránsito asociados a tolvaneras.

Esta base de datos confirma que la única zona que presenta este riesgo en el territorio del Estado de Jalisco es la Autopista Guadalajara-Colima, para lo cual se obtuvo la serie de datos que se presenta en la tabla HDR-G-6.

Tabla HDR-G-6. Estadística de Accidentes de Tránsito reportados para la Autopista Guadalajara-Colima.

año	accidentes	accidentes por tolvanera	año	accidentes	accidentes por tolvanera
2021	23		2010	177	
2020	17	1	2009	162	
2019	9		2008	18	
2018	5		2007	5	
2017	40		2006	25	
2016	85	1	2005	80	1
2015	58		2004	96	1
2014	111	1	2003	91	
2013	177	1	2002	122	2
2012	149		2001	189	2
2011	176		2000	189	1

Fuente: Elaboración propia con datos de la Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transporte, 2023.

Imagen HDR-G-8. Choques múltiples documentados en la Autopista Guadalajara – Colima.



Fuente: Tomado de diversos medios de comunicación.

La operación de la autopista se realiza bajo un esquema de servicio concesionado, a lo que autoridades de Protección Civil y Bomberos de Jalisco mencionaron que tienen sus propios protocolos de respuesta en caso de tolvaneras, sin embargo, existe una coordinación multisectorial para la salvaguarda y protección de los ciudadanos en la cual se coadyuva en los patrullajes y cierres de caseta en el transecto que abarca desde la plaza de cobro de Acatlán hasta la plaza de cobro de Sayula.

Imagen HDR-G-9. Señalética precautoria en la Autopista Guadalajara – Colima.



Fuente: Soluciones SIG SA de CV.

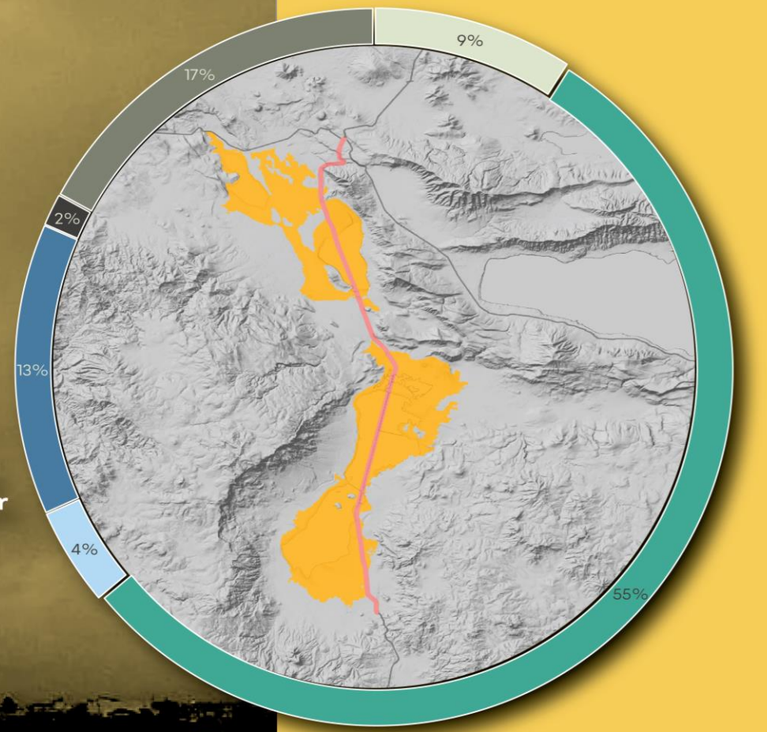
Tormentas de Polvo

En Jalisco, este fenómeno tiene lugar en la Región XI-Lagunas, afectando principalmente, el tráfico en la autopista que transcurre, al interior de las lagunas secas de Sayula y San Marcos.

5,107 viviendas

38.3% Mayor Vulnerabilidad

56 km Autopista Guadalajara - Colima



Población Potencialmente Expuesta 12, 340

27.6% sin derecho habiencia

11 Accidentes registrados por SCT entre 2000-2021

22 localidades expuestas en los municipios de:

- Acatlán de Juárez
- Sayula
- Villa Corona
- Atoyac
- Teocuitatlán de Corona
- Zocoalco de Torres

En caso de suspensión de actividades

11, 528 empleados expuestos

2, 039 establecimientos económicos

$17, 405, 901.66 MNX perdida potencial diaria

6.1.7.8. Propuestas de Reducción del Riesgo

La autopista Guadalajara-Colima constituye una importante vía de comunicación, siendo la arteria principal para la movilización de la economía entre el Puerto de Manzanillo y la zona metropolitana de Guadalajara.

Su importancia estratégica en el comercio es por sí solo el argumento más sólido para considerar la implementación de acciones que mitiguen la formación de tormentas de polvo en el trayecto que pasa por las lagunas.

La interrupción en el servicio de la autopista, así como los accidentes relacionados, pueden suponer pérdidas millonarias en las redes de logística de la economía del estado y de la región.

Las lagunas han sido catalogadas como sitios Ramsar por la UNESCO, es decir, que tiene un importante valor para la ecología del mundo, de igual forma constituyen un área de importancia para la conservación de las aves, por ello, el conjunto de prácticas que se implementen para reducir el riesgo por tolvaneras en torno a esta región habrá de incidir simultáneamente en enriquecer el hábitat para la biodiversidad.

Para este efecto, se ha hecho una revisión de las mejores prácticas globales que se han implementado en México y en el mundo, para combatir problemáticas similares, desde un enfoque ecosistémico.

Anegar, cubrir y revegetar

Estás 3 prácticas de bajo costo, implementadas en diversas zonas de las lagunas en función de las condiciones ambientales locales, incidirán en la reducción de superficies de suelo desnudo.

Anegar: para lograr la permanencia anual de zonas bajo el agua, es necesario que, a partir de un análisis topográfico e hidrológico, se determinen zonas en las que, a partir del movimiento de tierras, se puedan generar reservorios que compartimentan el agua, evitando así el efecto de repliegue del agua y el crecimiento de las playas conforme se deseca el lago en época de secas.

Imagen HDR-G-10. Obras de retención de agua



Fuente: Fundación PANNI.

Cubrir: la implementación de alfombras de fibras vegetales, acolchados y enmiendas orgánicas incide en la interrupción del contacto del suelo desnudo con la atmósfera, limitando la acción de arrastre y suspensión que produce el viento, de igual forma, la implementación de enmiendas orgánicas permite reducir los efectos de la salinidad, facilitando la agregación del suelo y condiciones de fertilidad para el establecimiento de vegetación precursora. Este conjunto de prácticas ha sido empleada exitosamente para combatir la desertificación en África, China y Australia.

Imagen HDR-G-11. Práctica de retención de suelos ante erosión eólica



Fuente: My Account on China.

Revegetar el suelo desnudo bajo estas condiciones adversas generaría beneficios múltiples, la experiencia en el Lago de Texcoco, permitió establecer un catálogo de plantas tolerantes a la salinidad. La revegetación con distintos estratos y consorcios de plantas permitiría diversificar el hábitat para las especies de fauna que se han documentado en la zona, al mismo tiempo que al aumentar la rugosidad del terreno, se permitiría a su vez reducir el riesgo por vientos fuertes.

Imagen HDR-G-12. Restauración del Lago de Texcoco.



Fuente: Gobierno de México.

Prácticas globales para reducir afectaciones en salud

El Gobierno de Nuevo México, uno de los estados afectados por el "Dust Bowl", ha publicado recomendaciones para la población en caso de tormentas de polvo, las cuales enuncian lo siguiente:

Las polvaredas o tormentas de polvo pueden causar serios problemas de salud, así como agravar problemas preexistentes en la población. El polvo consiste en pequeñas partículas sólidas que se suspenden en el aire. Estas partículas pueden invadir las defensas naturales de los pulmones y pueden acumularse. Esto puede dañar el tejido pulmonar el cual es muy sensitivo.

El polvo causa irritación a los pulmones, puede provocar alergias y también puede causar ataques de asma. En gente que ya tiene estos problemas, los ataques pueden ser serios y causar problemas respiratorios, como tos, resuello asmático y catarro. Algunos grupos de población son más sensibles al polvo.

Respirar polvo durante periodos de tiempo prolongados puede causar problemas crónicos respiratorios y en los pulmones.

La población expuesta corre riesgo al respirar polvo, sin embargo, los siguientes grupos poblacionales son los de mayor riesgo:

- Bebés, niños y adolescentes
- Personas de la tercera edad
- Personas con asma, bronquitis, enfisema u otros problemas respiratorios
- Personas con problemas cardiacos
- Mujeres embarazadas
- Adultos sanos que trabajan o se ejercitan al aire libre.

La mejor precaución es no salir a exteriores durante una tormenta de polvo. Si es necesario salir, se debe limitar la exposición al exterior y la realización de ejercicio. Cubrir nariz y boca, puede proveer protección de las partículas de polvo grandes, sin embargo, son las partículas de polvo más finas las de mayor peligro a la salud.

De igual forma, el CENAPRED ha publicado los siguientes consejos para la autoprotección ante grandes concentraciones de polvo:

- Las personas con enfermedades respiratorias crónicas (EPOC o asma), adultos mayores, mujeres embarazadas y niños deben usar protectores respiratorios tales como mascarillas o un pañuelo de tela húmedo para cubrir nariz y boca.
- Si tiene sensación de cuerpos extraños en los ojos, lávese con abundante agua. Es preferible utilizar agua potable o hervida. Lavarse las manos antes de iniciar el procedimiento.
- Cubrir las fuentes de agua como pozos, recipientes o tanques de almacenamiento de agua para evitar contaminación.
- Utilizar equipo de protección personal como gafas, cubrebocas o pañuelo de tela húmeda para cubrir nariz y boca.
- Humedezca el piso de su casa antes de barrer para evitar la resuspensión del polvo que pudiera acumularse en el suelo.
- Evitar exponerse a las altas concentraciones de polvo
- Tomar resguardo durante estos eventos
- Cerrar todas las entradas de aire a los cuartos durante las tormentas
- Si es necesario estar a la intemperie, utilizar lentes y cubrebocas o pañuelo (especialmente las personas propensas a las enfermedades respiratorias).
- Lavar la boca en caso de exposición al polvo

Imagen HDR-G-13. Previene, infórmate y prepárate.



Fuente: Fragmento de díptico publicado por el Gobierno de Chile.

Monitoreo de la calidad del aire

Se debe considerar la implementación de estaciones de monitoreo de la Calidad del Aire, para con ello emitir oportunamente alertas a la población respecto a las concentraciones de material particulado en la atmósfera, permitiendo así reducir la exposición de la población a este fenómeno en materia de salud pública.

De igual forma, este alertamiento, permitiría establecer medidas emergentes para los usuarios en la autopista.

Se propone la implementación de estaciones en las 8 cabeceras municipales de Amacueca, Sayula, Villa Corona, Techaluta de Montenegro, Zacoalco de Torres, Atoyac, Acatlán de Juárez, y Teocuitatlán de Corona, en la Región XI "Lagunas",

Las partículas suspendidas PM10, PM2.5 se miden a partir del principio de gravimetría, este es un método equivalente en la determinación de la masa de partículas presente en un flujo de aire, las partículas son separadas de la corriente y depositadas sobre un filtro colocado en un elemento oscilante, la variación en la frecuencia de oscilación es proporcional a la masa. El tamaño de partícula está determinado por la entrada selectiva y el flujo de muestra.

En el monitoreo de los contaminantes criterio se utilizan equipos que cumplen con las características requeridas en la Norma Oficial Mexicana.

Es preferible que la emisión de reportes sea emitida con cierta periodicidad y de manera continua durante los 365 días del año.

Tabla HDR-G-7. Índice Aire y salud.

Índice aire y salud	Nivel de riesgo asociado	Recomendaciones	
		Grupos sensibles	Para toda la población
Buena	Se considera que el riesgo es mínimo.	Disfruta las actividades al aire libre.	
Aceptable	Las personas sensibles pueden experimentar síntomas respiratorios (asmáticos), posible agravamiento de enfermedad pulmonar y cardiaca en personas con enfermedad cardiopulmonar y adultos mayores.	Considera reducir las actividades físicas vigorosas al aire libre.	Disfruta las actividades al aire libre.
Mala	Para todos los contaminantes criterio existe probabilidad de disminución en la capacidad pulmonar en personas sanas. Incremento en la probabilidad de aparición de síntomas respiratorios en personas sensibles (niños, ancianos, personas con deficiencias nutricionales, personas que realizan actividades en exteriores, ciclistas, trabajadores). En personas con enfermedades respiratorias (EPOC, asma) y cardiacas (angina de pecho) hay aumento en la probabilidad de agravamiento y disminución en la tolerancia de la actividad física, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardiaca o pulmonar	Evita las actividades físicas (tanto moderadas como vigorosas) al aire libre.	Reduce las actividades físicas vigorosas al aire libre.
Muy Mala	Para todos los contaminantes criterio, mayor probabilidad de presencia de síntomas respiratorios en población general. Agravamiento de síntomas respiratorios en poblaciones sensibles (niños, adultos mayores, personas que	- No realices actividades al aire libre.	Evita las actividades físicas moderadas y vigorosas al aire libre.

Índice aire y salud	Nivel de riesgo asociado	Recomendaciones	
		Grupos sensibles	Para toda la población
	trabajan en exteriores, ciclistas) y en personas con enfermedad pulmonar (EPOC y asma).		
	Incremento en síntomas cardiovasculares, como dolor precordial, en personas enfermas del corazón, así como mayor probabilidad de muertes prematuras en personas con enfermedad cardiaca o pulmonar.	- Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardiacos.	
	Para todos los contaminantes criterio, incremento en la probabilidad de síntomas severos respiratorios en población general.		- Permanece en espacios interiores.
Extremadamente Mala	Serios efectos respiratorios y agravamiento de síntomas en personas sensibles (niños, adultos mayores, persona con deficiencias nutricionales) y en personas con enfermedad pulmonar (asma y EPOC). Agravamiento de síntomas cardiovasculares en enfermos del corazón (como angina de pecho) e incremento en la probabilidad de muerte prematura en personas con enfermedad pulmonar y cardiaca.	- Acudir al médico si se presentan síntomas respiratorios o cardiacos.	

Fuente: Gobierno de la Ciudad de México.

Adaptación frente al Cambio Global

De acuerdo con Carlos Duarte et al en 2006 en su libro "Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra", el término cambio global define al conjunto de cambios ambientales afectados por la actividad humana, con especial referencia a cambios en los procesos que determinaron el funcionamiento del sistema Tierra. Se incluyen en este término aquellas actividades que, aunque ejercidas localmente, tienen efectos que trascienden el ámbito local o regional para afectar el funcionamiento global del sistema tierra.

Las características específicas del cambio global han llevado a proponer el término Antropoceno para referirse a la etapa actual de la Tierra.

La desertificación se define como el proceso de degradación del suelo que afecta a zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas causadas, entre otros, por cambios climáticos y antrópicos. Este proceso está siempre ligado a la acción intencionada del ser humano y acarrea la reducción del potencial productivo de los recursos superficiales y subsuperficiales y, por tanto, la disminución de la capacidad de mantener la población de forma sostenible.

La desertificación sólo resulta posible en regiones sensibles donde existe un determinado grado de aridez climática o susceptibilidad a sequías. Se estima que para 2025, en América latina, el 75% de tierras secas que se utilizan con fines agrícolas están degradadas.

Las previsiones de calentamiento global del planeta apuntan al aumento de la frecuencia de años secos y precipitaciones de alta intensidad en numerosas partes del mundo.

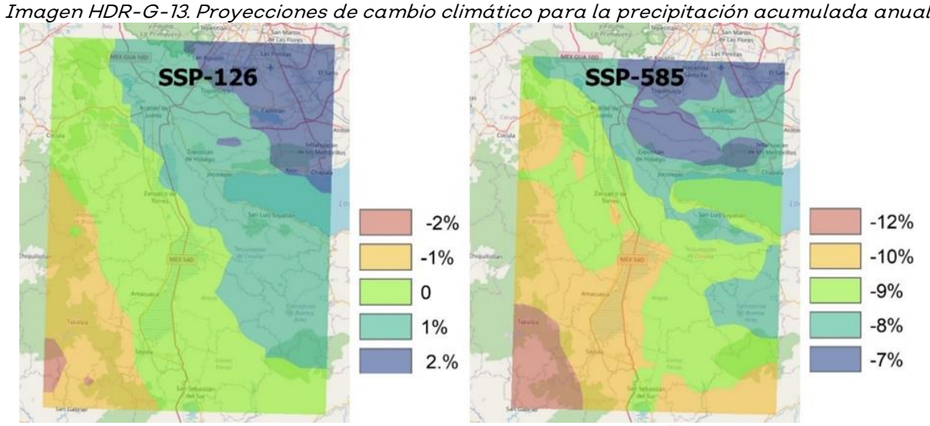
Los modelos climáticos son una herramienta indispensable para el estudio del clima observado y el cambio climático, en la imagen TP-10 y TP-11 se presentan las proyecciones de cambio climático al año 2081-2100 resultantes del modelo BCC-CSM2-MR generado por el Centro Climático de Beijing, en los cuales se presentan 2 escenarios de cambio climático bajo las trayectorias socioeconómicas SSP-126 (desarrollo económico verde) y el SSP-585 (desarrollo económico impulsado por combustibles fósiles), a partir de los cuales se presentan las siguientes anomalías en cambios de precipitación y temperatura para la región de los municipios que comprenden las lagunas de Atotonilco, San Marcos y Sayula.

Se observa que en el peor de los escenarios (SSP-585), se proyecta una disminución de hasta el 10% en la precipitación acumulada en la Laguna de Sayula.

En cuanto a temperaturas, se proyecta un aumento de entre 25% y 22% en la temperatura media anual sobre las lagunas.

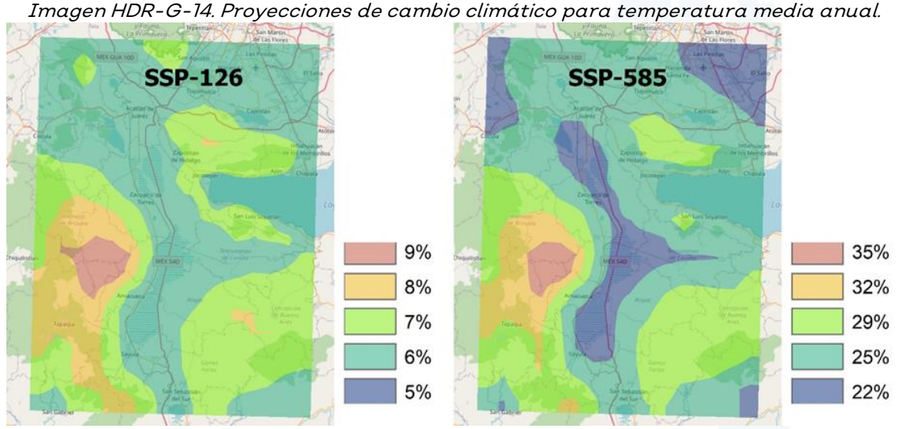
El clima en torno a las lagunas está documentado por INEGI como clima Seco cálido semiseco, por lo que estas anomalías de cambio climático suponen un escenario en el cual se exacerban condiciones más secas para las lagunas y de mayor evapotranspiración, lo cual aumentaría la cantidad de días en los que el suelo de las lagunas esté expuesto a la erosión eólica al estar desprovisto de humedad que cohesione las partículas del suelo que conforman el lecho de las lagunas.

Imagen HDR-G-13. Proyecciones de cambio climático para la precipitación acumulada anual.



Fuente: Elaboración propia con datos del modelo BCC-CSM2-MR.

Imagen HDR-G-14. Proyecciones de cambio climático para temperatura media anual.



Fuente: Elaboración propia con datos del modelo BCC-CSM2-MR.

Se debe señalar que esta proyección obedece a al resultado de uno de los escenarios publicados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), por lo que se requiere un estudio más específico o bien un ensamble de modelos para generar distintas proyecciones al cambio climático, para describir las condiciones climáticas potenciales.

El cambio climático es sólo uno de los motores del cambio global y la influencia que las actividades humanas tienen y tendrán sobre los sistemas naturales da lugar a todo un abanico de posibles escenarios.

La fragmentación de hábitat debida al creciente cambio de uso de suelo lleva a la extinción de especies que requieren mucho espacio continuo para sus ciclos vitales y el empobrecimiento genético de poblaciones aisladas y fragmentadas ha sido documentado para muchas especies animales y vegetales. El calentamiento global lleva a muchas especies a migrar en altitud y latitud, pero esta migración está muy restringida por las construcciones humanas y el uso del suelo que ha fragmentado el territorio, lo cual acrecienta el problema de las extinciones locales. En los ecosistemas de montaña, ricos en especies endémicas, no es posible la migración en altura, por lo que el impacto del calentamiento sobre ellos es desproporcionadamente alto.

Los escenarios indican que aumentará sensiblemente el empleo de los servicios de los ecosistemas por parte de los humanos. En muchos casos, esto conduce a un deterioro de la calidad de los servicios e incluso a una reducción de su cantidad. Es probable que la seguridad alimentaria siga fuera del alcance de gran parte de la población, y se espera que los recursos mundiales de agua dulce sufran cambios grandes y complejos que afecten a una proporción creciente de la población.

El cambio global es un hecho social, puesto que tiene sus causas en gran medida en las actividades humanas, y porque además son las sociedades globales y específicas, así como las personas que componen esas sociedades, quienes finalmente van a sufrir sus consecuencias bien sea directamente, bien indirectamente a través del cambio del medio biogeofísico.

Teniendo este antecedente, el estado de Jalisco se caracteriza por ser una potencia agroalimentaria a nivel nacional. Esta economía agroindustrial, se ha desarrollado a partir del uso intensivo del suelo, así como también a partir del cambio de uso de suelos forestales, para destinarlos al uso agrícola.

En el contexto del cambio global, se puede enunciar la degradación que padecen los suelos, por el uso de agroquímicos y técnicas de mecanización que impactan en la estructura del suelo, volviéndolo susceptible a la salinización y a la desagregación de las partículas del suelo.

Estas prácticas de manejo del suelo generan una fuente potencial de material particulado para alimentar tormentas de polvo.

De igual forma los procesos asociados que construyen la ciudad, incide en la degradación de los ecosistemas por cambio de uso de suelo, generando paisajes desprovistos de vegetación disponiendo así de material particulado susceptible a la acción del viento.

Las condiciones de sequía que se presentaron durante el primer semestre del año 2023, en conjugación con los factores de gestión del suelo, se conjugaron en un fenómeno que detonó la manifestación de una tormenta de polvo que afectó la Zona Metropolitana de Guadalajara en el mes de junio, la cual fue de magnitudes mediáticas.

Imagen HDR-G-15. Tormenta de polvo en Guadalajara



Fuente: TráficoZMG.

De acuerdo con el Anuario Estadístico de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SADER), de las 1,624,857.15 ha sembradas en el estado de Jalisco el 47.3% corresponde a cultivos de temporal, la cual es particularmente vulnerable a la variabilidad climática que condiciona los ciclos agrícolas.

La Estrategia Estatal sobre Biodiversidad de Jalisco 2030, en su eje 3, sobre la integración de la biodiversidad en los sectores productivos, enuncia al sistema zapopano para la producción de maíz como una práctica agropecuaria tradicional con identidad territorial, la cual se realiza principalmente en los suelos arenosos de las localidades de Nextipac, Tesistán y Santa Lucía.

Imagen HDR-G-16. Milpa brotando en el sistema zapopano. Valle de Tesistán.



Fuente: Campo de México, 2022.

Esta práctica agrícola, puede clasificarse como de uso intensivo del suelo, ya que permite adelantar la siembra en el ciclo agrícola, a partir de la realización de arados más profundos que facilitan el aprovechamiento de la humedad residual en capas inferiores del suelo. De igual forma durante la época de lluvias, facilita una mayor penetración del agua en el suelo, lo cual permite tener una reserva de humedad durante la sequía intersticial del mes de agosto, reduciendo así la pérdida por plántulas muertas.

Sin embargo, esta práctica tiene desventajas en su empleo, ya que disminuye la rentabilidad del cultivo, al requerir de entre 6 a 10 rastreos del suelo, los cuales se realizan a partir de los primeros meses después de la cosecha anterior.

De igual forma, se debilita el suelo, al reducir la disponibilidad de materia orgánica en superficie, al mismo tiempo que se debilita la estructura física del suelo.

Esta conjugación de factores en el manejo de los suelos arenosos bajo el sistema zapopano, puede producir condiciones severas de degradación ambiental, si la temporada de sequía se extiende más allá de lo esperado durante el ciclo agrícola, constituyendo así una fuente potencial de material particulado para la formación de tormentas de polvo.

Teniendo estos antecedentes, se propone el desarrollo de un modelo conceptual para identificar fuentes potenciales de material particulado ante futuras tormentas de polvo en el contexto del Cambio Global.

El modelo conceptual habrá de identificar unidades de paisaje en las que se describen los siguientes criterios:

1.- Superficies de terreno con pendiente llana
2.- Superficies bajo manejo de agricultura de temporal
3.- Superficies con peligro por sequía y afectación por cambio climático

Bajo este modelo conceptual, se habrán de priorizar zonas en las que las autoridades en materia de desarrollo rural implementen políticas de conservación y manejo sustentable de suelos que permita transitar a prácticas de manejo y producción agroecológica.

La implementación de políticas integrales para el desarrollo rural se alinea a las metas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible 2030, estableciendo un frente para fortalecer la seguridad alimentaria y reducir la degradación de los ecosistemas, todo ello generando beneficios múltiples en la mitigación de riesgos asociados al cambio global como lo son las Tormentas de Polvo.

6.1.8. Sequía

6.1.8.1. Introducción

"La sequía es caracterizada por un prolongado y anormal déficit de humedad". Su magnitud, duración y severidad se consideran relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas; es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aun habiendo carencia total del agua, la ocurrencia de la sequía es discutible. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2002)

Es así como este fenómeno se define como la ausencia de lluvias durante un periodo de tiempo prolongado, en uno o varios años. La ausencia de lluvia da lugar a un suministro insuficiente de agua para las plantas, animales y seres humanos. A lo largo del tiempo, la falta de agua ha sido un factor determinante para el desarrollo de los seres humanos, en algunos lugares ha originado la migración de comunidades casi en su totalidad. Las sequías tienen un impacto en las actividades agrícolas y ganaderas que han provocado la muerte de numerosas cabezas de ganado. Se ha comprobado históricamente que es el fenómeno meteorológico que tiene una afectación económica de gran impacto.

La magnitud, duración y severidad de una sequía se pueden considerar como relativos, ya que sus efectos están directamente relacionados con las actividades humanas, es decir, si no hay requerimientos por satisfacer, aun habiendo carencia total del agua, la sequía y su presencia son discutibles desde un punto de vista de sus efectos. (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2002)

Existen diferentes clasificaciones para la sequía ya que es un fenómeno complejo, debido a la particularidad del clima y el medio ambiente.

La relatividad de la sequía depende del enfoque a partir del cual se estudie y se midan sus efectos. Pueden distinguirse en una primera aproximación, los tipos de sequía que a continuación se describen:

Meteorológica. – Es la forma en la que se expresa la desviación de las lluvias con respecto a las que se consideran normales en un periodo determinado. Esta medición es dependiente del lugar considerado y presumiblemente está basada en el saber que posea sobre la climatología de la zona analizada.

Hidrológica. – Se caracteriza por una disminución en el caudal o volumen en los niveles de presas, lagos, ríos y lagunas. La reducción de lluvia es la que ocasiona la disminución de los escurrimientos, provocando ese descenso del nivel y volumen en dichos cuerpos receptores. Este tipo de sequía por su temporalidad causa daños severos a la población, debido a que su recuperación tiende a ser a largo plazo afectando a los sectores social y económico.

Agrícola. – Es aquella que se puede identificar con la inexistencia de humedad en los terrenos de cultivo en una temporada determinada. Este tipo de sequía está asociada a la meteorológica.
Actualmente México cuenta con un Monitor de Sequía que forma parte del Monitor de sequía de América del Norte (NADM, por sus siglas en inglés), el cual, se basa principalmente en la cantidad de lluvia precipitada y clasifica a la sequía en cinco tipos:

Anormalmente Seco (D0): Se trata de una condición de sequedad de corta duración (de 1 a 3 años) y leve intensidad, no es una categoría de sequía esta solo se presenta al inicio y final de un periodo de sequía categorizado. Al presentarse al inicio del periodo en consecuencia a la sequedad de corto plazo esta puede ocasionar retraso de la siembra de los cultivos anuales generando un crecimiento lento de los cultivos, además de déficits de agua y lenta recuperación de los pastizales dejando latente la existencia del riesgo a incendios superior al promedio. Al final del periodo de sequía su presencia puede generar déficit de agua y los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.

Sequía Moderada (D1): Se presentan con una duración moderada (de 1 a 5 años) derivado de ellos se hace evidente con algunos daños en los cultivos y pastos, conllevado a un existente alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

Sequía severa (D2): Esta sequía genera probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios ya que es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua, se presenta con una duración severa (de 1 a 10 años).

Sequía Extrema (D3): Esta sequía tiene una duración (de 1 a 20 años), genera 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.

Sequía Excepcional (D4): Esta varía en su temporalidad entre (1 a 50 años). Como resultado se evidencia 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.

En temas de salud, según la organización mundial de la salud en conjunto con las Naciones Unidas, la sequía afecta alrededor de 55 millones de personas a nivel mundial, siendo uno de los fenómenos más mortíferos en las últimas décadas. Este fenómeno afecta principalmente a niños, personas de la tercera edad, mujeres embarazadas, personas con problemas crónicos, población con estatus socioeconómico bajo, personas que laboran en el exterior. También puede ocasionar reducción en la producción y estabilidad de alimentos, incrementando el riesgo en la seguridad alimentaria.

6.1.8.2. Antecedentes del Fenómeno

En México es recurrente que se presente la sequía, sin embargo, no existe un patrón temporal ya que este fenómeno es conducido por ciertos patrones climáticos y por la influencia de fenómenos globales como patrones atmosféricos a gran escala los cuales son influenciados por variaciones de temperatura oceánica de baja frecuencia, como lo son los fenómenos del Niño y La Niña.

Imagen HDR-I – 1. Sequía en Jalisco



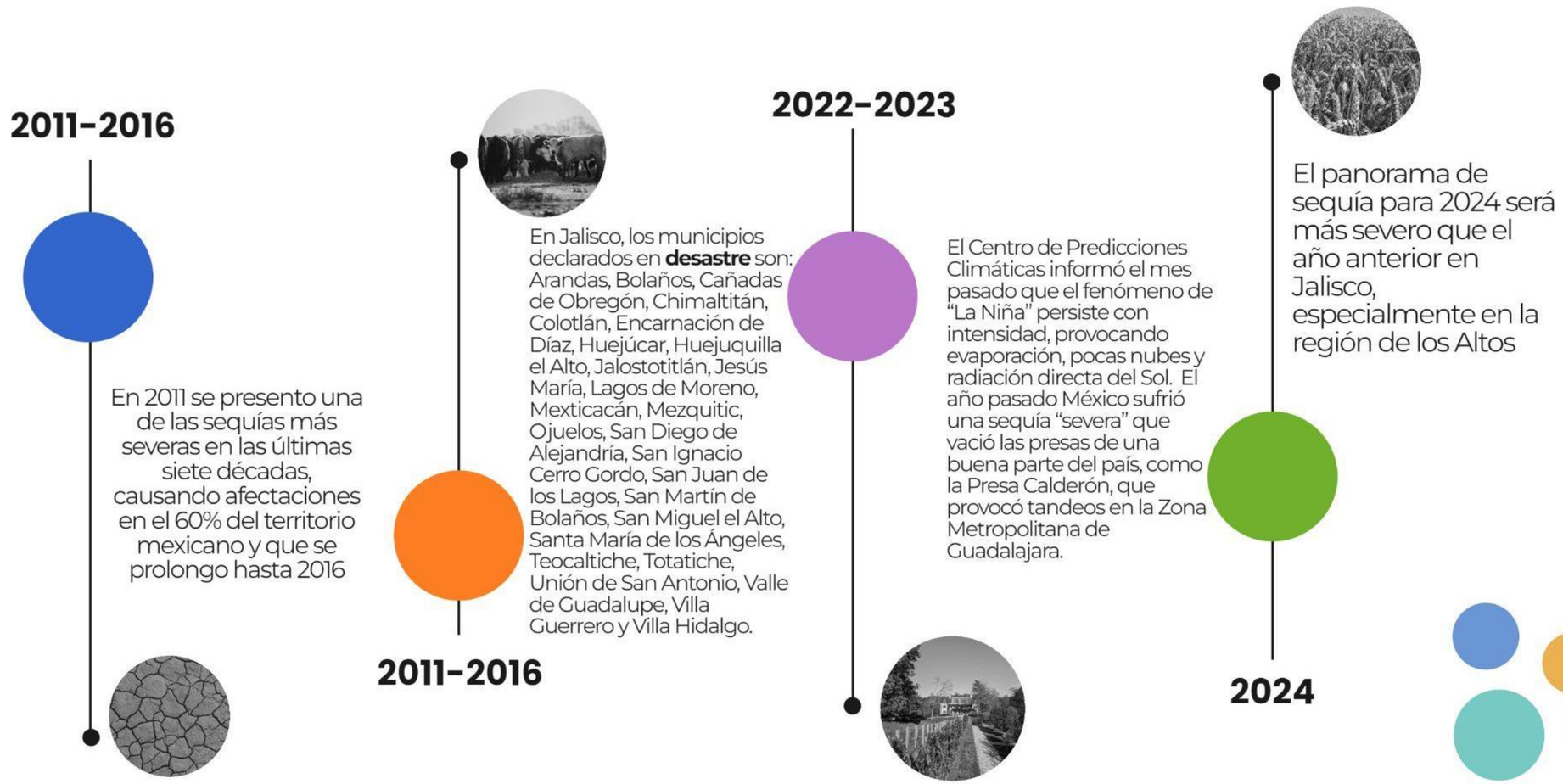
Fuente: Sociedad Tres Punto Cero. (2021).

Es evidente que en estos últimos años las condiciones de sequía han tenido un mayor impacto en el país, llegando a haber lugares del territorio nacional con categorización de condiciones de sequía severa.

Del 2021 hasta finales de 2023 la mayor parte de los escenarios climáticos derivados de La Niña se han presentado en el norte del país, generando un déficit de precipitaciones. El fenómeno de la niña se prolongó durante tres periodos seguidos lo cual no permitió una completa recuperación, este suceso que en la actualidad se presenta de forma atípica.

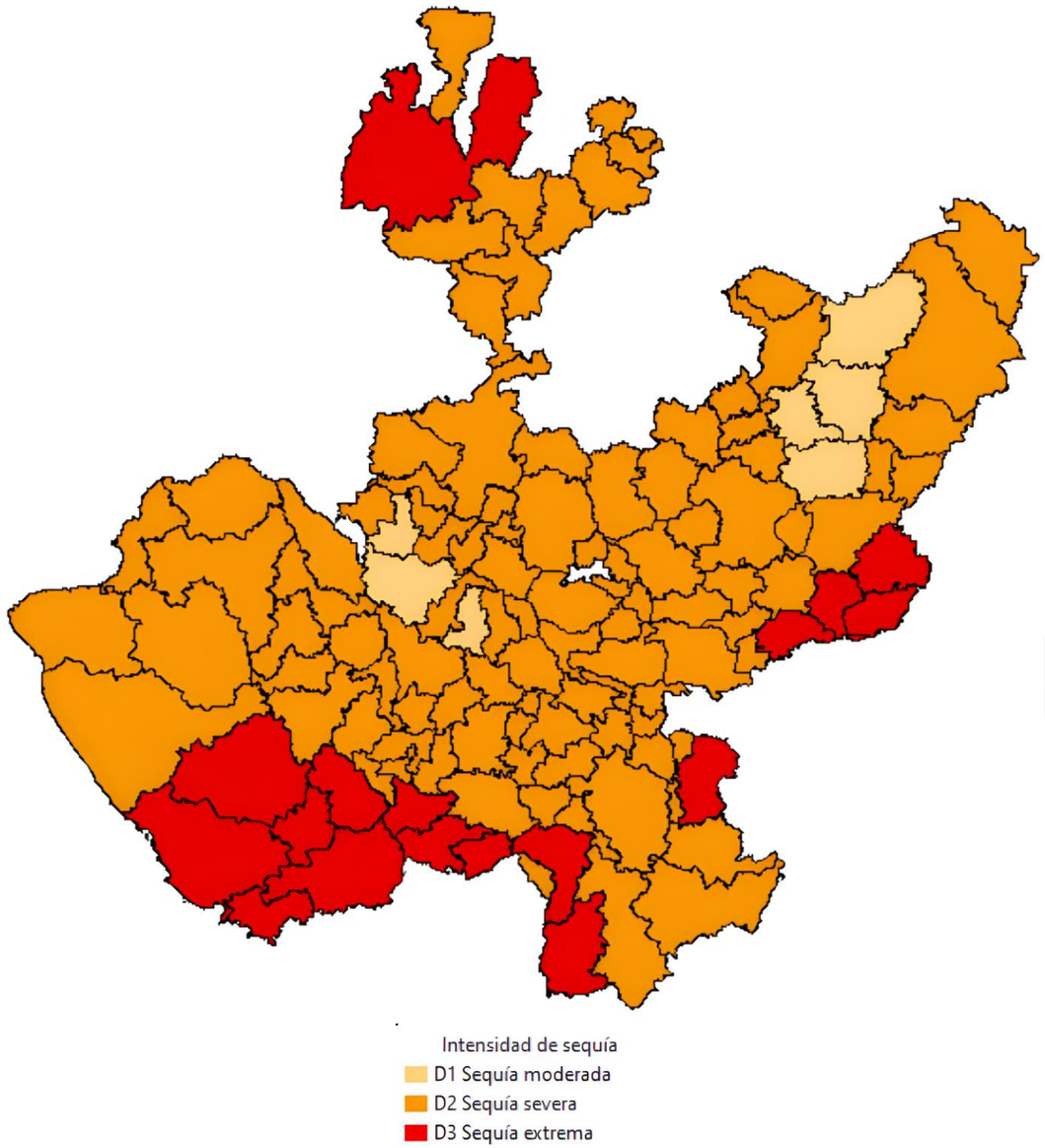
AS ESTATAL DE RIESGOS
ALISCO

Imagen HDR-I – 2. Línea del tiempo de la sequía en Jalisco.



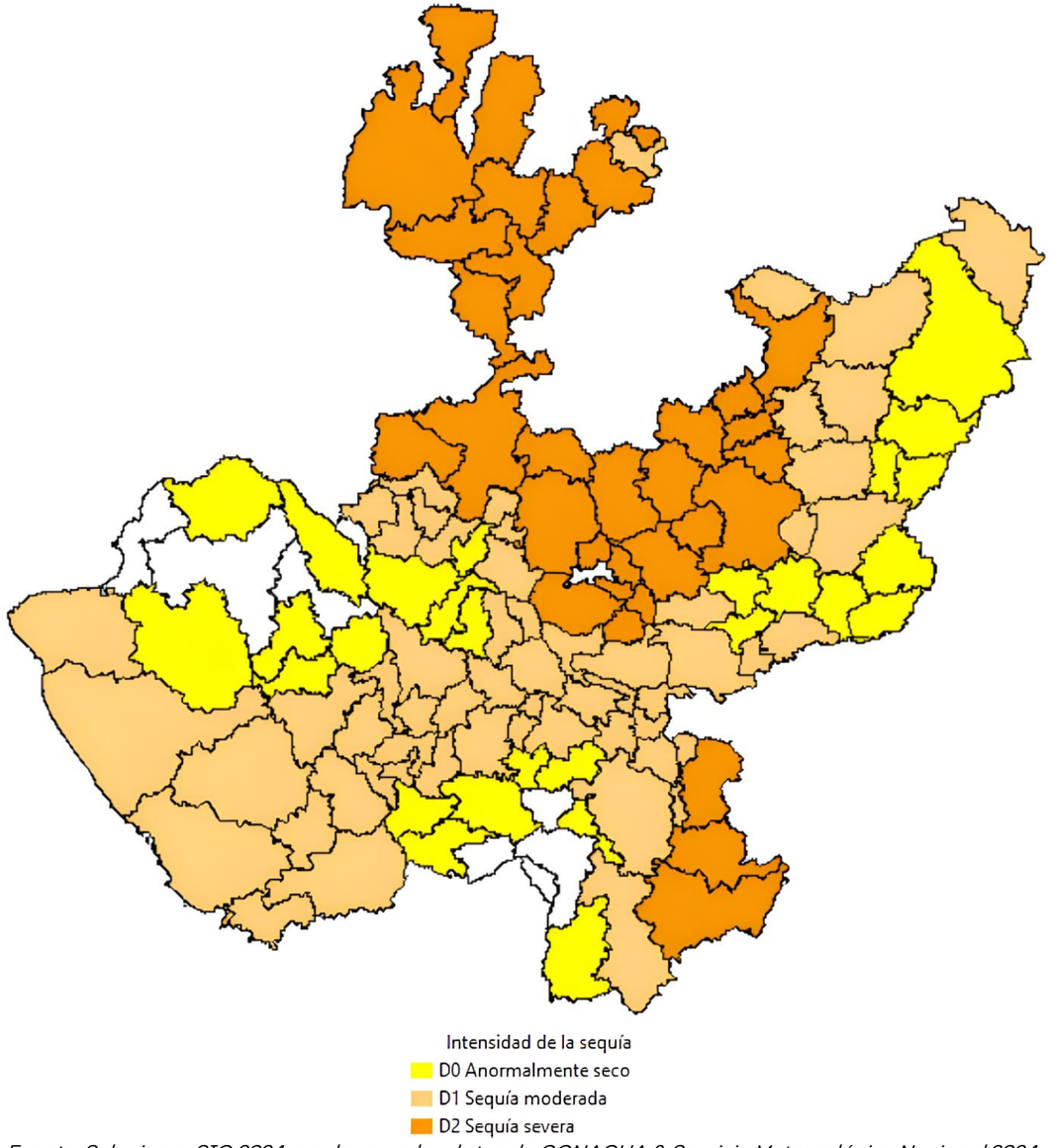
Fuente: Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-I – 3. Índice de Sequía por Municipio para Mayo del 2021



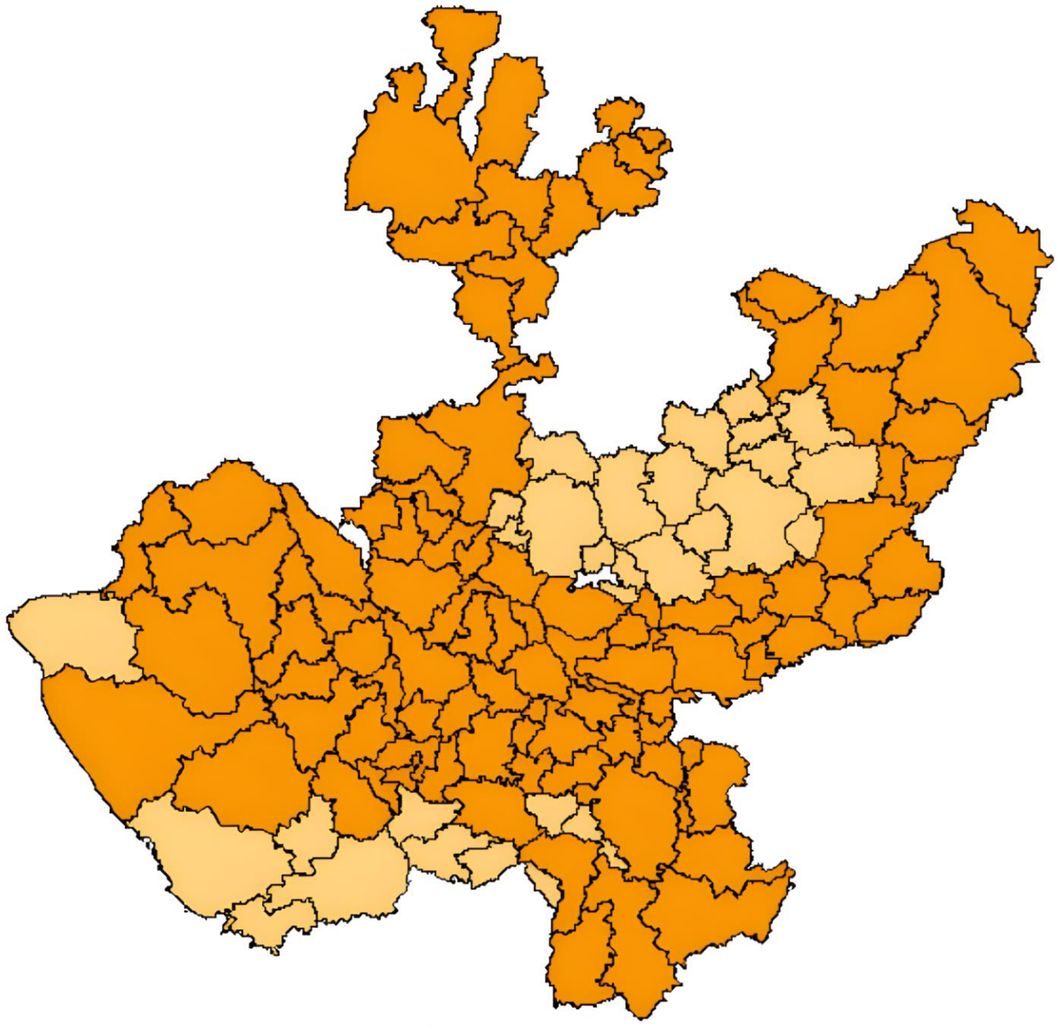
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2024.

Imagen HDR-I – 4. Índice de Sequía por Municipio para Mayo del 2022



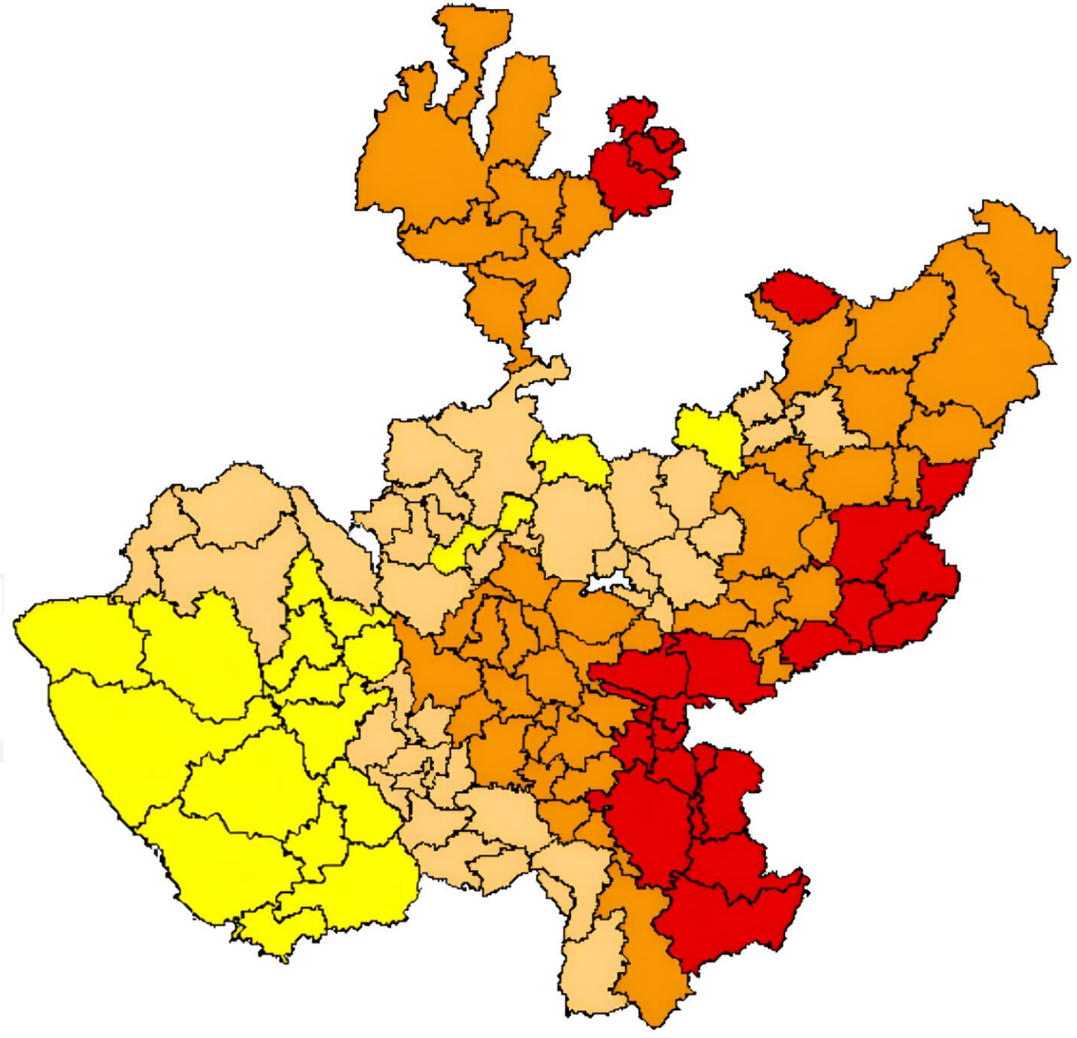
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional,2024.

Imagen HDR-I – 5. Índice de Sequía por Municipio para mayo del 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2024.

Imagen HDR-I – 6. Índice de Sequía por Municipio para Mayo del 2024



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2024.

En temas de salud, según la organización mundial de la salud en conjunto con las Naciones Unidas, la sequía afecta alrededor de 55 millones de personas a nivel mundial, siendo uno de los fenómenos más mortíferos en las últimas décadas. Este fenómeno afecta principalmente a niños, personas de la tercera edad, mujeres embarazadas, personas con problemas crónicos, población con estatus socioeconómico bajo, personas que laboran en el exterior. También puede ocasionar reducción en la producción y estabilidad de alimentos, incrementando el riesgo en la seguridad alimentaria.

6.1.8.3. Metodología y Memoria de Cálculo

El desarrollo metodológico del fenómeno involucra el análisis del índice Estandarizado de Precipitación (SPI por sus siglas en inglés), que considera el déficit de precipitaciones para una gran diversidad de escalas de tiempo. Se utiliza como insumo para vigilar la sequía porque nos permite observar la relación del déficit de la precipitación con los diferentes impactos en las aguas subterráneas, almacenamiento de agua en los reservorios, humedad de suelo.

- El índice estandarizado de precipitación (SPI; McKee, 1993) es el número de desviaciones estándar que la precipitación acumulada se desvía del promedio climatológico. Esto significa que valores por debajo de un valor -1 representan condiciones de déficit sustanciales, mientras que valores mayores que +1 indican condiciones más húmedas de lo normal.

Teniendo en cuenta un análisis histórico, con base en lo que se considera una sequía meteorológica cuando la precipitación durante un cierto periodo de tiempo es significativamente más pequeña que el promedio a largo plazo o que un valor crítico. Se caracteriza también por la presencia de altas temperaturas, baja humedad y vientos fuertes. (Escalante & Reyes, 2005).

- Se analizan también los índices de humedad del suelo mediante imágenes satelitales debido a:
    - Monitoreo de la sequía porque proporciona información sobre la disponibilidad de agua en el suelo, lo que es crucial para comprender la gravedad y la extensión de la sequía de la zona.
    - Planificación agrícola, esto porque la humedad del suelo es un factor clave para determinar las condiciones óptimas para el crecimiento de los cultivos.

- El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI por sus siglas en inglés) es una medida de la salud y densidad de la vegetación que se obtiene a partir de datos de imágenes satelitales. En el contexto de la sequía, el NDVI se analiza por varias razones:

Monitoreo de la salud de la vegetación: Durante una sequía, la disponibilidad de agua puede verse comprometida, lo que afecta la salud y densidad de la vegetación. El NDVI proporciona una medida cuantitativa de la vegetación en una región específica, lo que permite monitorear los cambios en la cobertura vegetal a lo largo del tiempo.

Detección temprana de sequías: El NDVI puede utilizarse para identificar áreas que están experimentando estrés hídrico antes de que se manifiestan los impactos visibles en la vegetación. Esto permite a los investigadores y autoridades tomar medidas preventivas y de mitigación antes de que la sequía cause daños significativos. Evaluación de la gravedad de la sequía: Al comparar los valores de NDVI a lo largo del tiempo, es posible evaluar la gravedad de la sequía en una región determinada. Una disminución en los valores de NDVI puede indicar una reducción en la salud y densidad de la vegetación, lo que sugiere un mayor estrés hídrico y la posibilidad de sequía.

Identificación de áreas afectadas: El NDVI puede utilizarse para identificar áreas específicas que están experimentando sequías severas o prolongadas. Esto es especialmente útil para priorizar la distribución de recursos y la implementación de medidas de alivio en las áreas más afectadas.

- Tipos de cultivo en la región, esto debido a que la agricultura es la actividad que consume más agua, se estima que entre el 60 y 70% por ello es la más afectada. Sin embargo no siempre se dispone de información por lo que se está sujeto a ello.

Memoria de Cálculo

Se analizaron datos de Índice estandarizado de precipitación obtenidos de Cimate Hazard Group InfraRed Precipitation con la estación CHIRPS. En los siguientes mapas se visualiza espacialmente el comportamiento del índice desde 1951 a 2023, a través de interpolaciones los eventos categorizados con base en su recurrencia a través del histórico.

El análisis del comportamiento de la precipitación nos permite observar si existe una disminución o aumento de la precipitación a lo largo del tiempo sin embargo, muchas veces se dificulta el análisis debido a que las estaciones dejan de funcionar o no se les da el mantenimiento adecuado. Para un buen análisis se requiere con 30 años de datos y mínimo 3 estaciones alrededor del área de estudio con una distancia de 20km a la periferia.

El SPI (Índice Estandarizado de Precipitación) es una medida que se utiliza para cuantificar la anomalía de la precipitación en un área específica durante un período de tiempo determinado. Este índice es valioso para evaluar las condiciones de sequía o humedad en una región. Sin embargo, como se menciona anteriormente no se dispone muchas veces de datos, por lo que se han implementado alternativas para su análisis como lo es el uso de CHIRPS.

El SPI mensual se calculará a partir de los datos diarios de CHIRPS desde 1981 hasta la actualidad donde se sumarán a los datos de precipitación mensuales. Las precipitaciones no suelen tener una distribución normal, se suele utilizar una función de probabilidad, pero no está soportada en este script. Por lo tanto, los valores SPI resultantes sólo pueden utilizarse como estimador, por lo que se utiliza como un complemento al análisis de precipitación.

Se determinó el análisis de SPI para 6 y 9 meses debido a lo siguiente:

- ➔ **Agricultura y la gestión del agua**: Durante estos períodos, la cantidad y distribución de la precipitación pueden tener un impacto significativo en los cultivos y la disponibilidad de agua.
- ➔ **Sensibilidad a condiciones de sequía**: Los períodos de 6 y 9 meses pueden capturar eventos de sequía de corto y mediano plazo que pueden afectar la agricultura, los ecosistemas y las actividades humanas.

El SPI se mide en valores que van de -1 a 1 donde valores negativos hacen referencia a condiciones de sequía y valores positivos condiciones húmedas como lo indica el Servicio Meteorológico Nacional.

Tabla HDR-I – 1. Valores categorizados SPI - CONAGUA

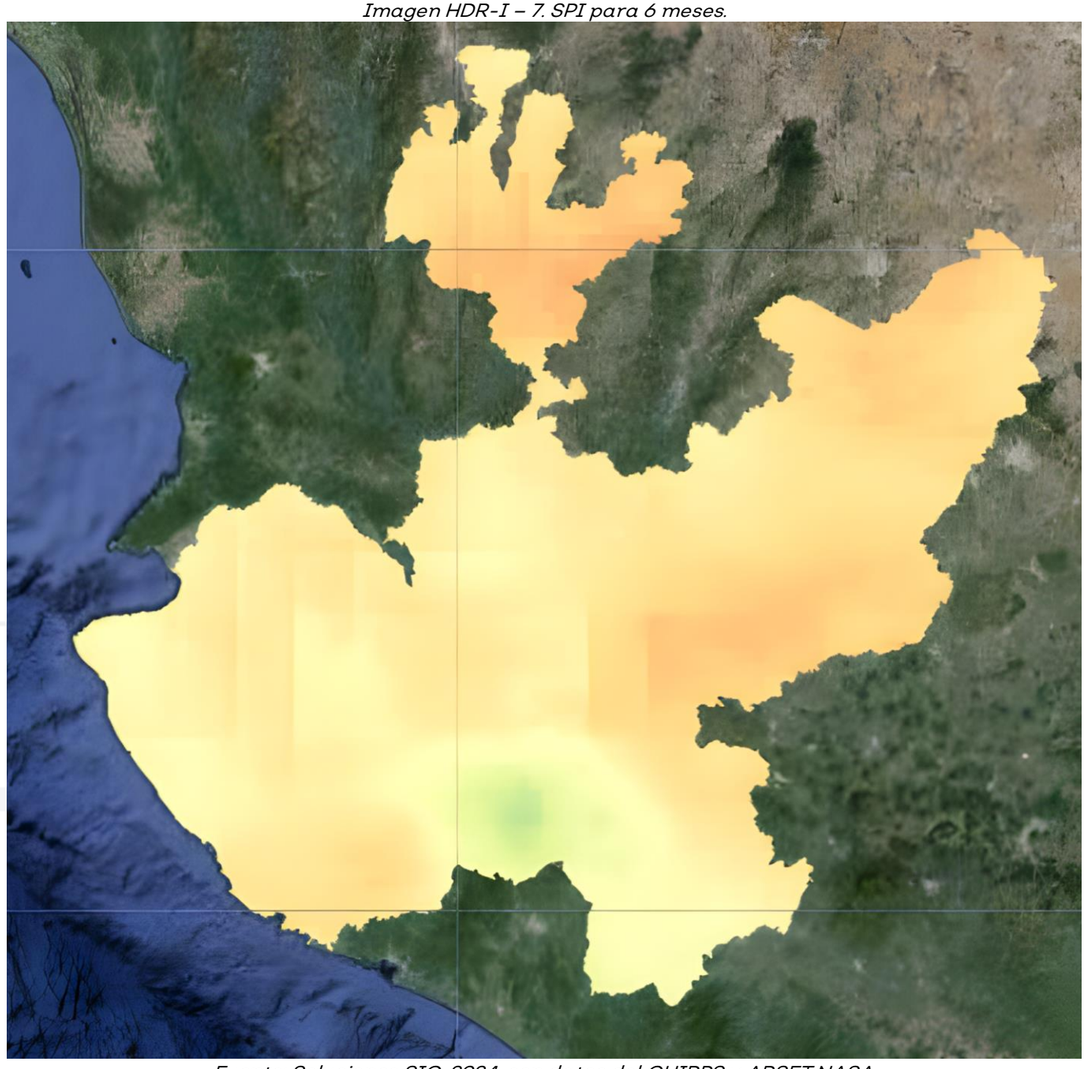
Valor SPI	Condición
2.0 y más	Excepcionalmente húmedo
1.60 a 1.99	Extremadamente húmedo
1.30 a 1.59	Muy húmedo
0.80 a 1.29	Moderadamente húmedo
0.51 a 0.79	Ligeramente húmedo
-0.50 a 0.50	Cercano a lo normal
-0.79 a 0.51	Ligeramente seco
-1.29 a 0.80	Moderadamente seco
-1.59 a -1.30	Muy seco
-1.99 a 1.60	Extremadamente seco
Menos de 2.0	Excepcionalmente seco

Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014.

En las siguientes gráficas se observa el comportamiento del SPI para 6 meses, los datos representan las zonas Norte, Este, Oeste y Sur del estado.

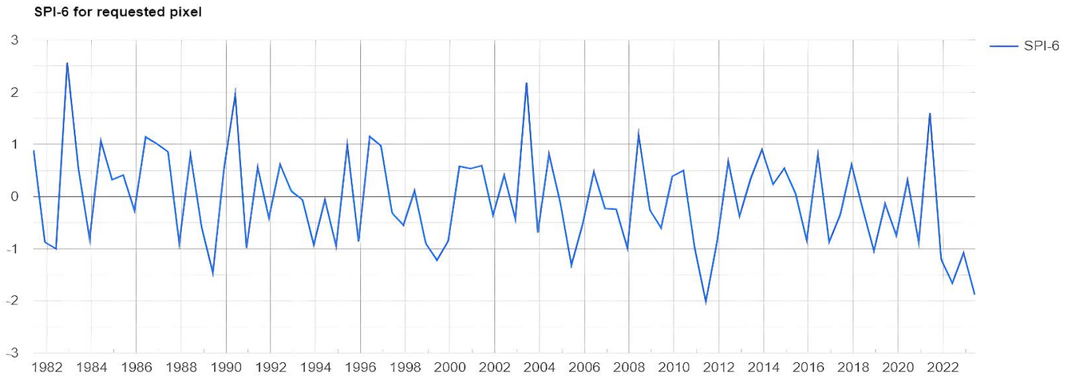
- **Zona Norte**: Para el 2011 se presentó una condición de Excepcionalmente seco con valores para el 2 de junio de -2.015, en 2022 comenzó a presentarse una condición de extremadamente seco con valores de -1.659 en el mes de diciembre y que persistieron hasta 2023 incrementando a -1.879 y que actualmente para el año 2024 persisten.
- **Zona Este**: Para 2011 se observan valores de -1.964 referente a una condición de extremadamente seco y para 2021 comenzaron condiciones de muy seco con valores de -1.379 que fueron incrementando hasta 2023 se reportaron valores de -1.751 con condiciones de extremadamente seco.
- **Zona Oeste:** Para el año 2011 se presentan valores de -0.879 haciendo referencia moderadamente seca, para 2021 se observan condiciones de moderadamente seco y para 2023
- **Zona Sur:** Para el año 2011 se presentan valores de -1.176 referente a una condición de moderadamente seco, del año 2020 a 2022 se presentan valores de -1.053,-1.15 y -1.159 de condición moderadamente seco y para el 2023 se observan valores de 1.88 en condición de extremadamente húmedo es decir que disminuyó significativamente las condiciones de sequía por presencia de lluvias.

Imagen HDR-I – 7. SPI para 6 meses.



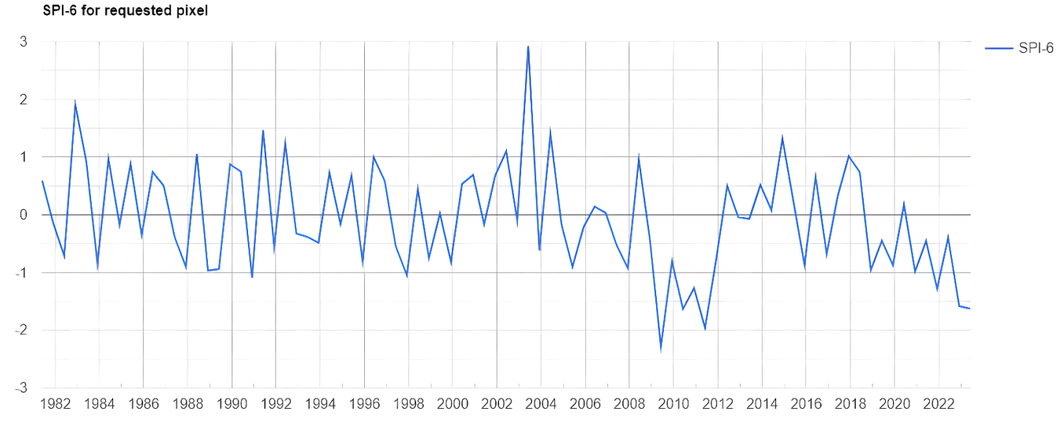
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET,NASA.

Imagen HDR-I – 8. SPI-6 meses de la zona norte del Estado de Jalisco.



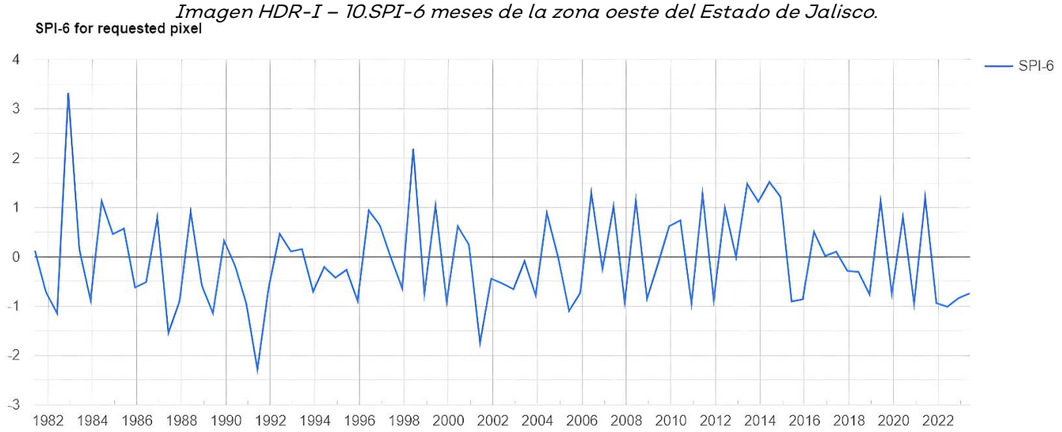
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET,NASA.

Imagen HDR-I – 9. SPI-6 meses de la zona este del Estado de Jalisco.



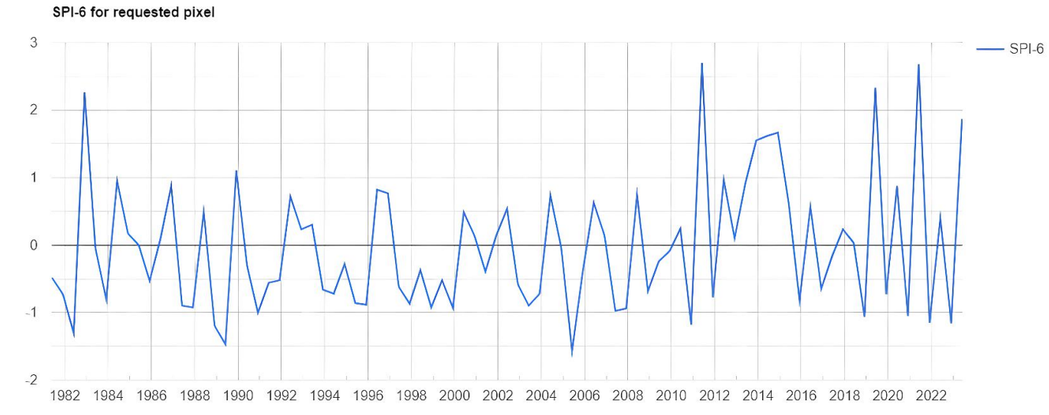
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

Imagen HDR-I – 10.SPI-6 meses de la zona oeste del Estado de Jalisco.



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

Imagen HDR-I – 11.SPI-6 meses de la zona sur del Estado de Jalisco.



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

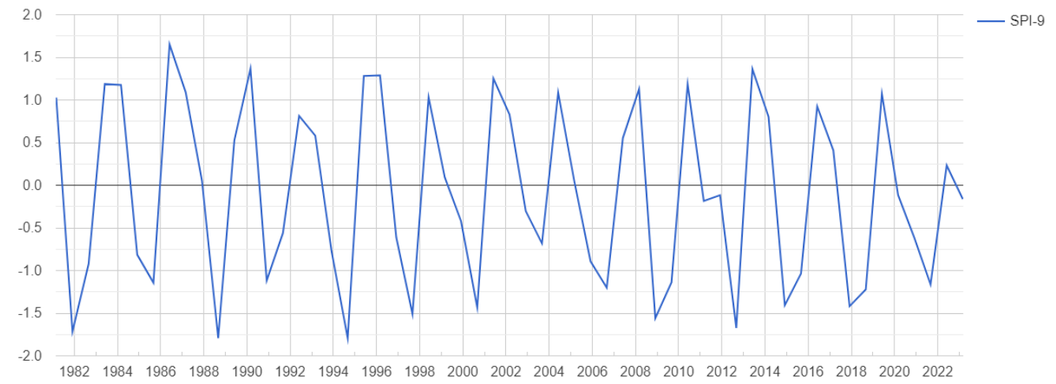
- Zona Norte: Para 2009 se observan valores de -1.88, para 2013 de -1.64 y para 2023 de -0.6
- Zona Este: Para 2009 son valores de -2.8 y para 2003 de 0.01
- Zona Oeste: Para 2009 se observan valores de -1.52, para 2013 de -1.4 y para 2023 de -0.4
- Zona Sur: Para 2009 se observan valores de -1.88, para 2013 de -1.64 y para 2023 de -0.6

Imagen HDR-I – 12. SPI para 9 meses.



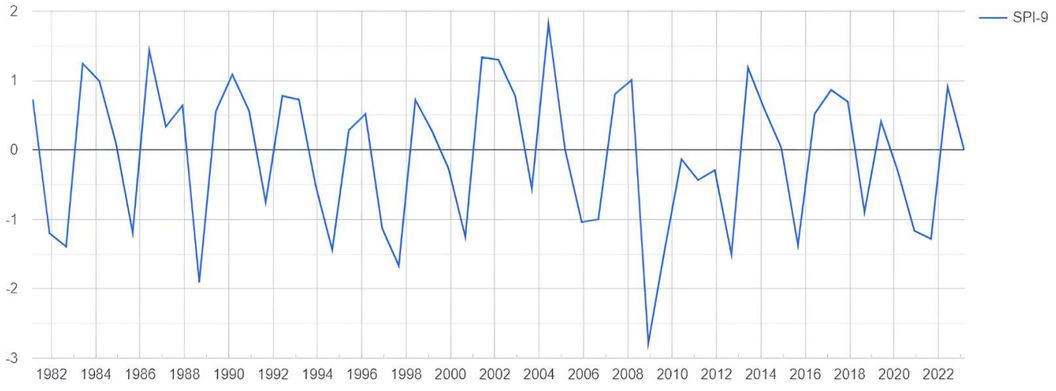
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

Imagen HDR-I – 13. SPI-9 meses de la zona norte del Estado de Jalisco.



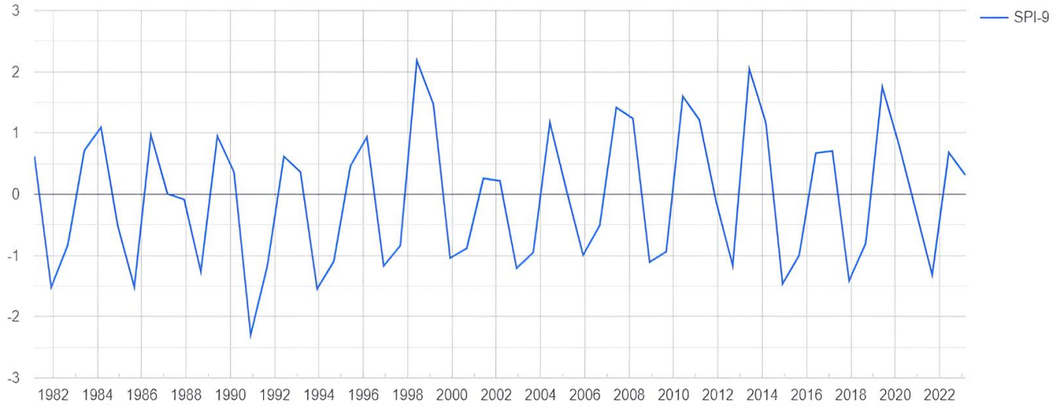
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET ,NASA.

Imagen HDR-I – 14. SPI-9 meses de la zona este del Estado de Jalisco.



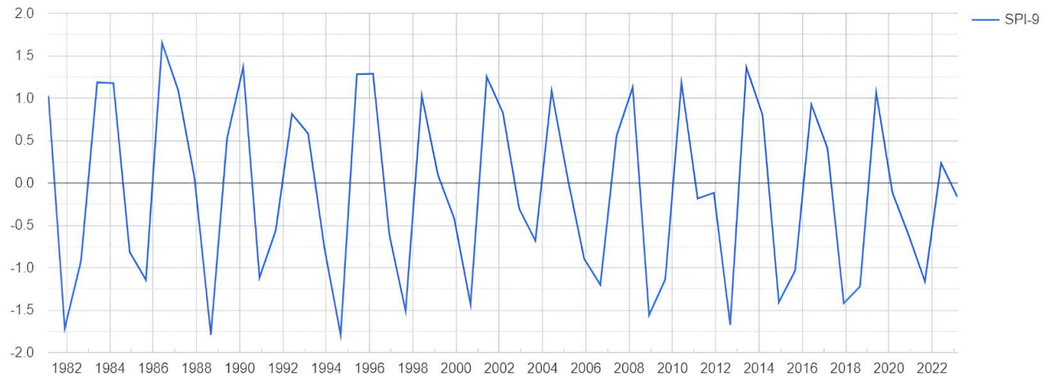
Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

Imagen HDR-I – 15. SPI-9 meses de la zona oeste del Estado de Jalisco.



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

Imagen HDR-I – 16. SPI-9 meses de la zona oeste del Estado de Jalisco.



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del CHIRPS y ARSET, NASA.

El Índice de sequía de diferencia normalizada (NDDI) es un indicador de sequía que puede utilizarse para describir la intensidad de sequía en un área determinada, el cual combina información de la región roja visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio.

Se calcula a partir de la diferencia normalizada de los índices que anteriormente se muestran:

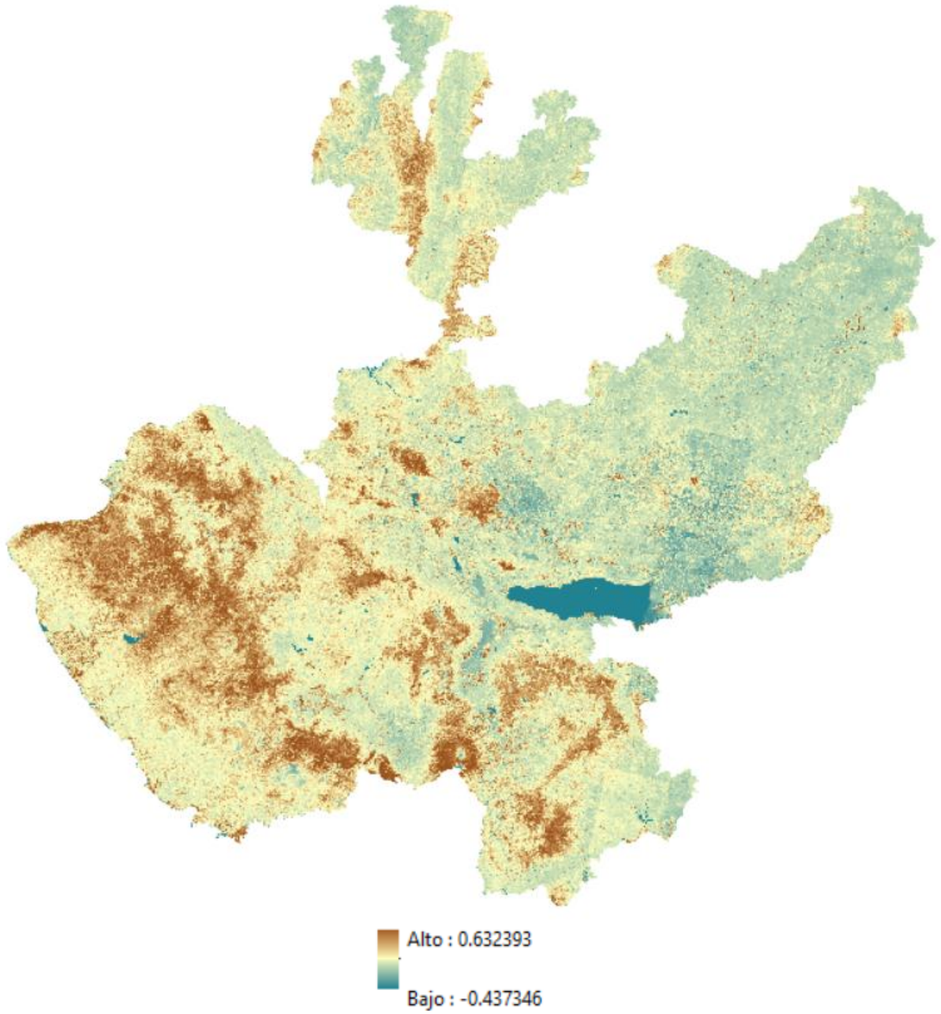
– Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)
– Índice Diferencial de Agua Normalizado (NDWI)

Los valores negativos de NDVI generalmente indican la ausencia de vegetación. En este rango, es posible encontrar áreas como cuerpos de agua, suelos desnudos, áreas urbanas, o cualquier otra superficie donde la vegetación sea escasa o inexistente. Los valores cercanos a -0.4 podrían estar asociados con áreas con poca o ninguna vegetación.

Valores cercanos a cero o ligeramente positivos indican vegetación escasa, vegetación poco saludable o suelos desnudos. En este rango, la vegetación puede estar presente, pero en cantidades limitadas o con condiciones de estrés. Valores cercanos a 0.3 pueden indicar la presencia de vegetación esparcida o de baja densidad.

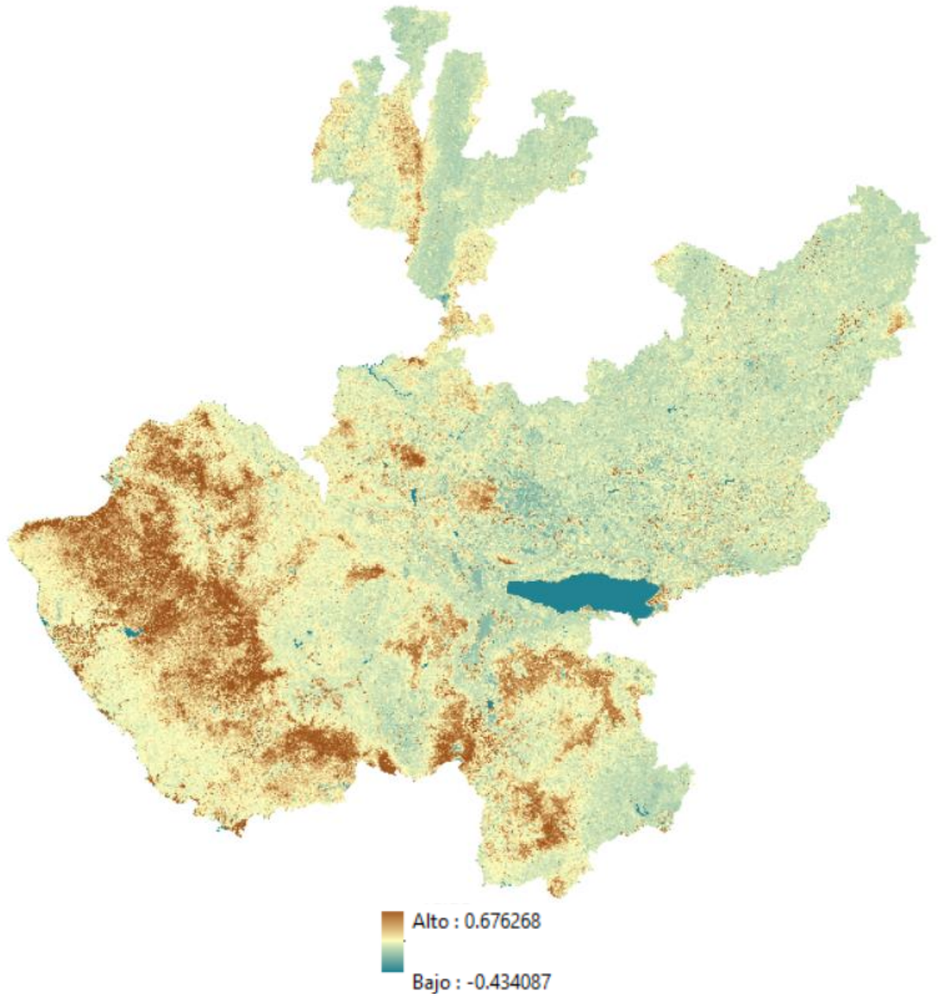
Valores de NDVI más altos, entre 0.3 y 0.6, indican una mayor densidad y salud de la vegetación. Esto puede incluir áreas de cultivo, pastizales saludables, bosques jóvenes o vegetación densa en general. Valores cercanos a 0.6 podrían estar asociados con vegetación muy densa y saludable.
En las siguientes imágenes se observa que para el año 2020 existía una mayor cobertura de vegetación a diferencia del año 2024. Para la zona de los Altos Norte, Altos Sur y zona Norte de Jalisco se observan valores negativos de NDVI.

Imagen HDR-I – 17. Índice Normalizado de vegetación (NDVI) para el año 2020



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

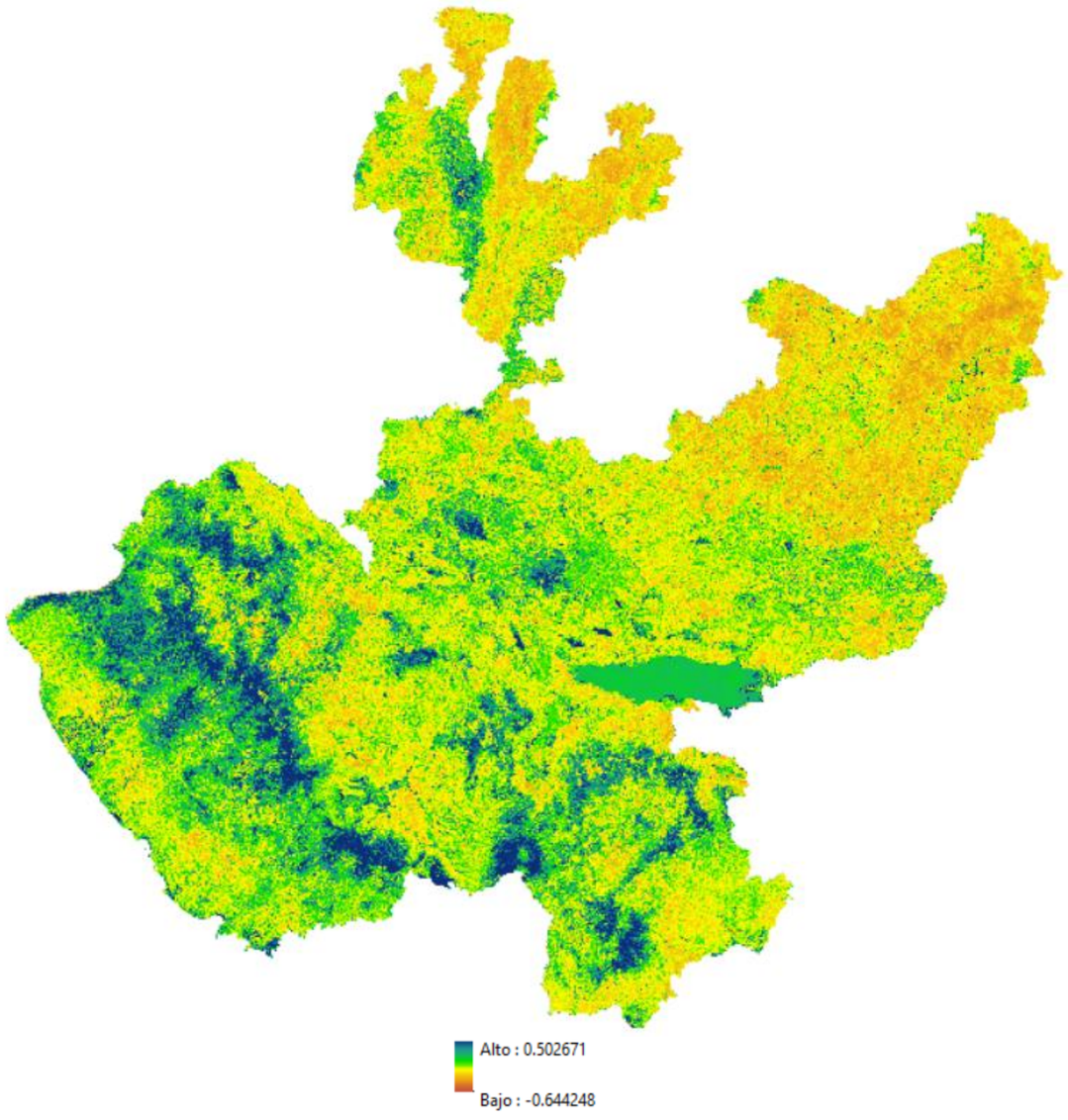
Imagen HDR-I – 18. Índice Normalizado de vegetación (NDVI) para el año 2024



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

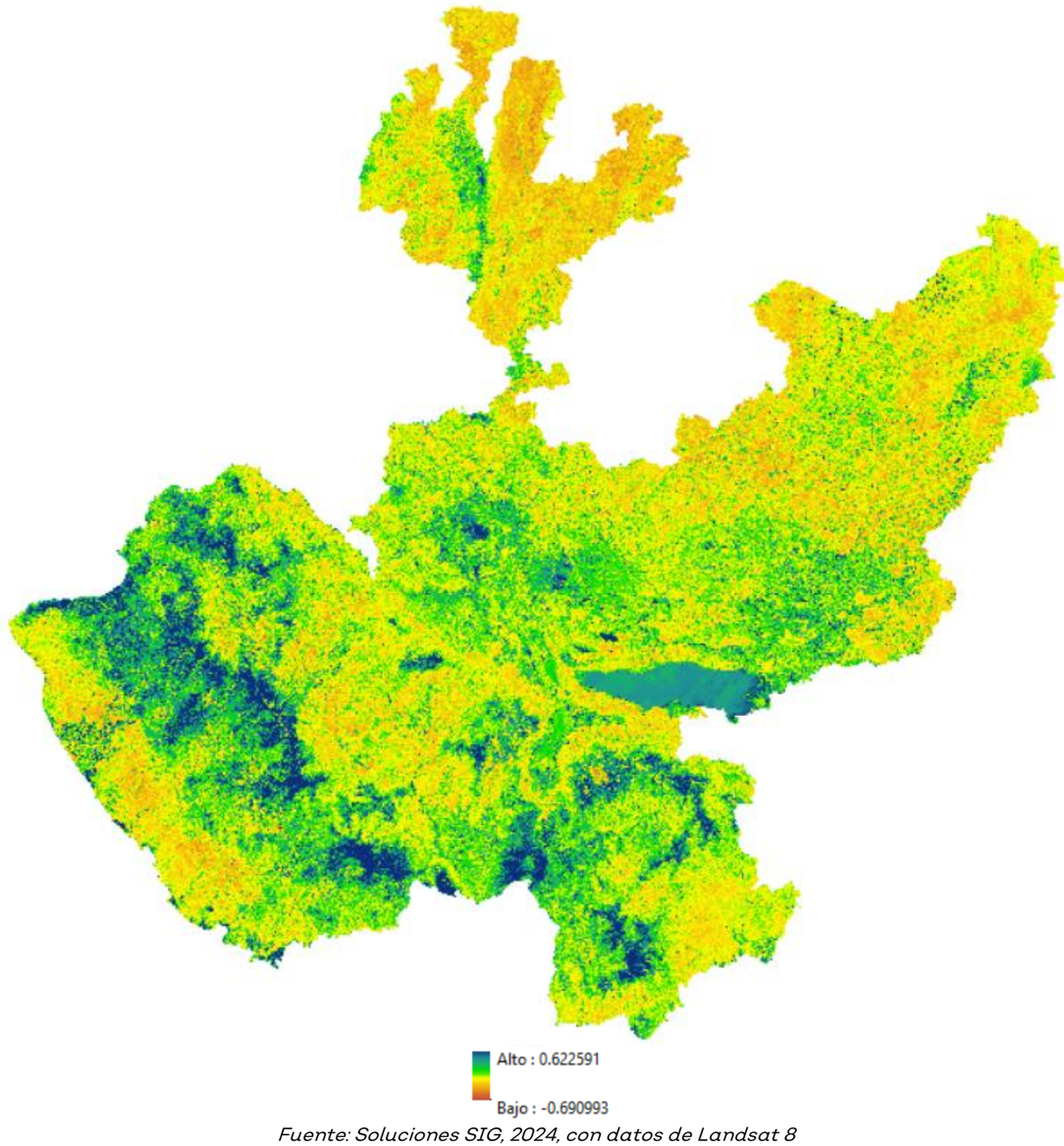
Los valores de NDWI pueden variar en un rango de -1 a 1. Valores cercanos a 1 indican la presencia de agua, mientras que valores cercanos a -1 indican la ausencia de agua. Los valores cercanos a 0 pueden sugerir la presencia de características no acuáticas o condiciones mixtas. En las siguientes imágenes se observa que para el año 2020 el estrés hídrico era menor y se presentaba en las zonas de los Altos Norte y los Altos Sur, así como para la Región del Norte de Jalisco, con valores de -0.4 a -0.64 donde generalmente se asocian con áreas donde hay poca o ninguna presencia de agua, así como también Costa Norte y Costa Sur donde a pesar de que se observen valores de 0.5 y 0.6 se observa una disminución de un año a otro respecto a la superficie húmeda.

Imagen HDR-I – 19. Índice Normalizado de agua (NDWI) para el año 2020



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

Imagen HDR-I – 20. Índice Normalizado de agua (NDWI) para el año 2024



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

6.1.8.4. Peligro / Susceptibilidad

Los valores para el NDDI se categorizan de -1 a 1 donde:

NDDI = -1: Un valor de NDDI de -1 indica una condición extrema de estrés hídrico en la vegetación. Esto significa que hay una falta significativa de agua disponible para la vegetación en el área evaluada. Las áreas con un NDDI de -1 pueden estar altamente desérticas, secas o sufriendo sequías severas, donde la vegetación es afectada por la escasez de agua.

NDDI = 1: Un valor de NDDI de 1 indica condiciones óptimas de humedad para la vegetación. Esto significa que hay una abundancia de agua disponible para la vegetación en el área evaluada. Las áreas con un NDDI de 1 pueden estar bien irrigadas, experimentar condiciones de alta humedad o estar sujetas a un suministro adecuado de agua, lo que promueve un crecimiento saludable de la vegetación.

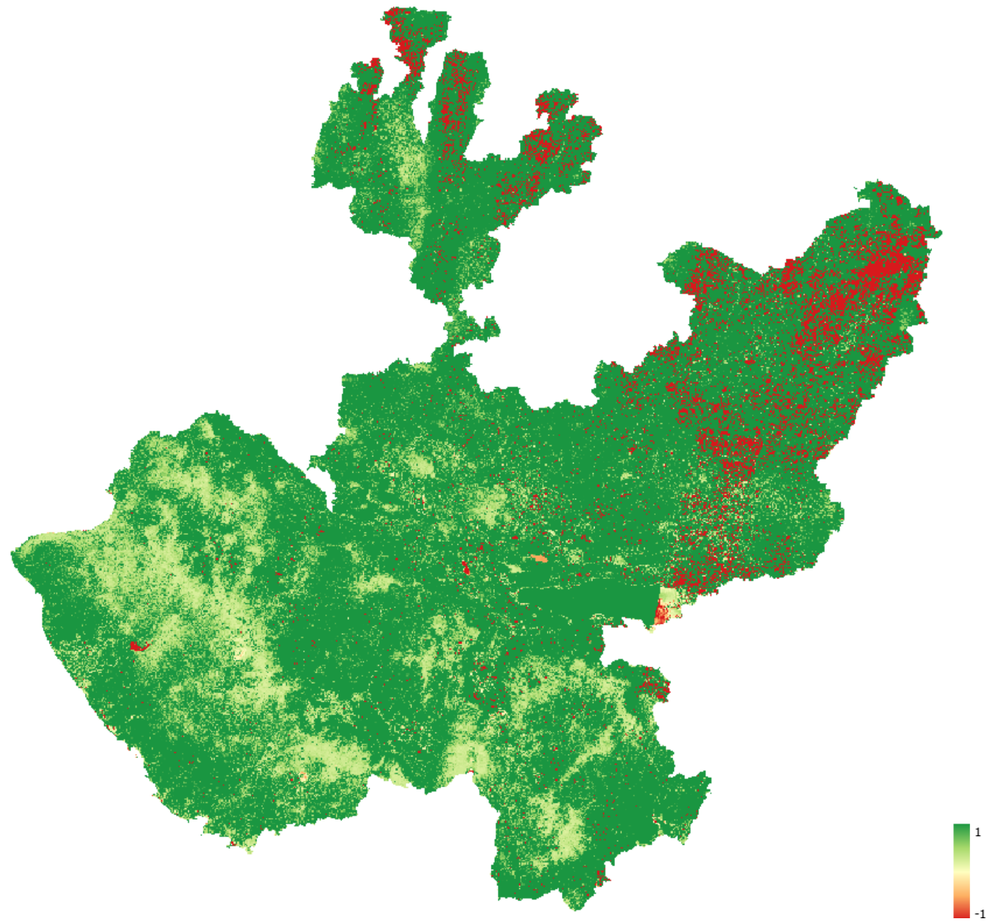
NDDI = 0: Condiciones moderadas de estrés hídrico: Un valor de NDDI cercano a cero puede indicar condiciones en las que la vegetación está experimentando cierto grado de estrés hídrico, pero no tan severo como para alcanzar valores negativos extremos (-1). Esto podría significar que la vegetación está sobreviviendo con una cantidad limitada de agua disponible, pero aún puede mantener cierto nivel de actividad metabólica y fotosíntesis.

Condiciones de transición: Los valores de NDDI cercanos a cero pueden ser comunes en áreas donde las condiciones de humedad fluctúan o están en transición, como durante cambios estacionales o períodos de sequía y lluvia. En estas situaciones, el NDDI puede reflejar la respuesta de la vegetación a los cambios en la disponibilidad de agua a corto plazo.

Condiciones mixtas: Valores de NDDI cercanos a cero pueden sugerir una combinación de vegetación saludable y estresada dentro del área evaluada. Esto podría deberse a diferentes tipos de cobertura vegetal, variaciones topográficas o diferencias en el manejo del suelo.

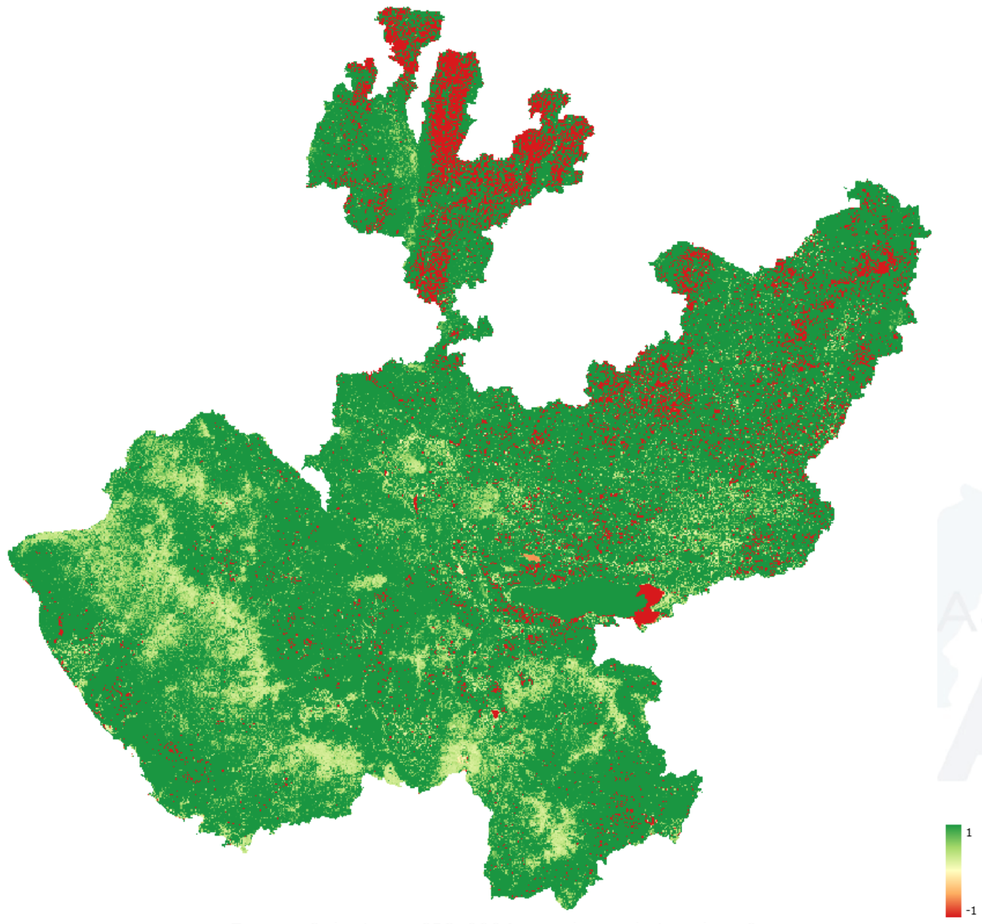
Se observa que las zonas mayormente afectadas corresponden a las regiones Altos Norte, Altos Sur, Ciénega y Norte, Costa Norte y Costa Sur donde se presenta una disminución de la humedad.

Imagen HDR-I – 21. Índice de sequía de diferencia normalizada (NDDI) para el año 2020



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

Imagen HDR-I – 22. Índice de sequía de diferencia normalizada (NDDI) para el año 2024



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

6.1.8.5. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad a la sequía es la susceptibilidad de un sistema o comunidad a sufrir impactos negativos como resultado de una escasez prolongada de agua. La cual puede manifestarse y afectar a diferentes sectores y aspectos de la sociedad y el medio ambiente. Algunos de los aspectos de vulnerabilidad por sequía incluyen:

Agricultura: La sequía puede tener un impacto significativo en la agricultura al reducir la disponibilidad de agua para el riego, lo que afecta la producción de cultivos y la calidad de los cultivos. Las sequías prolongadas pueden dar lugar a pérdidas de cultivos, disminución de los rendimientos agrícolas y aumento de los costos de producción y la malnutrición en las comunidades afectadas.

Ecosistemas: Los ecosistemas acuáticos y terrestres pueden sufrir daños debido a la sequía, lo que puede resultar en la pérdida de hábitats, la disminución de la biodiversidad y el aumento del riesgo de incendios forestales. Las sequías también pueden afectar la salud de los bosques, humedales y otros ecosistemas naturales.

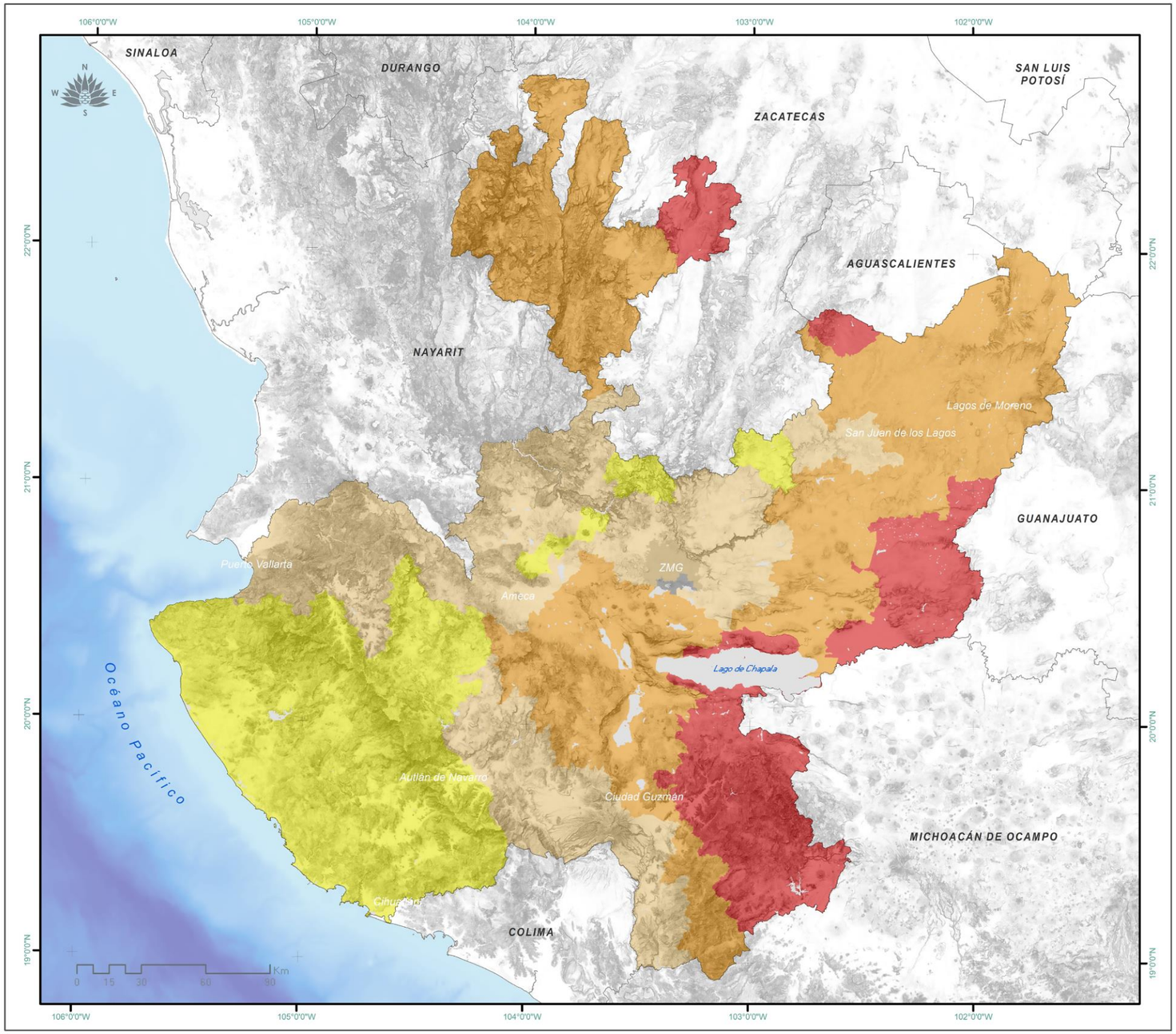
Economía: La sequía puede tener impactos económicos significativos, incluyendo pérdidas en la agricultura, la industria y el turismo. La disminución de la producción agrícola y la disponibilidad de agua puede afectar negativamente el crecimiento económico y la estabilidad financiera de las regiones afectadas.

Salud humana: La sequía puede tener impactos en la salud humana al aumentar la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua, como la deshidratación, las enfermedades transmitidas por el agua y la malnutrición. Además, la sequía puede contribuir al estrés psicológico y emocional en las comunidades afectadas.

Para el caso de Jalisco que es uno de los principales Estados agrícolas se muestra una tabla con las afectaciones a lo largo del tiempo de las afectaciones que ha dejado dicho fenómeno, resumiendo así que las principales regiones afectadas son los Altos Norte, Altos Sur y Norte.
El comportamiento de los cultivos antes las sequías en Jalisco pueden variar dependiendo del tipo de cultivo, la etapa de crecimiento en la que se encuentren.

Aspectos generales sobre el comportamiento de algunos cultivos ante la sequía:

- Maíz: Se puede ver afectado especialmente en la etapa de crecimiento, floración y formación de los granos, reduciendo el rendimiento el tamaño de las mazorcas y la calidad del grano.
- Frijol: Sensible a la sequía, su crecimiento y calidad.
- Aguacate: Puede ser tolerante a la sequía, sin embargo, con periodos prolongados puede aumentar el estrés en los árboles y hacerlos susceptibles a enfermedades y plagas.
- Cítricos: Pueden ser tolerantes a la sequía, pero puede afectar su crecimiento, calidad y tamaño de los frutos con periodos prolongados de la misma.
- Agave: Es resistente a la sequía y puede resistir a la baja disponibilidad de agua, pero una sequía prolongada puede afectar su crecimiento y calidad.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Sequía HDR-I

Simbología

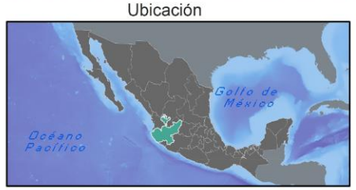
Intensidad

- D0 Anormalmente seco
- D1 Sequía moderada
- D2 Sequía severa
- D3 Sequía extrema

Leyenda Temática

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Servicio Meteorologico Nacional y CONAGUA, 2024
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

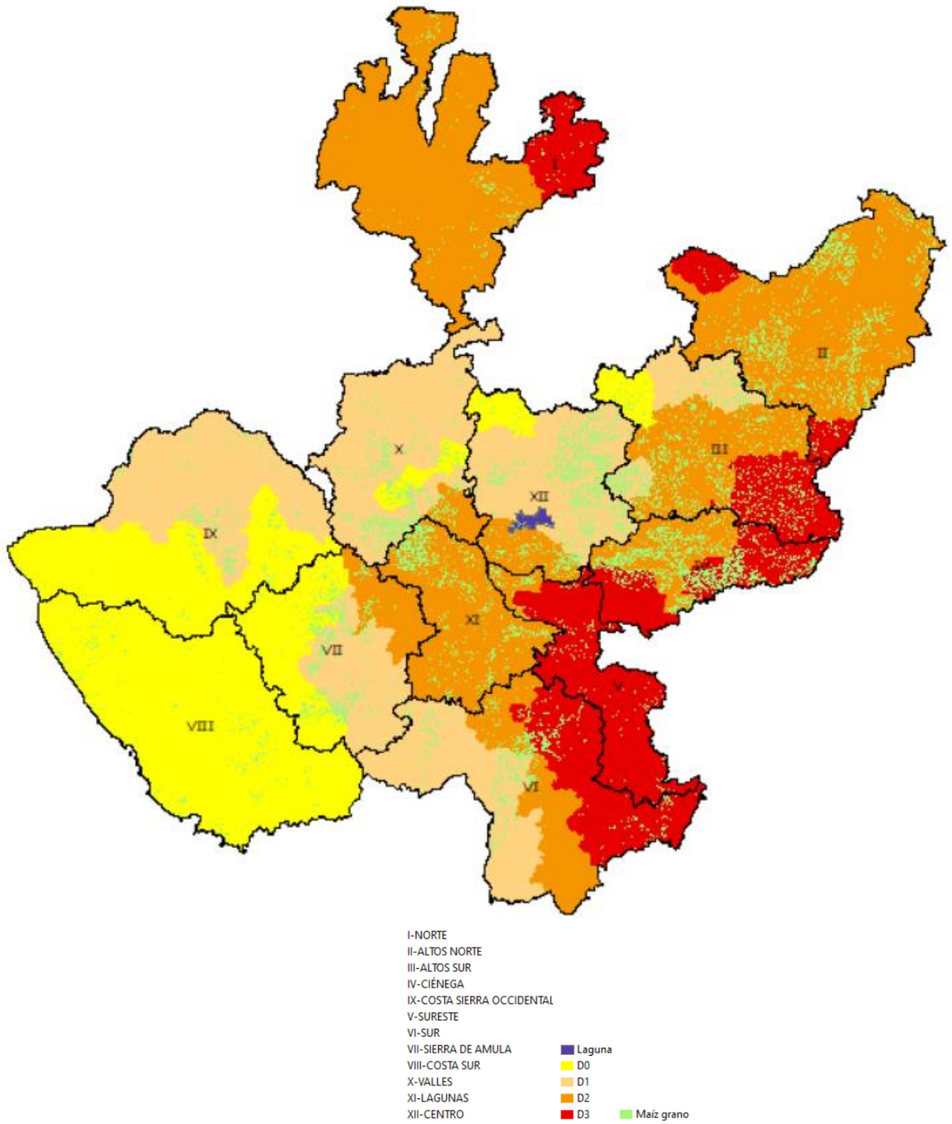
Junio 2024

Tabla HDR-I – 2. Afectación a los cultivos y al sector ganadero por sequía en Jalisco

Afectaciones a los cultivos y a la ganadería	Ubicación Municipio	Fecha	Autor	Referencias	Causas
100% de los cultivos tienen algún grado de afectación	Altos y Altos Norte, como Lagos de Moreno, Ojuelos y Encarnación de Díaz	25 de octubre de 2023	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Ana Lucía Camacho Sevilla.	https://labcsa.org/2023/10/25/sequia-afecta-produccion-agricola-en-los-altos-y-norte-de-jalisco/	
Avena, alfalfa y maíz	Jalisco	18 de septiembre del 2023	Diana Barajas	https://www.milenio.com/politica/comunidad/sector-agropecuario-jalisco-temporal-afectara-cultivos-2024	Se han tenido que resembrar por las escasas lluvias. Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo a incendios.
Los productores de ganado ovino y caprino en Jalisco perdieron 40% de sus hatos en los últimos dos años.	Guadalajara, Jalisco. Los Altos de Jalisco y zonas como el norte y la costa seca.		Presidente de la Asociación Ganadera Local de Ovinocultores de Tlaquepaque (AGLOT), Uriel Alejandro Gómez	https://www.eleconomista.com.mx/estados/Hato-de-ovinos-y-caprinos-en-Jalisco-cayo-40-en-dos-anos-por-sequia-20240520-0066.html	Al comparar la producción de leche en los mismos años que el cultivo de maíz (2004 y 2009), "se encontró que en 2004 se produjeron 7.6 miles de litros al año por vaca, mientras que en 2009 el índice fue de tan sólo 5.9 miles de litros por vaca.
Muerte de alrededor de 500 cabezas de ganado.	Los Altos y Norte (Teocaltiche Unión de San Antonio, San Julián, Bolaños, San Martín de Bolaños, Colotlán, San Diego de Alejandría, Ojuelos, Huejuquilla entre otros)	25 de junio de 2023	Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ).		La sequía "severa" que azota al país y las altas temperaturas han provocado la muerte de cabezas de ganado.
Maíz	Guadalajara, Jalisco	2 de mayo del 2024	Presidente del Consejo Agroalimentario de Jalisco (CAJ), Roberto De Alba.	https://www.eleconomista.com.mx/estados/Jalisco-deja-de-sembrar-100000-hectareas-de-maiz-por-baja-en-precios-y-sequia-20240502-0136.html	Derivado de la caída en el precio internacional de los granos, además de factores como la sequía "se han dejado de sembrar más de 100,000 hectáreas que eran maiceras"
El maíz, frijol y la caña de azúcar	Altos del norte y norte de Jalisco).	5 de marzo del 2024	Consejo de Desarrollo Agropecuario y Agroindustrial de Jalisco.	https://www.informador.mx/jalisco/Agricultura-en-Jalisco-Sequia-y-falta-de-agua-ocasionaran-alza-de-precios-en-alimentos-20240305-0110.html	Tendrán una baja producción por la sequía y la falta de agua, lo que provocará un incremento en los precios de los alimentos
500 reses que han fallecido por la sequía y afectaciones al trigo	Región Ciénega	2024	María Ramírez Blanco. UDG	https://udgtv.com/noticias/pese-a-500-reses-muertas-autoridades-de-jalisco-descartan-danos-por-sequia-en-campo-y-ganado/67627	Los productores de trigo denunciaron una merma importante por las altas temperaturas.
Ganadería	Los Altos y la Norte	29 de abril de 2021	Presidente de la Unión Ganadera de Jalisco, Adalberto Velasco Antillón.	https://jalisco.quadratin.com.mx/principal/muere-ganado-por-sequia-en-jalisco-busca-agro-activar-plan-emergente/	Hay casos de productores de leche y carne que prefieren vender sus animales antes de que se les mueran, y hay regiones como la de los Altos y la Norte donde ya se ven vacas muertas en el camino por falta de agua.

Fuente: Soluciones SIG, 2024 con datos históricos de diversas fuentes periodísticas.

Imagen HDR-I – 23. Zonas con sequía y cultivos de maíz por región.



Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del SIAP y CONAGUA.

Tabla HDR-I – 3. Superficie sembrada de Maíz

Cultivo	Área de cultivo en Ha	Temporada	Tipo de cultivo	Afectación son sequía severa
Maíz grano	525030.1	Primavera-Verano	Temporal	Es menos susceptible a la sequía durante el crecimiento vegetativo que durante la polinización y el llenado de grano, pero una sequía severa al inicio de la temporada puede reducir el rendimiento significativamente.
Maíz Forrajero	172471.74	Primavera-Verano	Temporal	
Caña	6965	Primavera-Verano	Temporal	Este cultivo demanda altas cantidades de agua y su crecimiento es altamente sensible al déficit hídrico.

Fuente: Soluciones SIG, 2024, con datos del SIAP

Los efectos de la sequía en Jalisco están provocando impactos en la producción de maíz y de caña, tan solo en este sector, la producción se ha reducido en 30 por ciento y ello impacta en la industria transformadora de alimentos, que ha incrementado su nivel de importaciones para satisfacer la demanda.

6.1.8.6. Riesgo

En conclusión, las sequías son un fenómeno complejo de analizar debido a la disponibilidad de los datos y la cantidad de información que requiere, pues debemos tener mucho cuidado al realizar los análisis y determinar si efectivamente se está presentando una sequía o solo es una etapa de estiaje.

Con base en los análisis realizados se observa que las zonas de mayor afectación por ausencia anómala de la precipitación debido a la presencia anómala del fenómeno de la niña que comenzó en el año 2020 hasta el 2023 las condiciones de sequía incrementaron, disminución de la humedad del suelo y altas temperaturas se determina que las zonas con mayor riesgo a sufrir afectaciones derivadas de las condiciones de sequía principalmente con respecto al sector agrícola y ganadero son las regiones de los Altos y Norte de Jalisco involucrando los siguientes municipios:

- Teocaltiche
- Unión de San Antonio
- San Julián, Bolaños
- San Martín de Bolaños
- Colotlán
- San Diego de Alejandría
- Ojuelos, Huejuquilla
- Lagos de Moreno
- Encarnación de Díaz

La Sequía no sigue un patrón esto debido a las condiciones atmosféricas y el cambio climático, además de que se deben analizar diversos factores como: sí existe un comportamiento anómalo de la precipitación en temporada húmeda y de estiaje , la humedad del suelo en temporada seca y

temporada húmeda, el factor humano con cambio de uso de suelo, mantenimiento a las presas y deforestación, así como también el aumento de las temperaturas ya que aunque muchas veces se considera que la sequía termina con la presencia de lluvia, pero no llega a ser así debido a la evapotranspiración.

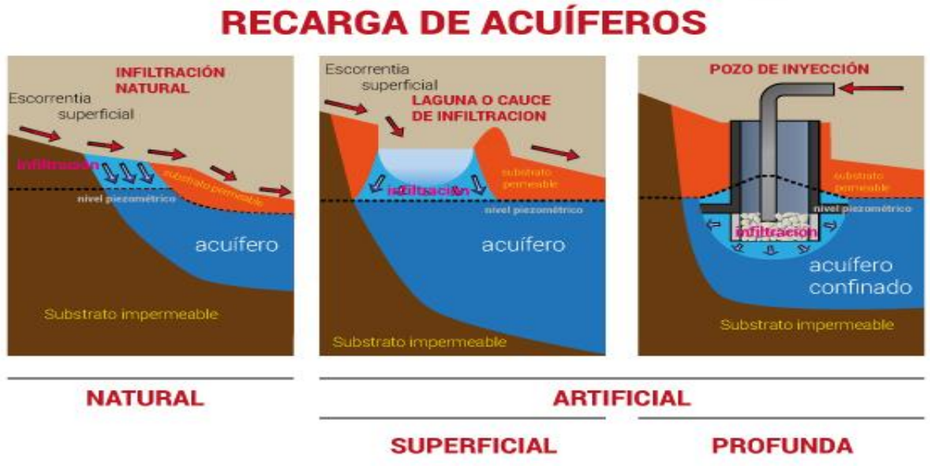
6.1.8.7. Propuestas de Reducción del Riesgo

La mitigación de la sequía es de gran importancia debido a que ayuda a reducir los impactos en la población, la agricultura y el medio ambiente.

Algunas de las medidas que se proponen son las siguientes:

- Recarga de acuíferos: Se sugiere la implementación de técnicas que contribuyan a recargar acuíferos subterráneos y así permitan mantener los niveles de agua estables cuando se presente una sequía.

Imagen.24- Recarga de acuíferos



Fuente: Agrónomo Global (https://https://agronomoglobal.blogspot.com/2016/12/recarga-de-acuiferos.html)

- Construcción de presas y embalses: Estas estructuras permiten el almacenamiento de agua durante períodos de lluvia que será de gran utilidad durante una sequía.
- Sistemas de riego eficiente: Estos sistemas ayudan a tener un control más eficiente del uso del agua en estos procesos como el sistema de riego por goteo y riego por aspersión de baja presión.
- Monitoreo de la humedad del suelo ya que los índices de humedad del suelo son importantes para la gestión eficaz de los recursos hídricos. Si se comprenden las condiciones del suelo respecto a la humedad, quienes gestionan los recursos hídricos pueden tomar decisiones sobre el uso adecuado del agua y la implementación de medidas de conservación, un uso sostenible y eficiente de agua sin tener afectaciones graves durante la sequía.

Imagen HDRI – 25. Captación de Agua de lluvia.



Fuente: IMTA,2024

- Barreras de infiltración: Construir barreras físicas como lo son zanjas de contorno en las laderas para frenar el flujo del agua y así permitir que se infiltre en el subsuelo y a su vez ayuda a disminuir inundaciones.
- Eliminar tomas de agua clandestina como pozos ilegales. Este tema es un poco complejo por que no siempre se sabe dónde se encuentran, pero es de vital importancia ya que el consumo de este recurso debe ser regulado.

- Captación de agua por lluvia o cosecha de agua: Consiste en instalar sistemas de captación de agua de lluvia en edificios y terrenos que sirvan como una fuente adicional de agua durante la ocurrencia de la sequía.
- Este sistema consiste en recolectar o captar el agua, conducirla por un sistema para posteriormente separarla y así darle un tratamiento para ser utilizada.

Imagen HDRI – 26. Riego Tecnificado a la agricultura.



Fuente: 2000 Agro

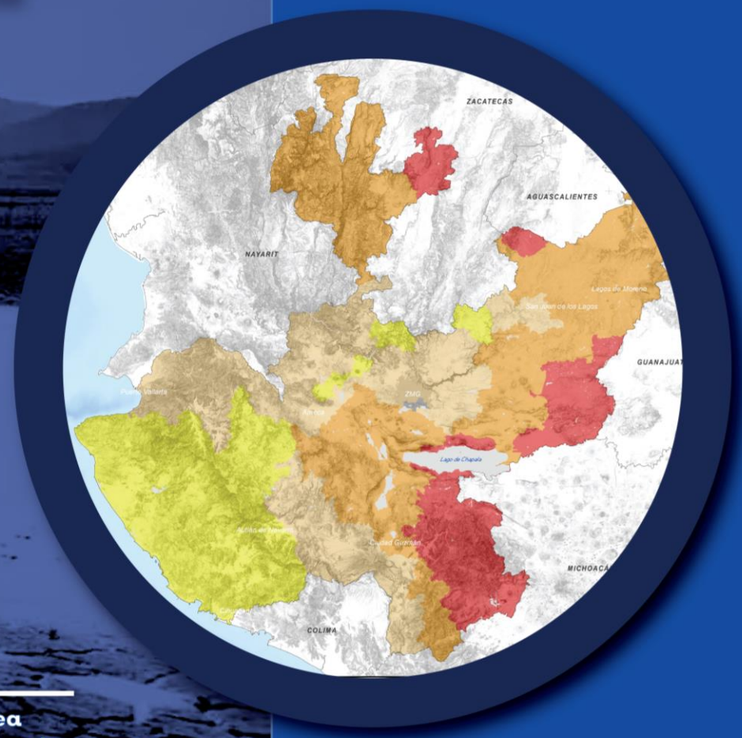
- Reutilización de aguas residuales: Se recomienda el tratar y reutilizar las aguas residuales para usos no potables, como el riego de parques y jardines.
- Educación y cultura del cuidado del agua: Este es uno de los temas más importantes que se deben abordar, no todo repercute en la gobernanza, si no que va de la mano con la sociedad, esto debido a que somos quienes más consumimos este recurso y a su vez quienes lo desperdiciamos y contaminamos.
- Generar una cultura del cuidado del agua ayudará a disminuir el desperdicio y contaminación del mismo.
- Mantener informada a la sociedad y proponer programas sostenibles del uso diario del agua contribuirá significativamente en la mitigación de la sequía.
- Entre las medidas más sencillas están la recolección del agua de la regadera durante las duchas, reutilizar el agua con que se lava la ropa, regar las plantas por la noche, entre otras.

Sequías

Las zonas con mayor riesgo a sufrir afectaciones derivadas de las condiciones de sequía con respecto al sector agrícola y ganadero son las regiones de los Altos y Norte de Jalisco. 2011: afecto 26 municipios en la zona Este y Norte. 2022: afecto el estado y disminuyo el nivel de agua de las presas.

Cultivo	Área de cultivo en Ha	Temporada	Tipo de cultivo	Afectación son sequía severa
Maíz grano	525030.1	Primavera-Verano	Temporal	Es menos susceptible a la sequía durante el crecimiento vegetativo que durante la polinización y el llenado de grano, pero una sequía severa al inicio de la temporada puede reducir el rendimiento significativamente.
Maíz Forrajero	172471.74	Primavera-Verano	Temporal	
Sorgo grano	22812.05	Primavera-Verano	Temporal	El sorgo es excepcionalmente tolerante a la sequía, característica que lo distingue de otros cereales. Esta resistencia se debe a su sistema radicular profundo, que le permite acceder a fuentes de agua subterránea durante periodos de escasez.
Sorgo forrajero	9900.72	Primavera-Verano	Temporal	
Aguacate	4587.07	Primavera-Verano	Temporal	El aguacate es uno de los frutos más susceptibles al estrés hídrico. Sus árboles, con sistema radicular poco profundo, son menos eficientes para absorber agua y nutrientes, lo que puede afectar su crecimiento, desarrollo y calidad comercial de sus frutos.
Limón	87	Primavera-Verano	Temporal	Prefiere climas cálidos y húmedos, pero puede tolerar períodos cortos de sequía una vez establecido

La sequía en Jalisco abarca el 84% del Estado.



Intensidad de Sequía

- Anormalmente seco
- Sequía moderada
- Sequía severa
- Sequía extrema

Zonas con siniestralidad a sus cultivos:

Localidad	Temporada	Tipo de cultivo	Cultivo	Área Siniestrada
Ocotlán	Primavera-Verano	Temporal	Maíz grano	310
Poncitlán	Primavera-Verano	Temporal	Maíz grano	80
Zapotlán del Rey	Primavera-Verano	Temporal	Maíz grano	35

6.1.9. Ondas gélidas

6.1.9.1. Introducción

Las temperaturas mínimas extremas que se presentan en un lugar son derivadas de sistemas atmosféricos atípicos que se asientan en una región y pueden dar lugar en el verano a ondas de calor (cálidas) y en el invierno a ondas de frío (gélidas). Generalmente las temperaturas que se presentan durante estos eventos son de una magnitud de dos a tres desviaciones estándar, respecto a los calores normales, tanto de temperaturas mínimas como de temperaturas máximas.

Se desarrollan entre 3 y 4 días, por lo cual las olas de frío no sólo son bajas temperaturas, sino que se acompañan de aguanieve y nevadas, teniendo como principales afectaciones en la población el congelamiento, hipotermia y quemaduras.

Se originan mediante un vórtice polar, el cual es una masa de aire gélido que se forma en la estratosfera, la capa de la atmósfera que se encuentra entre 12 y 40 kilómetros de altura. Este vórtice aparece todos los inviernos por las bajas temperaturas de la estratosfera polar. Empieza a formarse a finales del otoño, cuando mengua la luz del Sol, y se fortalece conforme avanza el invierno (García Franco, 2019).

Debido al gran contraste entre las temperaturas polares y las de latitudes medias, se forma una barrera de viento, dicha barrera fluye rápidamente alrededor de los polos, formando un cerco para el aire polar e impidiendo que este se mezcle con el aire de latitudes medias, más caliente. Una vez que se cierra la circulación y el aire polar queda atrapado, las temperaturas en la estratosfera polar bajan aún más, incrementando la velocidad del flujo circular en una cadena de acontecimientos que se refuerzan unos a otros. Así de esta manera se forma un vórtice de viento que gira de oeste a este y encierra y mantiene intacta la masa de aire polar (García Franco, 2019).

El vórtice polar desaparece a principios de la primavera, cuando el sol vuelve a calentar el polo y la diferencia de temperatura con el aire de las latitudes medias disminuye, debilitando la barrera de viento hasta que se rompe y todo el aire se mezcla (García Franco, 2019).

Las bajas temperaturas en México se presentan durante los meses de noviembre a marzo, siendo los meses más fríos, diciembre y enero. Durante este periodo, el fenómeno genera severos problemas en la salud, infraestructura y en los bienes de la población, que en ocasiones se traducen en pérdidas de vidas humanas (CENAPRED, 2012).

Imagen HDR-I-1. Infografía sobre bajas temperaturas

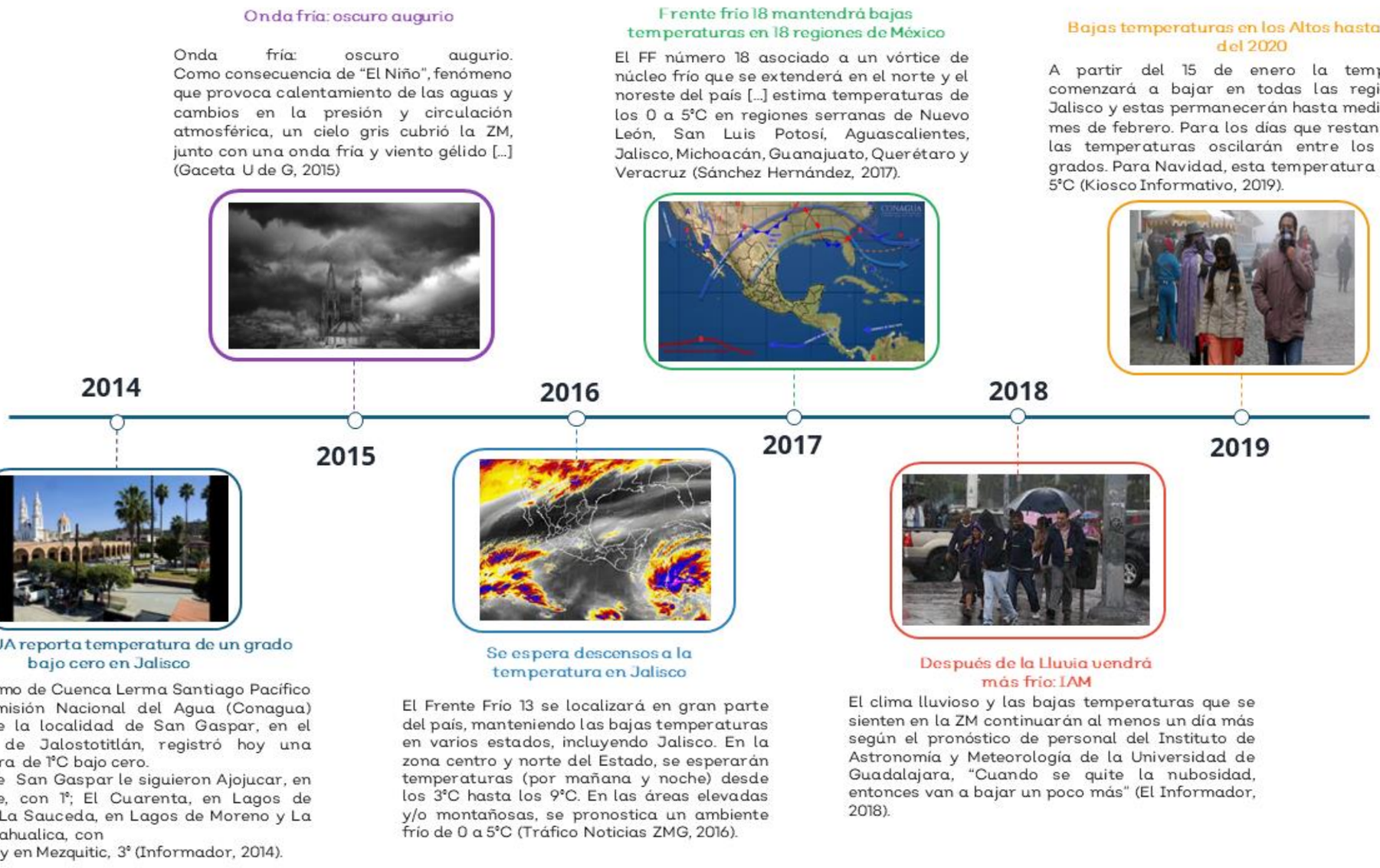


Fuente: CENAPRED

6.1.9.2. Antecedentes del Fenómeno

El Estado de Jalisco con base en el Sistema de Consulta de Declaratorias del CENAPRED durante el periodo del año 2000 – 2023, ha presentado una sola declaratoria de emergencia por bajas temperaturas, sin embargo, se muestran en la siguiente tabla los registros de los eventos en los que se consignaron las temperaturas más bajas del Estado:

Imagen HDR-I-2. Antecedentes de bajas temperaturas



2020



¿Cuál es el lugar más frío de Jalisco?

En enero de 2020, Teocaltiche llegó a -4°C, Lagos de Moreno descendió hasta -3.5°C. Aquel invierno del 2020, la temperature más baja se rastreó en Jalostotitlán, con el termómetro marcando los -8°C (Salcedo, 2023).

2021

Presentan Plan de Invierno 2021 en apoyo a grupos prioritarios

[...] La Secretaría del Sistema de Asistencia Social (SSAS) y el Sistema para el Desarrollo Integral de la Familia (DIF) Jalisco puso en marcha el Plan de Invierno 2021 para prevenir riesgos de salud en los grupos prioritarios del Área Metropolitana de Guadalajara [...]

Las 8 regiones prioritarias en las que se entregaron los apoyos fueron: Norte, Altos Norte, Altos Sur, Sureste, Sur, Sierra Occidental, Lagunas y Centro (Gobierno de Jalisco, 2021).



2022



El frente frío provocará temperaturas de 0° a 5°C en Jalisco

Para la madrugada del domingo (1 de enero) se esperan temperaturas mínimas de 0 a 5°C con posibles heladas en Jalisco, de acuerdo con el SMN. [...] Se encuentra el frente frío número 20 y justo para el sábado 31 de diciembre entraría otro, así que hay que estar preparados (UDGTV, 2022).

2023

Cierra Jalisco el 2023 con bajas temperaturas intensas; van tres víctimas

Jalisco cerró el 2023 con bajas temperaturas en el Área Metropolitana y con mayor intensidad en municipios del interior del estado; que cobraron la vida de al menos tres personas.
Según datos del Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara, este 31 de diciembre se registraron heladas en las estaciones:

- Ajojucar, Teocaltiche -2.0°C
- Bocas, Mezquitic 2.0°C
- La Sauceda, Lagos de Moreno 0.0°C
- El Cuarenta, Lagos de Moreno 1.0°C
- El Rodeo, Atenguillo 2.0°C
- Presa Calderón, Zaplotanejo 3.0°C (Núñez & Rojas, 2024)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG mediante fuentes hemerográficas digitales, 2023.

6.1.9.3. Metodología y Memoria de Cálculo

La metodología que se llevó a cabo para el cálculo de las ondas gélidas fue el establecido en el Anexo 15 de los anexos relacionados con los fenómenos hidrometeorológicos de la Guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos, en el que se menciona se debe de establecer un umbral para el cálculo de este fenómeno, algo similar para abordar el fenómeno de ondas cálidas, por lo que se realizó el análisis con base en la propuesta de Herrera Alanís (2012) que corresponde al Anexo 17ª para el análisis de fenómenos hidrometeorológicos.

Para dicho análisis se tomaron en consideración los datos de temperaturas mínimas y máximas diarias de un lapso de 30 años, el cual corresponde al periodo de 1988 a 2018. Dichos datos fueron consultados de las estaciones meteorológicas del SMN que se encontraran *Operando* dentro del estado de Jalisco y en municipios de los estados vecinos para que se tuviera una mayor cantidad de datos efectivos y por ende, un mejor análisis.

Con base en la propuesta de Herrera Alanís (2012) se realizó el cálculo del percentil 5 (P5) para las temperaturas mínimas diarias de cada una de las estaciones meteorológicas consideradas para este estudio. Este percentil se calculó tanto para las temperaturas mínimas como para las temperaturas máximas diarias, esto con la finalidad de que cuando en ambas temperaturas los resultados fueran menores o iguales a sus percentiles del 5% en por lo menos dos días consecutivos, se consideraba la presencia de una onda gélida en cada una de las estaciones.

El estado de Jalisco cuenta con 275 estaciones meteorológicas, de las cuales solamente 133 se encuentran en estado operativo. De dichas estaciones fueron seleccionadas las siguientes:

Tabla HDR-I-1. Estaciones meteorológicas dentro de Jalisco para el análisis de ondas gélidas

#	ID	Estación	Municipio	Latitud	Longitud	Altitud
1	14002	Acatlán de Juárez	Acatlán de Juárez	20.421	-103.591	1370
2	14006	Ajojucar	Teocaltiche	21.563	-102.439	1745
3	14009	Ameca	Ameca	20.548	-104.047	1230
4	14011	Apazulco	La Huerta	19.3064	-104.888	5
5	14016	Atequiza	Ixtlahuacán de los Membrillos	20.395	-103.136	1520
6	14017	Atotonilco El Alto	Atotonilco el Alto	20.55	-102.508	1600
7	14018	Atoyac	Atoyac	20.0097	-103.515	1350
8	14023	Bolaños	Bolaños	21.825	-103.783	963
9	14024	Cajón de Peña	Tomatlán	19.9933	-105.13	132
10	14026	Casa llanta	Colotlán	22.0589	-103.362	1730
11	14028	Cihuatlán (DGE)	Cihuatlán	19.2375	-104.562	20
12	14029	Concepción de Buenos AIRES	Concepción de Buenos Aires	19.9783	-103.261	1639
13	14030	Ciudad Guzmán (OBS)	Zapotlán el Grande	19.7181	-103.465	1515
14	14034	Contla	Tamazula de Gordiano	19.7531	-103.181	1160
15	14035	Corrinchis II	Mascota	20.5006	-104.774	1267
16	14036	Cuautitlán	Cuautitlán de García Barragán	19.4506	-104.359	600
17	14037	Achimec	Huejúcar	22.3258	-103.228	1850
18	14038	Cuixtla	San Cristóbal de la Barranca	21.0519	-103.439	1000
19	14039	Cuquio	Cuquío	20.9278	-103.023	1790
20	14040	Chapala	Chapala	20.29	-103.189	1530
21	14046	El Chante	Autlán de Navarro	19.7186	-104.203	900
22	14047	El Fuerte	Ocotlán	20.3308	-102.763	1540
23	14053	El Pinito	Huejuquilla el Alto	22.6092	-103.948	1684
24	14054	El Puesto	Lagos de Moreno	21.6256	-101.966	2050
25	14056	El Salitre	San Martín Hidalgo	20.5103	-103.857	1260
26	14070	Huascato	Degollado	20.4806	-102.249	1619
27	14075	Jamay	Jamay	20.29	-102.709	1530
28	14084	Lagos de Moreno (DGE)	Lagos de Moreno	21.3603	-101.921	1884
29	14087	La Red	Tepatitlán de Morelos	20.7253	-102.813	1774
30	14090	La Yerbabuena	Tototlán	20.5817	-102.746	1588
31	14114	Presa La Duquesa	Lagos de Moreno	21.2244	-101.82	1950
32	14125	San Gregorio	Mixtlán	20.6208	-104.568	1640
33	14132	Tlaquepaque	San Pedro Tlaquepaque	20.6383	-103.311	1540
34	14141	Talpa de Allende	Tamazula de Gordiano	20.3806	-104.822	1155
35	14142	Tapalpa (SMN)	Tapalpa	19.945	-103.758	2060
36	14144	Tenasco	Colotlán	22.1567	-103.233	1710
37	14145	Teocaltiche (DGE)	Teocaltiche	21.4336	-102.574	1740
38	14156	Tuxcueca	Tuxcueca	20.1536	-103.184	1530
39	14160	Valle de Juárez (DGE)	Valle de Juárez	19.9325	-102.944	1960
40	14169	Zapopan	Zapopan	20.7203	-103.392	1560
41	14187	Tequila	Tequila	20.8828	-103.837	1180
42	14269	Ahualulco de Mercado (SMN)	Ahualulco de Mercado	20.7003	-103.976	1340
43	14306	Tenzompa	Huejuquilla el Alto	22.3761	-103.925	1770
44	14311	Canoas	Tolimán	19.5742	-103.913	760
45	14320	La Sauceda	Lagos de Moreno	21.3531	-101.847	1940
46	14324	Temastian	Totatiche	21.9744	-103.525	1870
47	14329	La Experiencia	Guadalajara	20.6703	-103.286	1550
48	14339	El Cuale	Puerto Vallarta	20.5964	-105.22	53
49	14346	Bocas	Mezquitic	22.4	-103.726	1352
50	14349	El Rodeo	Atenguillo	20.2519	-104.591	1520
51	14350	El Rosario	Tuxcacuesco	19.6486	-103.983	700
52	14369	La Vaquera	Arandas	20.8575	-102.22	2081

Fuente: SMN.

Fueron 52 estaciones del sitio de estudio que fueron contempladas para el análisis, ya que cuentan con el 80% de datos efectivos requeridos para el análisis debido. Al hablar de datos efectivos, se refiere a que cuenten con el 80% de datos completos, que no existan datos *Nulos* por más de un mes

seguido en un año dentro del lapso de 30 años específico para poder tener una climatología más exacta.

Para poder obtener una cobertura más amplia dentro del sitio de estudio, se tomaron en consideración aquellas estaciones que se encontraran en los municipios de los estados vecinos a Jalisco que se estuvieran a una distancia máxima de 23 km con respecto a la estación más cercana del territorio jalisciense. Las estaciones que fueron analizadas y seleccionadas bajo el criterio requerido, fueron las siguientes:

Tabla HDR-I-2. Estaciones meteorológicas contiguas a Jalisco

#	ID	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Estado	Municipio
1	1075	Montoro	21.757	-102.302	1870	Aguascalientes	Aguascalientes
2	1101	Las Presas	21.909	-102.087	2044	Aguascalientes	El Llano
3	1015	Palo Alto	21.916	-101.969	2037	Aguascalientes	El Llano
4	1033	Los Conos	21.898	-101.993	2025	Aguascalientes	El Llano
5	1022	San Bartolo	21.748	-102.17	1997	Aguascalientes	Aguascalientes
6	1073	La Tinaja	21.809	-102.13	2027	Aguascalientes	El Llano
7	1079	Peñuelas	21.726	-102.272	1900	Aguascalientes	Aguascalientes
8	1074	Cieneguilla	21.731	-102.453	1838	Aguascalientes	Aguascalientes
9	6054	Manuel Avila Camacho	19.285	-104.245	376	Colima	Manzanillo
10	6071	Trapichillos	19.162	-103.524	552	Colima	Colima
11	11023	Guanajal	21.025	-101.837	1767	Guanajuato	San Francisco del Rincón
12	11159	Presa El Barrial	21.049	-101.838	1787	Guanajuato	San Francisco del Rincón
13	11055	Purísima de Bustos	21.079	-101.871	1794	Guanajuato	Purísima del Rincón
14	11025	Hacienda de arriba	21.231	-101.705	1920	Guanajuato	León
15	16039	Piedras Blancas	19.247	-102.769	419	Michoacán	Buenavista
16	18077	Cuastecomatillo	21.043	-104.754	720	Nayarit	San Pedro Lagunillas
17	18075	Cacalutlan	21.116	-104.261	908	Nayarit	Ixtlán del Río
18	32118	Los Campos	22.018	-101.855	2102	Zacatecas	Villa García
19	32097	Tenayuca	21.503	-102.653	1865	Zacatecas	Apulco
20	32070	Teúl de González Ortega (DGE)	21.469	-103.462	1900	Zacatecas	Teúl de González Ortega (DGE)
21	32037	Monte Escobedo	22.307	-103.562	2190	Zacatecas	Monte Escobedo
22	32130	El Romerillo	22.6203	-103.653	2025	Zacatecas	Valparaíso
23	32030	La Florida	22.687	-103.603	1870	Zacatecas	Valparaíso
24	32057	Tlaltenango	21.774	-103.309	1700	Zacatecas	Tlaltenango de Sánchez Román

Fuente: SMN.

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos para cada estación respecto a los percentiles de las temperaturas máximas y mínimas:

Tabla HDR-I-3. Percentiles temperaturas máximas y mínimas (P5)

ID	Estación	P5 Mín	P5 Máx
14002	Acatlán de Juárez	4	25
14006	Ajojucar	-3	23
14009	Ameca	5	24
14011	Apazulco	12	28.5
14016	Atequiza	3.5	24
14017	Atotonilco El Alto	4.5	22.5
14018	Atoyac	6.5	25
14023	Bolaños	7.5	27.5
14024	Cajón de Peña	12.5	28.5
14026	Casa llanta	4	22
14028	Cihuatlán (DGE)	15.5	30.5
14029	Concepción de Buenos AIRES	4	19
14030	Ciudad Guzmán (OBS)	4	23.2
14034	Contla	6.5	24.5
14035	Corrinchis II	2.5	23.5
14036	Cuautitlán	13	29.5
14037	Achimec	0	22
14038	Cuixtla	6.5	28.5
14039	Cuquio	1	22
14040	Chapala	11	21.5
14046	El Chante	7	27
14047	El Fuerte	5	24
14053	El Pinito	-0.5	21
14054	El Puesto	6	21
14056	El Salitre	1.5	26
14070	Huascato	5	23
14075	Jamay	4	22
14084	Lagos de Moreno (DGE)	1.2	21.5
14087	La Red	3	22
14090	La Yerbabuena	4.5	24.5
14114	Presa La Duquesa	2	20
14125	San Gregorio	-0.3	20
14132	Tlaquepaque	8	22
14141	Talpa de Allende	7.5	25
14142	Tapalpa (SMN)	2	20
14144	Tenasco	0	20
14145	Teocaltiche (DGE)	-3	24
14156	Tuxcueca	9	20
14160	Valle de Juárez (DGE)	3	19

14169	Zapopan	7	23
14187	Tequila	9	25
14269	Ahualulco de Mercado (SMN)	4	25
14306	Tenzompa	-2.5	19
14311	Canoas	8.5	29
14320	La Sauceda	0.5	21
14324	Temastian	1.5	21
14329	La Experiencia	7	24
14339	El Cuale	11.5	24.5
14346	Bocas	0	24
14349	El Rodeo	0.1	25
14350	El Rosario	9	29
14369	La Vaquera	3.5	19
1075	Montoro	1	22
1101	Las Presas	1	19
1015	Palo Alto	0	20
1033	Los Conos	-1	20
1022	San Bartolo	1	20
1073	La Tinaja	1	21
1079	Peñuelas	1	20
1074	Cieneguilla	2	20.5
6054	Manuel Avila Camacho	5	29
6071	Trapichillos	10.5	27.5
11023	Guanajal	2	22.5
11159	Presa El Barrial	1.5	22
11055	Purísima de Bustos	0.5	22.5
11025	Hacienda de arriba	2	21.5
16039	Piedras Blancas	16	31.5
18077	Cuastecomatillo	8.5	28
18075	Cacalutlan	11.5	27
32118	Los Campos	-2	18
32097	Tenayuca	-1	20
32070	Teúl de González Ortega (DGE)	1.5	21.5
32037	Monte Escobedo	-3	18
32130	El Romerillo	3	19
32030	La Florida	-4	21
32057	Tlaltenango	-1	19

Fuente: Soluciones SIG con proceso geoestadístico.

Una vez obtenidos los resultados de cada uno de los percentiles por temperatura máxima y mínima diaria, para la generación de cartografía, se hizo uso de SIG para aplicar el Método de Interpolación IDW. Los datos que se utilizaron para realizar la interpolación corresponden a los que se muestran en la tabla siguiente:

Tabla HDR–I–4. Resultados

ID	Estación	Total de ondas gélidas	Máxima duración de una onda gélida (días)
14002	Acatlán de Juárez	8	3
14006	Ajojucar	11	5
14009	Ameca	11	4
14011	Apazulco	13	7
14016	Atequiza	22	7
14017	Atotonilco El Alto	7	6
14018	Atoyac	3	3
14023	Bolaños	24	6
14024	Cajón de Peña	5	6
14026	Casa llanta	39	9
14028	Cihuatlán (DGE)	15	6
14029	Concepción de Buenos AIRES	21	10
14030	Ciudad Guzmán (OBS)	11	6
14034	Contla	13	6
14035	Corrinchis II	16	3
14036	Cuautitlán	11	30
14037	Achimec	21	5
14038	Cuixtla	9	6
14039	Cuquio	19	4
14040	Chapala	50	8
14046	El Chante	62	30
14047	El Fuerte	33	7
14053	El Pinito	25	7
14054	El Puesto	0	0
14056	El Salitre	9	4
14070	Huascato	15	6
14075	Jamay	12	5
14084	Lagos de Moreno (DGE)	13	3
14087	La Red	22	3
14090	La Yerbabuena	10	4
14114	Presa La Duquesa	18	4
14125	San Gregorio	4	6
14132	Tlaquepaque	26	21
14141	Talpa de Allende	6	6
14142	Tapalpa (SMN)	23	5
14144	Tenasco	16	6
14145	Teocaltiche (DGE)	3	3
14156	Tuxcueca	56	12
14160	Valle de Juárez (DGE)	35	17

14169	Zapopan	31	8
14187	Tequila	46	19
14269	Ahualulco de Mercado (SMN)	16	6
14306	Tenzompa	12	8
14311	Canoas	10	5
14320	La Sauceda	10	5
14324	Temastian	8	5
14329	La Experiencia	28	4
14339	El Cuale	3	2
14346	Bocas	25	4
14349	El Rodeo	46	6
14350	El Rosario	8	4
14369	La Vaquera	30	9
1075	Montoro	20	4
1101	Las Presas	48	5
1015	Palo Alto	63	5
1033	Los Conos	65	3
1022	San Bartolo	43	4
1073	La Tinaja	26	2
1079	Peñuelas	52	2
1074	Cieneguilla	36	2
6054	Manuel Avila Camacho	2	2
6071	Trapichillos	3	2
11023	Guanajal	35	5
11159	Presa El Barrial	17	3
11055	Purísima de Bustos	21	3
11025	Hacienda de arriba	14	2
16039	Piedras Blancas	3	2
18077	Cuastecomatillo	9	3
18075	Cacalutlan	6	3
32118	Los Campos	56	5
32097	Tenayuca	12	2
32070	Teúl de González Ortega (DGE)	28	2
32037	Monte Escobedo	23	6
32130	El Romerillo	33	12
32030	La Florida	14	2
32057	Tlaltenango	19	2

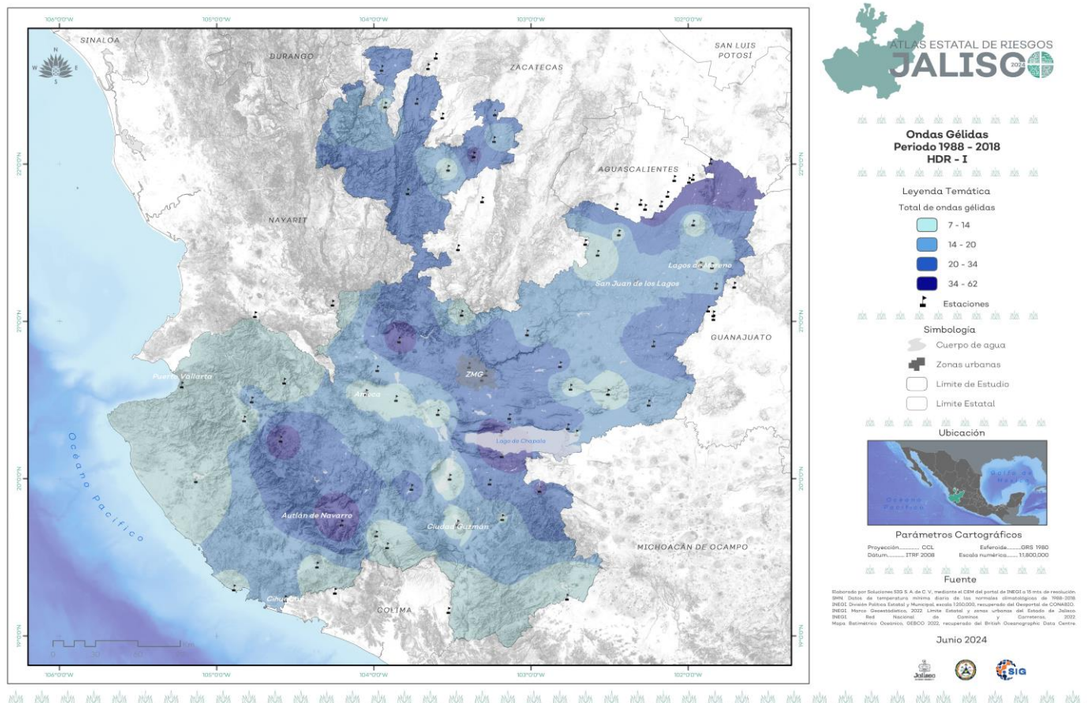
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG con método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo, 2016.

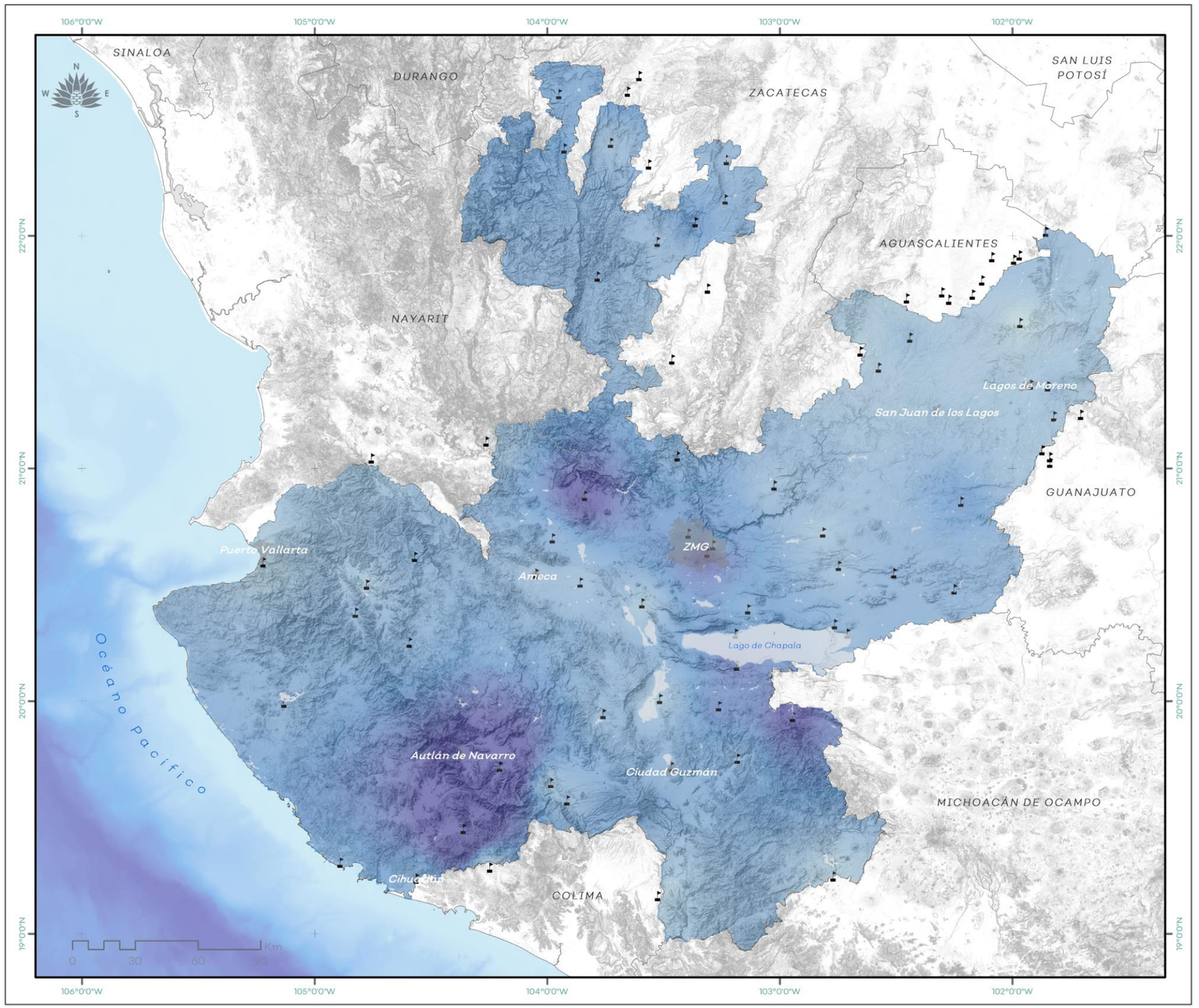
6.1.9.4. Susceptibilidad

Para llevar a cabo la estimación de susceptibilidad por ondas gélidas dentro del territorio jalisciense, se consideró optar por los resultados obtenidos mediante el método geoestadístico aplicado con base en la metodología de Herrera Alanís (2012) que consta de la totalidad de ondas gélidas en el periodo de 30 años establecido, los días que estuvieron por debajo de los P5 y que, por ende, tuvieron presencia del fenómeno. Se optó por esta decisión debido a que en el momento de la realización de este instrumento, no se contaban con datos de la temperatura registrada por horas, los cuales son inscritos en estaciones meteorológicas automáticas.

Durante el periodo comprendido de 1988 al 2018, el estado de Jalisco tuvo una presencia de 62 ondas gélidas, con una máxima duración de 30 días, es decir, en alguna ocasión, las bajas temperaturas han descendido por debajo de la media teniendo una presencia continua por 30 días, lo cual supera el promedio que va de los 0 a los 5 días con bajas temperaturas.

Los siguientes mapas muestran la distribución espacial de la ocurrencia de las ondas gélidas, teniendo como principal receptor de este fenómeno a la Región I Norte, ya que las condiciones geográficas de la región propician el desarrollo de este fenómeno.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - I - 01

Leyenda Temática

Máxima duración de una onda gélida
(Días)

- 0 - 5
- 5 - 10
- 10 - 15
- 15 - 30
- Estaciones

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. SMN. Datos de temperatura mínima diaria de las normales climatológicas de 1988-2018. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.9.5. Vulnerabilidad

Por otra parte, cabe señalar que al considerar la duración en días de este fenómeno es de suma importancia, ya que, al tener la estimación de cuántos días han llegado a durar más allá de la media estimada que corresponde a dos días, se pueden tomar medidas de adaptación que permitan a la población extremar precauciones ante la llegada de las bajas temperaturas durante la temporada invernal que comprende los meses de octubre a enero, en cuestiones de bajas temperaturas.

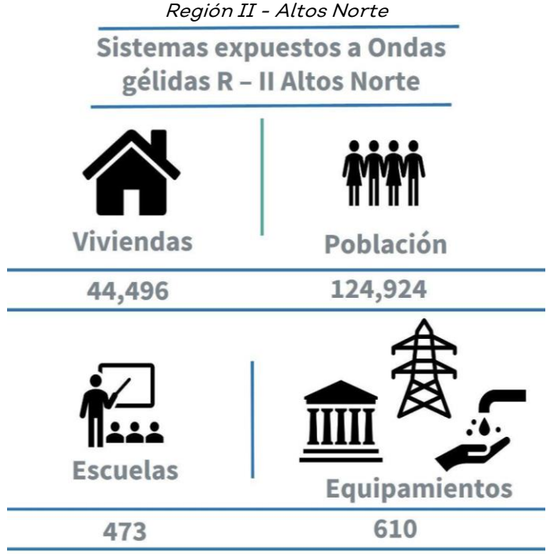
Las regiones que tienen una mayor incidencia por este fenómeno, corresponden a las regiones I - Norte en los municipios de Colotlán, Santa María de los Ángeles; II - Altos Norte en los municipios de Ojuelos de Jalisco, Lagos de Moreno, Encarnación de Díaz, Villa Hidalgo, Teocaltiche, San Juan de los Lagos, Unión de Santiago y San Diego Alejandría, de igual manera tiene presencia en los municipios de Tequila, Atenguillo, Cuautla, El Grullo y Quitupan, siendo los municipios con mayor duración del fenómeno, registrando las siguientes cifras en cuanto a población y viviendas expuestas:

Región I - Norte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Región II - Altos Norte



Fuente. Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Por lo tanto, se exhorta a la población a llevar a cabo las medidas de prevención adecuadas para evitar el aumento de las enfermedades respiratorias y las intoxicaciones por monóxido de carbono al prender calentadores de leña o carbón dentro de los hogares, ya que es una de las principales causas de muerte en temporada invernal, por lo que mantener una buena ventilación ayuda a prevenir desastres.

Imagen HDR-I-3. Prevención ante los calentadores



Fuente: SEGOB, 2017.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Ondas Gélidas

Principalmente en las regiones I Norte y II Altos Norte.
Colotlán, Santa María de los Ángeles, Ojuelos de Jalisco, Lagos de Moreno, Encarnación de Díaz, Villa Hidalgo, Teocaltiche, San Juan de los Lagos, Unión de San Antonio, San Diego Alejandría, Tequila, Atenguillo, Cuautla, El Grullo y Quitupan.

62, 903 viviendas

179 Centros de Salud

111,137 Estudiantes

171, 181 Población potencialmente expuesta

5, 006 docentes

4,113 Planteles

1% Mayor Vulnerabilidad*

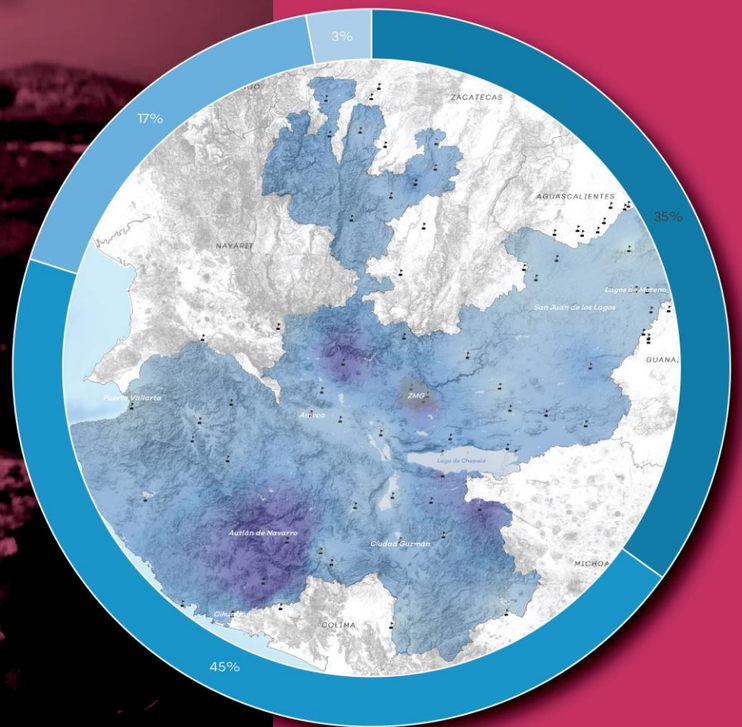
268, 110, 835 empleados expuestos

940 equipamientos

9, 871 establecimientos económicos

En caso de suspensión de actividades

23 municipios expuestos a la máxima duración de una onda gélida con 30 días de duración.



Máxima duración de una onda gélida

- 0-5
- 5-10
- 10-15
- 15-30

6.1.10. Heladas

6.1.10.1. Introducción

La helada se define como la disminución de la temperatura del aire a un valor igual o inferior al punto de congelación del agua, según la Organización Meteorológica Mundial (WMO) (1992). La cubierta y hielo, es una de sus formas producida por la sublimación del vapor de agua sobre los objetos; ocurre cuando se presentan dichas temperaturas (Ascaso & Cassals, 1986 en Blog, 2019).

La determinación de las temperaturas más bajas nos ayuda a identificar a los meses más fríos como aquellos en los que la temperatura desciende por debajo de los cero grados centígrados, y cuando esto ocurre, se dice que ha ocurrido una helada. Para el caso de México, el fenómeno de helada y las bajas temperaturas que ésta conlleva ocurren generalmente durante los meses de noviembre a marzo, siendo diciembre y enero los de mayor impacto.

Desde el punto de vista agroclimático es de suma importancia considerar este fenómeno, dados sus efectos dentro del sector agrícola, además, también se debe de considerar las afectaciones a la salud de la población, sobre todo, de aquellas que habitan en casas frágiles o que se encuentran en estado indigente, también las personas de la tercera edad, así como a los niños y niñas (Matías Ramírez, Fuentes Mariles, & García Jiménez, 2007).

Esto último debido a que para el cuerpo humano un clima frío implica varios efectos negativos, como son las enfermedades de tipo circulatorio, las infecciones respiratorias agudas, el congelamiento de la piel y la hipotermia. Cabe mencionar que el nivel de peligro en cuanto a heladas es variado, pues se encuentra sujeto a la resistencia que los seres vivos poseen ante la disminución de temperaturas.

Las heladas se presentan particularmente en las noches de invierno por una fuerte pérdida radiactiva. Suele estar acompañada de una inversión térmica junto al suelo, donde se presentan los valores mínimos, que pueden descender a los 2°C o aún más (CENAPRED, 2019).

Las heladas se pueden agrupar desde los puntos de vista de origen climatológico, época de ocurrencia o aspecto visual. Algunas de las categorías se relacionan entre sí. Las heladas se clasifican de la siguiente manera:

Por origen climatológico:

- Heladas por advección: se forman cuando se presentan grandes masas de aire frío de origen continental a una región hasta de 100 km2, ubicada en las partes bajas de las montañas, en las cañadas o en valles. Se presentan ya sea durante en el día o en la noche y se acompañan de vientos moderados a fuertes (con una velocidad mayor de 15 km/h) y durante ellas no existe inversión térmica (CENAPRED, 2019).
- Heladas por radiación: 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 (CENAPRED, 2019).

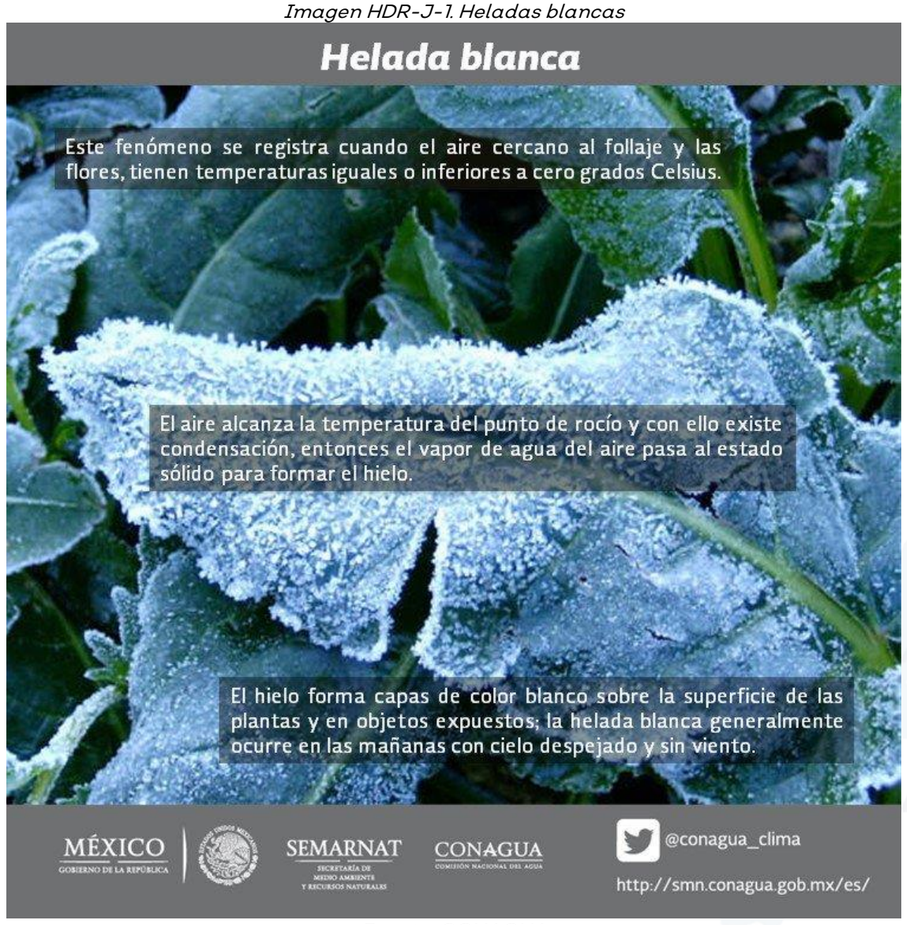
Por la época en la que ocurren:

- Heladas primaverales: esta helada tiene repercusiones directas principalmente en los cultivos de ciclo anual (como el maíz) cuando se encuentra en la etapa fenológica de brotación de ramas o con pocos días de nacimiento. Se presentan cuando en el ambiente se genera un descenso de temperatura (CENAPRED, 2019).
- Heladas otoñales: también son conocidas como las heladas tempranas, son perjudiciales para los cultivos porque pueden interrumpir de manera brusca el proceso de formación de botones de las flores y la maduración de frutos. A este tipo de 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 (CENAPRED, 2019).
- Heladas invernales: su formación ocurre durante el invierno si la temperatura ambiente llega a disminuir de manera notable. Afectan principalmente a los árboles perennes con frutos y especies forestales, especialmente cuando se hace más intenso el frío. Ocurren cuando las plantas se encuentran en periodo de reposo, lapso en el que las plantas disponen de mayores posibilidades para soportar bajas temperaturas (CENAPRED, 2019).

Por su efecto visual:

- Helada blanca: se presenta cuando la presencia del aire cercano al follaje y las flores tenga una temperatura igual o menor 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 (CENAPRED, 2019).

Imagen HDR-J-1. Heladas blancas



Fuente: CONAGUA.

- Helada negra: se presenta cuando el aire contiene 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 sufren daños y al día siguiente las plantas presentan una coloración negruzca, derivado a la congelación de la savia de las plantas o del agua de sus tejidos (CENAPRED, 2019).

Imagen HDR-J-2. Heladas negras



Fuente: CONAGUA.

Cabe resaltar que la diferencia que existe entre una helada a una nevada se debe a que, durante la helada, no ocurre precipitación debido a que el vapor de agua contenido en el aire en lugar de ascender, se congela y se deposita en el piso, mientras que en la nevada sí existe precipitación, por lo que la nevada ocurre cuando el vapor de agua contenido en el aire asciende hasta alcanzar zonas que tienen temperaturas similares a las de congelación donde forma conglomerados de cristales de hielo (Matías Ramírez, Fuentes Mariles, & García Jiménez, 2007).

6.1.10.2. Antecedentes del Fenómeno

A lo largo de la historia de México se han registrado eventos de heladas desde la época de la Colonia, como la que ocurrió en el Valle de México en 1448, la cual cubrió de hielo a todos los cultivos de maíz, cuando aún se encontraban en la etapa de grano. Se tiene conocimiento de otros casos, los cuales

en su gran mayoría se caracterizaron por afectar las actividades agrícolas. Además, es importante mencionar que los rasgos topográficos como los valles, son los lugares donde se presentan con mayor frecuencia las heladas, siendo su grado de severidad alto (Kassomenos, et al, 1997 en Matías Ramírez 2007).

Para el caso del estado de Jalisco, el fenómeno de heladas tiene registros en las zonas más altas del estado. Ejemplo de ello se tiene registro en el año de 2004, donde, de acuerdo con el Instituto de Astronomía y Meteorología de la Universidad de Guadalajara las regiones Norte y Altos Norte de Jalisco las temperaturas han alcanzado temperaturas de hasta 7.5° C bajo cero (Velazco, 2004).

En Zapotlán el Grande en el año de 2016 se vieron afectadas debido a la nieve y aguanieve, escarcha de hielo y fuertes heladas alrededor de 2,017 hectáreas con una producción estimada de 18,959 toneladas de aguacate, sin embargo, se precisó que las siembras más afectadas fueron caña de azúcar, aguacate, agave, pepino, calabacita y tomate, todas a cielo abierto (Representación Agricultura Jalisco, 2016).

En la región de Los Altos de Jalisco en 2016, se presentaron temperaturas por debajo de los cero grados centígrados y fueron 1,276 hectáreas de cultivos que se echaron a perder, de las cuales 956 fueron de caña de azúcar y alrededor de 80 hectáreas de aguacate (Estaff Kiosco, 2016).

Por otra parte, para el mismo año de 2016, en entrevista con Notimex, el delegado de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) destacó que, junto con los ocho jefes de distrito de la dependencia, hicieron un recorrido para el recuento de los daños en el campo de Jalisco (El Economista, 2016).

El funcionario afirmó que cuentan con un reporte preliminar de cerca de 1,266 hectáreas con siniestro, en su mayoría con daño parcial y pocas de manera total [...] precisó que las siembras más afectadas fueron de caña de azúcar, aguacate, agave, pepino, calabacita y tomate, todas a cielo abierto. En este caso se salvaron los cultivos de berries y otros productos en los que se utiliza macrotúnel y otro tipo de tecnología de agricultura protegida [...] añadió que las zonas más afectadas es la de Los Altos, porque es donde nevó y se registraron las temperaturas más bajas.

Imagen HDR-J-3.: Evalúan daños en el sector agrícola y pecuario por heladas y nevadas



Fuente: César Barba para Crónica Jalisco.

Cabe resaltar que la diferencia que existe entre una helada a una nevada es que, durante la helada, no ocurre precipitación debido a que el vapor de agua contenido en el aire en lugar de ascender, se congela y se deposita en el piso, mientras que en la nevada sí existe precipitación, por lo que la nevada ocurre cuando el vapor de agua contenido en el aire asciende hasta alcanzar zonas que tienen temperaturas similares a las de congelación donde forma conglomerados de cristales de hielo (Matías Ramírez, Fuentes Mariles, & García Jiménez, 2007).

Guadalajara fue testigo de una histórica nevada el 13 de diciembre de 1997, se dice que nevó a partir de las 7:00 hasta las 11:00 am, donde la nieve no superó el medio centímetro de grosor, pero dejó un paisaje blanco en toda la ciudad. Según la Universidad de Guadalajara, la temperatura descendió hasta los 7°C bajo cero, caso similar al registro de otra nevada a mediados de la década de 1880 (Informador.mx, 2018).

Sin embargo, Jalisco al encontrarse en la zona costera tiene poca presencia de este fenómeno, pero sí se han llegado a presentar heladas que han dejado daños principalmente en los cultivos que se encuentran en las zonas altas y al norte del Estado, entre los límites con los Estados de Durango y Zacatecas donde su rango de presencia de heladas oscila entre los 61 a 120 días con heladas (Vidal-Zepeda, 2007).

Tabla HDR-J-1. Registros de presencia de temperaturas bajo cero con daños en los cultivos

Localización	Temperatura registrada	Año	Daños registrados
Región Norte: Bolaños, Colotlán y Totatiche.	7.5° bajo cero	2004	Afectación en cultivos de agave para la producción tequilera.
Altos Norte: Ojuelos, Teocaltiche, Lagos de Moreno, Villa Hidalgo y San Diego de Alejandría.	7.5° bajo cero	2004	Afectación en cultivos de agave para la producción tequilera.
Región Los Altos de Jalisco		2016	1,276 hectáreas de cultivo 956 fueron de caña de azúcar 80 hectáreas de aguacate

Fuente: Soluciones SIG con datos hemerográficos digitales.

6.1.10.3. Metodología y Memoria de Cálculo

El mapa de susceptibilidad a heladas es el resultado de la generación de un mapa de factores condicionantes del fenómeno más la identificación de temperaturas mínimas que se encuentren por debajo de los 0°C como factor detonante del fenómeno. El mapa de condicionantes se compone de dos elementos: el gradiente térmico y las temperaturas mínimas proyectadas

Se tomó en consideración la metodología para el cálculo del gradiente térmico altitudinal descrito por Fries, Rollenbeck, NauB, Peters, & Bendix, 2011 en *Near surface air humidity in a megadiverse Andean mountain ecosystem of southern Ecuador and its regionalization.*

Para la determinación de los parámetros de la intensidad de peligro, de acuerdo con el SMN (2008), las heladas por sus cualidades gélidas ambientales pueden presentar los siguientes efectos ambientales:

Tabla HDR-J-3. Efectos ambientales por heladas

Temperatura	Designación	Vulnerabilidad
0 a -3.5°C	Ligera	El agua comienza a congelarse. Daños pequeños a las hojas y tallos de la vegetación. Si hay humedad el ambiente se torna blanco por la escarcha.
-3.6 a -6.4	Moderada	Los pastos, las hierbas y hojas de plantas se marchitan y aparece un color café o negruzco en su follaje. Aparecen los problemas de enfermedades en los humanos, de sus vías respiratorias. Se comienza a utilizar la calefacción.
-6.5 a -11.5	Severa	Los daños son fuertes en las hojas y frutos de los árboles frutales. Se rompen algunas tuberías de agua por aumento de volumen de hielo. Se incrementan las enfermedades respiratorias. Existen algunos decesos por hipotermia.
< -11.5	Muy severa	Muchas plantas pierden todos sus órganos. Algunos frutos no protegidos se dañan totalmente. Los daños son elevados en las zonas tropicales.

Fuente: Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos, 2018.

Se establecerán las probabilidades anuales de ocurrencia y la probabilidad de ocurrencia de la primera y última helada.

Para el análisis de este fenómeno, se debe de comenzar con obtener los valores de las temperaturas mínimas registradas en las estaciones meteorológicas que se encuentren en la zona de estudio. Con base en los registros del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se realizó la descarga de los datos de 69 estaciones que se encuentran dentro del Estado y que cuentan con los datos requeridos.

Se tomaron en cuenta aquellas estaciones que tuvieran las cifras completas en una temporalidad de 30 años, siendo el lapso de 1988 a 2018 las temperaturas mínimas registradas, se obtuvo un promedio por estación que sirvió para poder calcular el gradiente térmico altitudinal, el cual depende de la temperatura y la altura de un punto determinado, en este caso, el punto corresponde a la estación meteorológica. Las estaciones que fueron utilizadas corresponden a las siguientes:

Tabla HDR-J-4. Estaciones meteorológicas para el análisis de heladas

ID	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
14002	Acatlán de Juárez	20.4210	-103.5910	1370
14006	Ajojucar	21.5630	-102.4390	1745
14009	Ameca	20.5478	-104.0472	1370
14011	Apazulco	19.3064	-104.8875	5
14016	Atequiza	20.3953	-103.1356	1520
14351	Tala	20.6483	-103.7011	1330
14350	El Rosario	19.6486	-103.9833	700
14339	El Cuale	20.5964	-105.2200	53
14326	Totuate	22.2840	-103.7360	1360
14311	Canoas	19.5740	-103.9130	760
14306	Tenzompa	22.3761	-103.9247	1770
14187	Tequila	20.8828	-103.8367	1180
14169	Zapopan	20.7203	-103.3919	1560
14168	Zacoalco de Torres	20.2278	-103.5694	1350
14023	Bolaños	21.8250	-103.7830	963
14026	Casa Llanta	22.0589	-103.3619	1730
14069	Huejucar (OBS)	22.3575	-103.2100	1830
14144	Tenasco	22.1567	-103.2328	1710
14346	Bocas	22.4000	-103.7261	1352
14071	Huejuquilla El Alto (DGE)	22.6278	-103.8975	1740
14053	El Pinito	22.6092	-103.9483	1684
14044	El Bramador	20.3100	-105.0497	1704
14081	La Desembocada	20.7286	-105.2067	19

ID	Estación	Latitud	Longitud	Altitud
14125	San Gregorio	20.6208	-104.5681	1640
14036	Cuautitlán	19.4506	-104.3592	600
14046	El Chante	19.7186	-104.2033	900
14343	Presa Basilio Badillo	19.9140	-104.0640	824
14349	El Rodeo	20.2519	-104.5914	1520
14035	Corrinchis II	20.5006	-104.7736	1267
14096	Mascota	20.5253	-104.7864	1230
14078	Juchitlan	20.0833	-104.0975	1230
14118	Quito	19.5250	-103.4333	1045
14034	Contla	19.7531	-103.1811	1160
14141	Ingenio Tamazula	19.6875	-103.2578	1450
14030	Ciudad Guzmán	19.7181	-103.4647	1515
14052	El Nogal	19.8972	-103.7872	2000
14056	El Salitre	20.5103	-103.8569	1260
14054	El Puesto	21.6256	-101.9664	2050
14033	Comanja de Corona	21.3258	-101.7139	2244
14122	San Bernardo	21.6317	-102.3911	1800
14114	Presa la Duquesa	21.2244	-101.8200	1950
14084	Lagos de Moreno	21.3603	-101.9206	1884
14101	Michoacanejo	21.5400	-102.5967	1860
14157	Union de San Antonio	21.1314	-102.0047	1917
14145	Teocaltiche	21.4336	-102.5739	1740
14123	San Diego de Alejandría	20.9942	-101.9942	1960
14165	Villa Obregón	21.1483	-102.6889	1850
14167	Yahualica de Gonzalez Gallo	21.1817	-102.8906	1800
14080	La Cuña	21.0067	-102.8233	1490
14369	La Vaquera	20.8580	-102.2200	2081
14039	Cuquio	20.9278	-103.0233	1790
14038	Cuixtla	21.0519	-103.4389	1000
14068	Hostotipaquillo	21.0581	-104.0514	1300
14070	Huascato	20.4806	-102.2489	1619
14017	Atotonilco El Alto	20.5500	-102.5083	1600
14087	La Red	20.7253	-102.8128	1774
14093	Magdalena	20.9064	-103.9797	1380
14089	La Vega	20.5920	-103.8580	1260
14066	Guadalajara	20.6764	-103.3461	1550
14132	Tlaquepaque	20.6383	-103.3106	1540
14090	La Yerbabuena	20.5817	-102.7456	1588
14047	El Fuerte	20.3308	-102.7633	1540
14142	Tapalpa	19.9450	-103.7581	2060
14018	Atoyac	20.0097	-103.5153	1350
14029	Concepción de Buenos Aires	19.9783	-103.2606	1639
14156	Tuxcueca	20.1536	-103.1844	1530
14040	Chapala	20.2900	-103.1892	1530
14379	Mezcala	20.336	-103.018	1530
14072	Huerta Vieja	20.4258	-103.2422	1550

Fuente: SMN.

De cada una de las estaciones anteriormente mencionadas, se tomaron en consideración las temperaturas mínimas extremas mensuales que abarcan los meses de octubre a marzo, una vez obtenido el promedio de cada una de las estaciones, se procedió a realizar una interpolación de estos datos de temperatura con la altura de cada una de las estaciones, esto para demostrar la relación temperatura-altura en la que las zonas de mayor altitud son las que tienen las temperaturas más bajas.

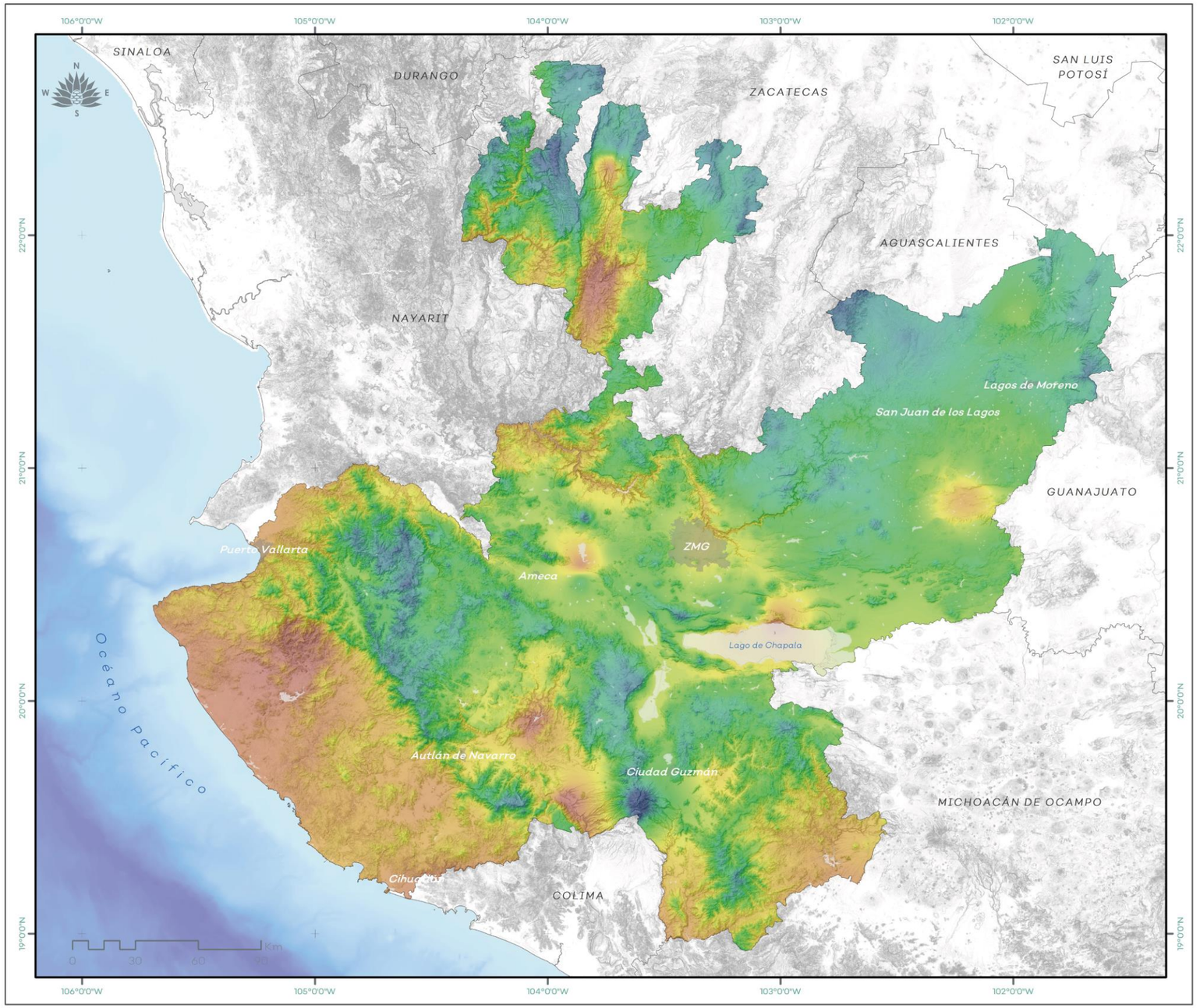
Con ayuda de un SIG se realizó la interpolación IDW la cual es una herramienta que utiliza un método de interpolación que estima los valores de las celdas calculando promedios de los valores de los puntos de datos de muestra en la vecindad de cada celda de procesamiento. Cuanto más cerca está de un punto del centro de la celda que se está estimando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio. Para el cálculo del gradiente térmico altitudinal es necesario el poder contar con la altura del punto a estudiar, el cual corresponderá a cada una de las estaciones anteriormente mencionadas para poder realizar la siguiente ecuación a través de la calculadora ráster junto con el DEM del Estado, el cual corresponde a una resolución de 15 m.

$$T_{xy} = T_{det} + \left(r\left(DEM_{Z(XY)} - z_{det}\right)\right)$$

Donde:
Tdet: corresponde a la relación entre la altura con el promedio mínimo de la estación.
r: es el valor de relación entre ambos factores.
DEM: Modelo de Elevación Digital.
Zdet: es el valor determinado para la altura de cada una de las estaciones.

Se resuelve esta operación dentro de la herramienta Raster calculator en el software ArcMap de ArcGis para obtener el cruce de ambos elementos. Con esto, se obtiene el mapa en el que se identifican las temperaturas mínimas en el territorio, siendo clara la presencia de las elevaciones naturales en las que se cumple la relación temperatura-altura, dando presencian las temperaturas más bajas del Estado y es donde se tiene la mayor susceptibilidad de que ocurra este fenómeno.

Al obtener el mapa del gradiente térmico altitudinal por subsecuente se obtuvo el de susceptibilidad a heladas, en el cual se pudieron identificar las zonas en las que este fenómeno puede llegar a impactar. Las zonas que se identificaron fueron las pertenecientes a los municipios de la región norte del estado, en municipios como Huejuquilla el Alto, Mezquitic, en la zona noreste en los municipios de Ojuelos de Jalisco, Lagos de Moreno, Teocaltiche, Encarnación de Díaz; y para la zona del centro oeste se tiene la presencia de heladas en los municipios de Atenguillo, Mascota, Talpa de Allende, por mencionar algunos ejemplos de donde se registran las temperaturas por debajo de los 0°C.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Heladas
HDR - J

Leyenda Temática

Gradiente térmico altitudinal

°C

Alto : 17.15

Bajo : -17.46

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. SMN. Datos de temperatura mínima registrada en el periodo de 1988-2018. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.10.4. Susceptibilidad

El Estado de Jalisco es uno de los mayores productores agrícolas del país, se ha posicionado como uno de los mayores aportadores de alimentos para la sociedad mexicana y para el mercado de exportación. Para 2020, el titular estatal de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER Jalisco), Alberto Esquer Gutiérrez, refirió que en el valor comercial la producción del campo jalisciense implica 175, 189 millones de pesos, muy por arriba del segundo lugar que ocupa Michoacán con 111, 560 millones y de los 89, 876 del campo de Veracruz en tercer lugar.

En cuanto al volumen de producción, el agro estatal tiene el liderazgo con 41 millones 065 mil toneladas, muy por encima de la producción de Veracruz, con 31 millones 799 mil toneladas.

Dentro de los principales cultivos de los cuales el Estado de Jalisco es productor destacado, son los siguientes:

Tabla HDR-J-2: Principales productos cultivados en los campos de Jalisco con sus características

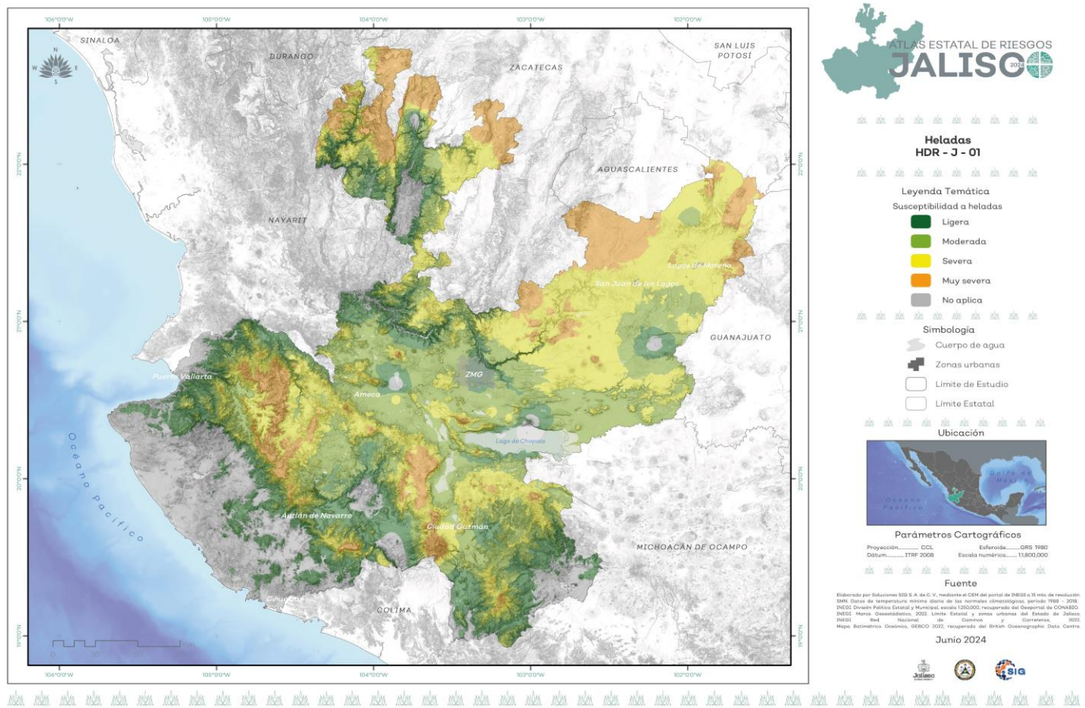
Producto	Establecimiento de la plantación	Condiciones edáficas y climáticas
Agave tequilero (Agave tequilana Weber azul)	Se siembra preferentemente al inicio de la temporada de lluvias. En la tierra labrada se plantan los hijuelos o semillas que se arrancan de una planta madre. Cada año se ara la tierra y se podan las pencas para dejar solo las que rodean al cogollo, denominándose "barbeo". La madurez del agave tarda entre 6 y 8 años después de plantado.	Requiere de climas con invierno benigno y periodos definidos de lluvia. Suelos livianos con altos contenidos de óxidos y de potasio, que tengan drenaje y una alta exposición a los rayos solares.
Aguacate (Persea americana Mill)	La siembra se hace por trasplante, los suelos más recomendados son los de textura ligera, profundos, bien drenados con un pH neutro o ligeramente ácidos (5.5 a 7)	Sensible al frío y a la humedad ambiental, por lo que es recomendable sembrarlo en regiones libres de heladas y de vientos calurosos y secos. 1200 mm anuales de precipitación bien distribuidos son suficientes. Se recomienda su cultivo en altitudes entre 800 y 2,500m en suelos arcillosos o franco-arcillosos, con un buen drenaje.
Arándano (Vaccinium spp)	Se puede multiplicar por estacas o mediante micropropagación, es decir, vegetativamente, a partir de una planta original de características sobresalientes. Las plantaciones comerciales generalmente se establecen en líneas separadas de 2.5 a 3 m entre sí, dicha separación puede variar, dando una densidad de 2,200 a 4,400 plantas por hectárea.	Necesita de un periodo de frío acumulado durante el invierno para que se sobreponga al receso invernal y así pueda obtener una floración pareja y abundante. Requiere de temperaturas inferiores a 7°C y prefiere suelos ácidos con pH de 4 a 5, livianos, arenosos, con abundante materia orgánica, bien drenados y con adecuado abastecimiento de agua durante la temporada de crecimiento.
Caña de azúcar (Saccharum o cinarum L.)	Es una gramínea tropical que se reproduce por trozos de tallo y es recomendable que la siembra se realice de este a oeste para lograr una mayor captación de luz solar.	Temperatura, humedad y la luminosidad son los principales factores del clima que controlan su desarrollo. Se desarrolla mejor en lugares calientes y soleados que cuenten con un suelo de textura franco-limoso y franco-arenoso.
Chía (Salvia hispánica L.)	Se siembra sobre la superficie del suelo, expandiendo la semilla al voleo. El voleo debe emplearse después de una lluvia para evitar daños por insecto y ayudar a la germinación.	Es tolerable a la sequía y prospera bien en suelos con baja o mediana fertilidad. Es tolerante respecto a la acidez y a la sequía, pero no soporta las heladas. Requiere abundante sol y no fructifica en la sombra. Se cultiva a una altura de 800 a 1,600 msnm, pero se han registrado plantas adaptadas a diversos territorios.
Frambuesas (Rubus ideaus)	Planta que se reproduce por medio de la generación de nuevos brotes a partir de las yemas, raíces y estolones, es decir, la propagación es a través de hijuelos con raíces o con trozos de estas.	Las condiciones óptimas para su buen desarrollo fisiológico y productivo se encuentran en zonas con rangos entre 14°C y 19°C. Prefiere suelos de textura franco-arenosa profunda, con pH de 5.5 a 6.5. La precipitación adecuada es de 700 a 900 mm anuales.

Producto	Establecimiento de la plantación	Condiciones edáficas y climáticas
Lima (Citrus limetta)	Se deben plantar árboles injertados de 1 o 1 ½ año que estén libres de plagas y enfermedades con una buena unión patrón-injerto, con un tronco vertical que mida como mínimo 50-60 cm de altura, con una copa vigorosa formada por 3 a 5 ramas y una correcta formación de la raíz.	La temperatura y la humedad relativa influyen en la forma, tamaño y espesura de la cáscara de los frutos. En zonas de humedad relativa alta las plantas tienden a producir frutas manchadas por la proliferación de hongos que afectan su aspecto externo.
Maíz blanco (Zea mays L.)	La semilla permite que se siembre tanto en suelos bien preparados como en suelos con mínima labranza.	Prefiere los suelos franco-limosos, franco-arcillosos y franco-arcillosos-limosos, con profundidad mayor o igual a 1m, con un ph de 5.5 a 7.5. La temperatura óptima para su desarrollo es de 18 a 24°C. Requiere precipitación anual de 700 a 1,300 mm.
Maíz forrajero (Zea mays L.)	La semilla permite que sea sembrado en suelos bien preparados como en terrenos con mínima labranza o siembra directa. Se escogen variedades con alta precocidad para un mejor desarrollo de la planta.	De preferencia en suelos franco-arcillosos-limosos, con profundidad mayor a 1m y pH de 6.0 a 7.0. La temperatura óptima para su desarrollo es de 15 a 35°C y requiere una precipitación media anual de 200 a 1,100 mm.
Sandía de exportación (Citrullus lanatus)	Por lo general la planta procede del semillero, por lo que debe de colocarse de forma que el cepellón quede en contacto con el suelo, cubriéndolo con arena, evitando así la emisión de raíces por la humedad que proporciona el riego.	Para germinar, la semilla necesita una temperatura de 15 a 25°C. La floración ideal necesita de 18 a 20°C y en la etapa de maduración del fruto lo más conveniente es de 23 a 28°C.
Tamarindo (Tamarindus indica L.)	Puede reproducirse por semilla o por injertos, si se opta por la última forma, debe cuidarse que los árboles "madre" hayan presentado una alta productividad y frutos de buena calidad.	Se adapta bien desde el nivel del mar hasta los 600 msnm, prefiere suelos profundos, con buen drenaje, de textura franco-arcillo-arenoso y con pH de 6.5 a 7.5. Prospera mejor en lugares con clima cálido, semiseco, aunque lo puede hacer en lugares con clima cálido y húmedo.

Fuente: Monografías de productos agroalimentarios mexicanos, SIAP.

Dichos cultivos se han visto afectados por este fenómeno, a excepción de aquellos que se encuentran en una modalidad de macrotúnel o en invernaderos, pero la agricultura es una empresa sujeta a riesgos y las heladas constituyen un peligro para el buen desarrollo de ella (Romo y Arteaga en Mercado-Mancera et. al., 2022).

El mapa de susceptibilidad a heladas con base en los cálculos de temperaturas mínimas registradas en cada una de las estaciones y su altura determinada, nos muestran los rangos en los que se encuentra expuesto el sitio de estudio ante este fenómeno, teniendo una clara presencia de este fenómeno la zona norte.



Por otra parte, para la estimación del peligro, se consideró realizar la probabilidad de ocurrencia de heladas de la primera y de la última, considerando el umbral de temperatura de los 0°C como elemento principal para la clasificación de los días con heladas. Tomando en cuenta los municipios con mayor presencia de este fenómeno, fue que se consideraron las estaciones que se encuentran en el interior para realizar la determinación de las fechas de heladas, las cuales fueron realizadas a través del método probabilístico, en el cual intervienen las distribuciones acumulativa y normal, señalados por Snedecor y Cochran (1967) ya que estas distribuciones se ajustan a los datos de fechas de primera y última helada.

Para poder estimar la probabilidad de ocurrencia, en primera instancia fue realizar un conteo por cada año de la primer y última helada que se presentó en los 30 años por cada una de las estaciones seleccionadas, considerando que la Primer Helada (PH) está entre las estaciones de otoño e invierno, en los meses de octubre, noviembre y diciembre y la Última Helada (UH) está dada en los meses primaverales de enero a marzo. Se estimaron a partir de la siguiente tabla, considerando el conteo de los días por días julianos. Dicho ejemplo se replicó para cada una de las estaciones anteriormente mencionadas:

Tabla HDR-J-x. Fechas de ocurrencia de heladas (0° o menos), PH y UH, para la estación 14084 Lagos de Moreno

Año	PH (otoño)	Día juliano	UH (primavera)	Día juliano
1988	*	*	*	*
1989	Diciembre 14	348	Marzo 07	66
1990	Noviembre 11	315	Febrero 22	53
1991	*	*	Enero 12	12
1992	*	*	Febrero 06	37
1993	Diciembre 26	360	*	*
1994	Diciembre 29	363	Enero 05	5
1995	*	*	Enero 07	7
1996	*	*	Enero 13	13
1997	Diciembre 13	347	*	*
1998	*	*	Febrero 27	58
1999	Octubre 23	296	Febrero 15	46
2000	Diciembre 20	355	Enero 23	23
2001	Noviembre 30	334	Enero 23	23
2002	Noviembre 22	326	Febrero 24	55
2003	Diciembre 14	348	Marzo 22	81
2004	Noviembre 07	312	Febrero 03	34
2005	Noviembre 03	307	Enero 18	18
2006	Diciembre 25	359	Enero 19	19
2007	Noviembre 06	310	Enero 11	11
2008	Noviembre 19	323	Enero 01	1
2009	Diciembre 29	363	Febrero 02	33
2010	Noviembre 05	309	Enero 29	29
2011	Noviembre 29	333	Enero 27	27
2012	Diciembre 26	361	Enero 28	28
2013	*	*	Marzo 06	65
2014	Noviembre 26	330	Enero 18	18
2015	*	*	*	
2016	*	*	Febrero 07	38
2017	Diciembre 09	343	Enero 23	23
2018	Diciembre 16	350	Enero 21	21
	Promedio	336	Promedio	30.7
	Desviación estándar	20.65	Desviación estándar	19.75

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, con método probabilístico.

Una vez obtenidos los resultados anteriores por cada una de las estaciones, se procedió a calcular las probabilidades de heladas, empleando la distribución normal estandarizada, debido a que es laborioso realizar la integral de cada distribución normal. Los valores de Z para algunas probabilidades se muestran en la siguiente tabla para realizar la ecuación siguiente:

Tabla HDR-J-4. Valores de Z para algunas probabilidades

	Probabilidad	
	80%	90%
Primer helada	-0.84	-1.28
Última helada	0.84	1.28

Fuente: Snedecor & Cochran, 1967.

Dado que: $Z = \frac{X - x}{S}$

Z = Valores tabulados (valores de las probabilidades)
x = Promedio
S = Desviación estándar
X= El valor buscado a una probabilidad

Al despejar X de la ecuación:

$$Z = \frac{X - x}{S}$$
$$X = Z\,(S) + x$$

Sustituimos los valores de las variables:
PH:

$$90\% = (-1.28) * (20.65) + 336$$

$90\% = 309.57 = 310$ (6 de noviembre)

UH:

$$90\% = (1.28) * (19.75) + 30.7$$

$90\% = 55.98 = 56$ (25 de febrero)

Tabla HDR-J-5. Tabla de probabilidad de ocurrencia anual de heladas para la estación 14084 Lagos de Moreno

Probabilidad	PH	UH
Promedio	336 (2 de diciembre)	31 (31 de enero)
90%	310 (6 de noviembre)	56 (25 de febrero)
Diferencia en días	26	25

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, con método probabilístico.

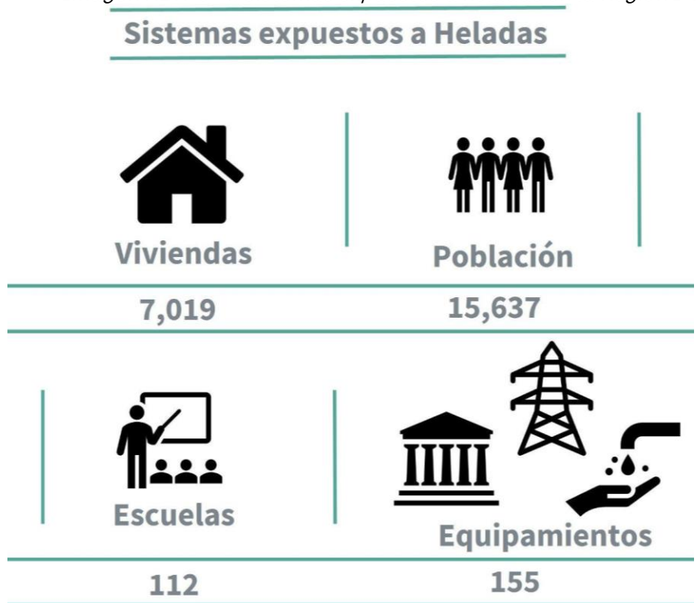
Con base en los datos que aparecen en la tabla HDR-J-3, el valor corresponde al día 6 de noviembre (por la numeración juliana), lo que indica que en 9 de cada 10 años la primera helada ocurrirá el 6 de noviembre o después y al observar la diferencia en valores utilizando el promedio y el valor obtenido con una probabilidad del 90%, se tiene que la diferencia de 26 días para la PH es un valor grande, ya que si se trata de cultivos anuales, en ese periodo de tiempo éstos pueden salvarse de una helada o perderse por defecto de la misma.

Por otra parte, la diferencia de 25 días en la fecha de la UH también es grande, ya que no sería lo mismo sembrar un cultivo el 31 de enero que sembrarlo el 25 de febrero.

6.1.10.5. Vulnerabilidad

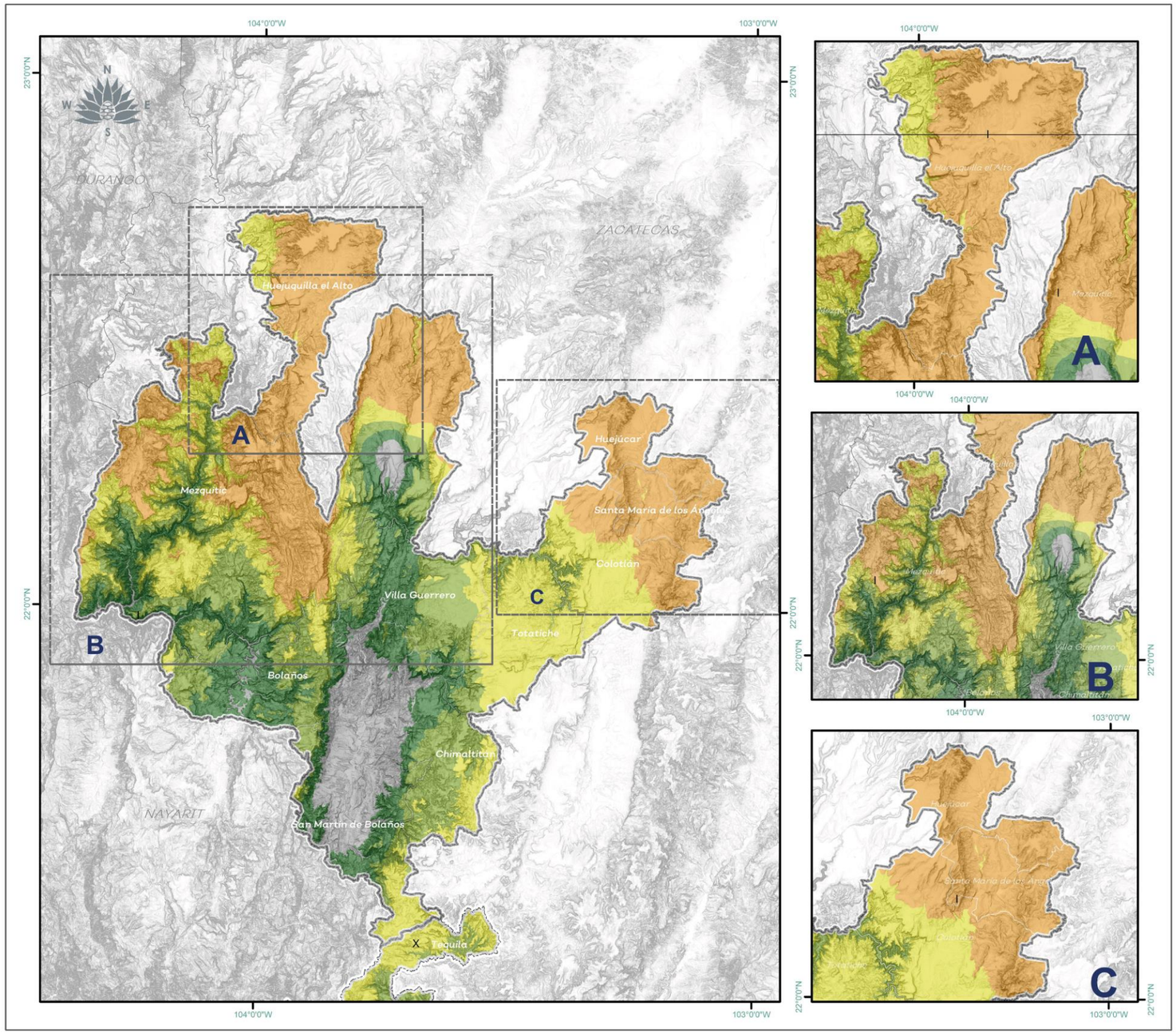
Para el apartado de vulnerabilidad se realizó la localización de las zonas en las que el fenómeno de heladas representa una vulnerabilidad *Muy severa* bajo los parámetros de CENAPRED y con base en el mapa de Susceptibilidad a heladas. La siguiente descripción identifica por región las zonas bajo dicho parámetro, en las que se consideraron en su totalidad a la cantidad de población expuesta, así como el número de viviendas, asimismo, se consideraron escuelas, equipamiento público, centros de salud y hospitales, ya que son los sectores poblacionales que mayormente padecen ante este fenómeno.

Imagen HDR-J-4. Sistemas expuestos a heladas en la Región I-Norte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Dentro del nivel heladas de *Muy severa* para la Región I Norte, se identificaron a los municipios de Huejuquilla El Alto, Mezquitic, Huejúcar, Santa María de los Ángeles y parte del municipio de Colotlán dentro de este parámetro, siendo un total de 293 localidades las más afectadas por este fenómeno:



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Localidades Expuestas a Heladas
Periodo 1988 - 2018
Región I Norte
HDR - J - 02

Leyenda Temática

Intensidad de heladas

- Ligera
- Moderada
- Severa
- Muy severa
- No aplica

Simbología

- Municipios
- Región I Norte
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
B 1:1,085,000
Esferoide.....GRS 1980
Escala ventanas: A 1:580 000
C 1:694 000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SMN. Vulnerabilidad a heladas, con datos de temperatura mínima del periodo 1988-2018.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

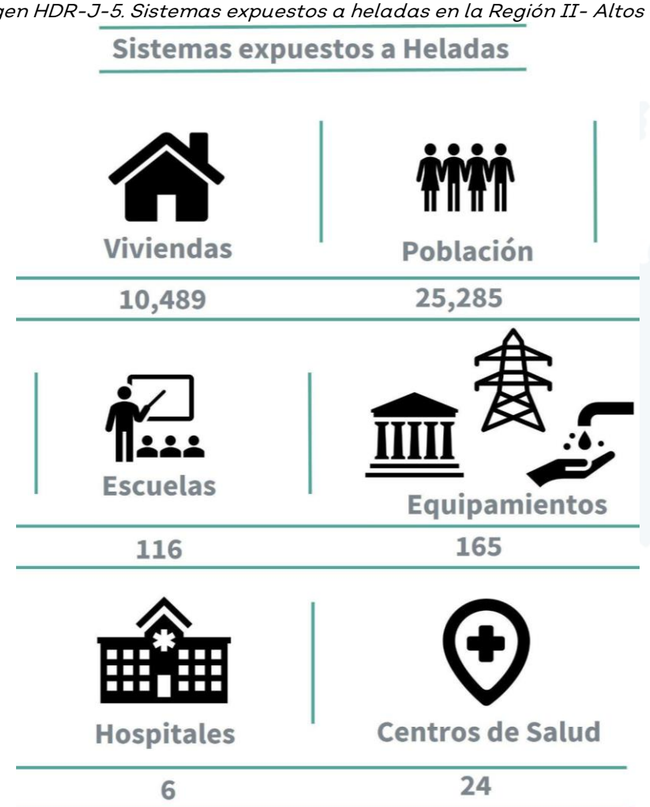
Tabla HDR-J-3. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región I - Norte

Municipio	Número de localidades
Huejuquilla el Alto	57
Mezquitic	166
Huejúcar	35
Santa María de los Ángeles	20
Colotlán	15

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Para la Región II Altos Norte, los municipios que son afectados por este fenómeno corresponden a Villa Hidalgo, Teocaltiche, algunas zonas de los municipios de Encarnación de Díaz, Ojuelos de Jalisco y Lagos de Moreno, con un total de 337 localidades afectadas:

Imagen HDR-J-5. Sistemas expuestos a heladas en la Región II- Altos Norte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

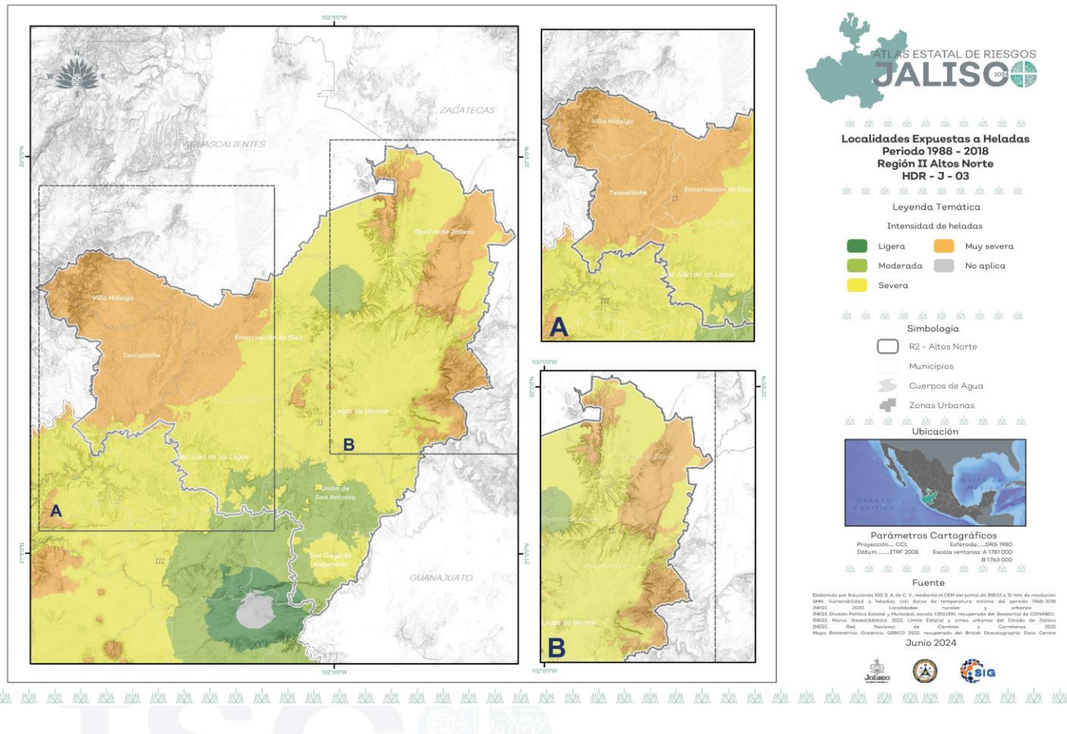


Tabla HDR-J-4. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región II - Altos Norte

Municipio	Número de localidades
Villa Hidalgo	47
Teocaltiche	138
Encarnación de Díaz	116
Ojuelos de Jalisco	15
Lagos de Moreno	21

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Dentro de la Región III Altos Sur, se identificaron los siguientes sistemas expuestos en los municipios de Yahualica de González Gallo, Mexticacán, Cañadas de Obregón, Tepatitlán de Morelos y San Ignacio Cerro Gordo con un total de 112 localidades afectadas:

Imagen HDR-J-6. Sistemas expuestos a heladas en la Región III - Altos Sur



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 202

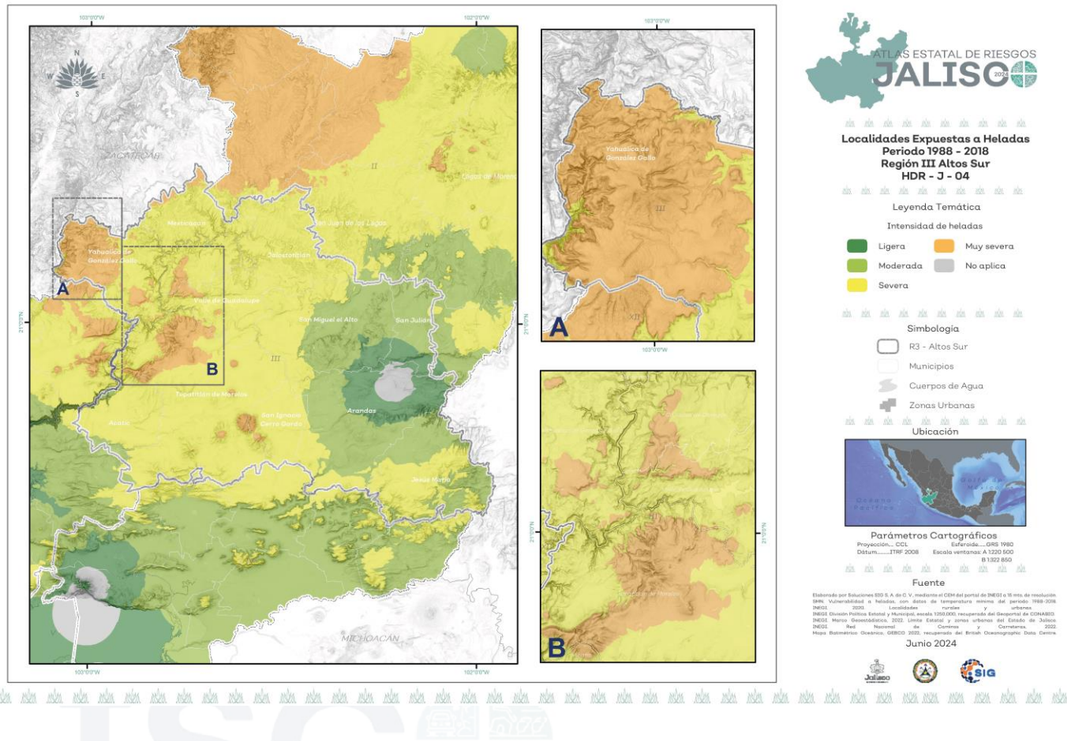


Tabla HDR-J-5. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región III - Altos Sur

Municipio	Número de localidades
Yahualica de González Gallo	58
Mexticacán	7
Cañadas de Obregón	1
Tepatitlán de Morelos	44
San Ignacio Cerro Gordo	2

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En 3 municipios de la Región V Sureste se contabilizaron los siguientes resultados:

Imagen HDR-J-7. Sistemas expuestos a heladas en la Región V - Sureste



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

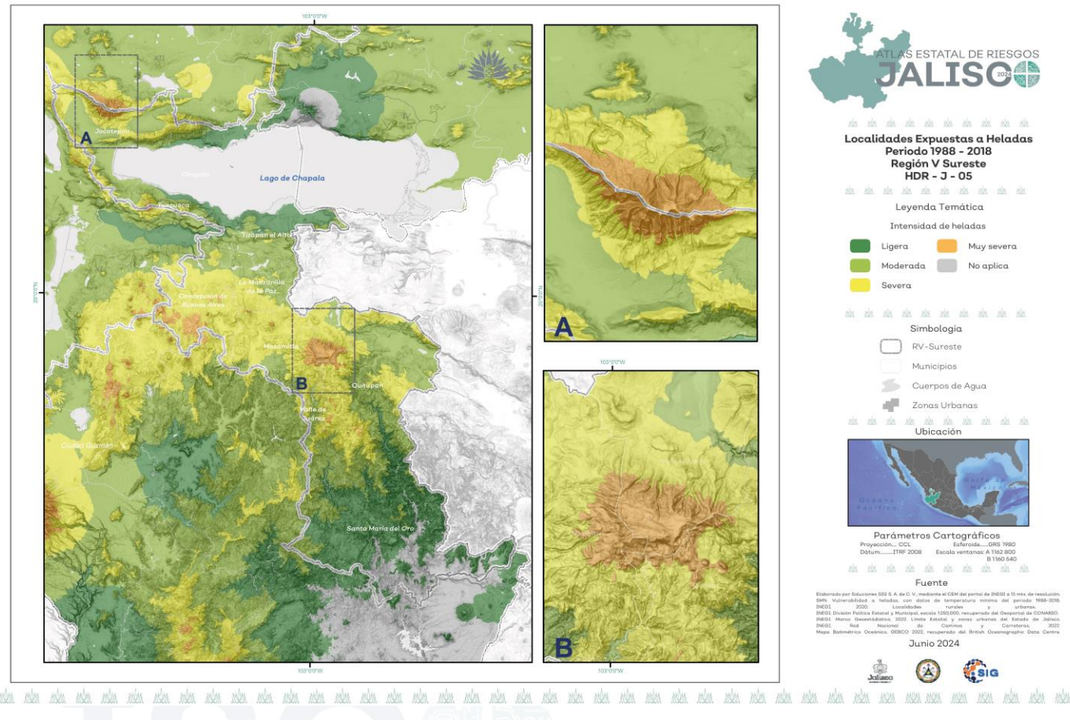


Tabla HDR-J-6. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región V - Sureste

Municipio	Número de localidades
Mazamitla	2
Quitupan	2
Valle de Juárez	3

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Para el caso de la Región VI, el fenómeno de heladas en el rango de Muy severa afecta a parte de algunos municipios, mas no en su totalidad, pero esto no significa que se encuentren del todo exentos de las temperaturas bajas, por lo que se recomienda mantener siempre las alertas para cuando la temporada invernal de comienzo.

Siendo los municipios de Tecalitlán y San Gabriel los más afectados, con un total de 10 localidades expuestas.

Imagen HDR-J-8. Sistemas expuestos a heladas en la Región VI - Sur



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

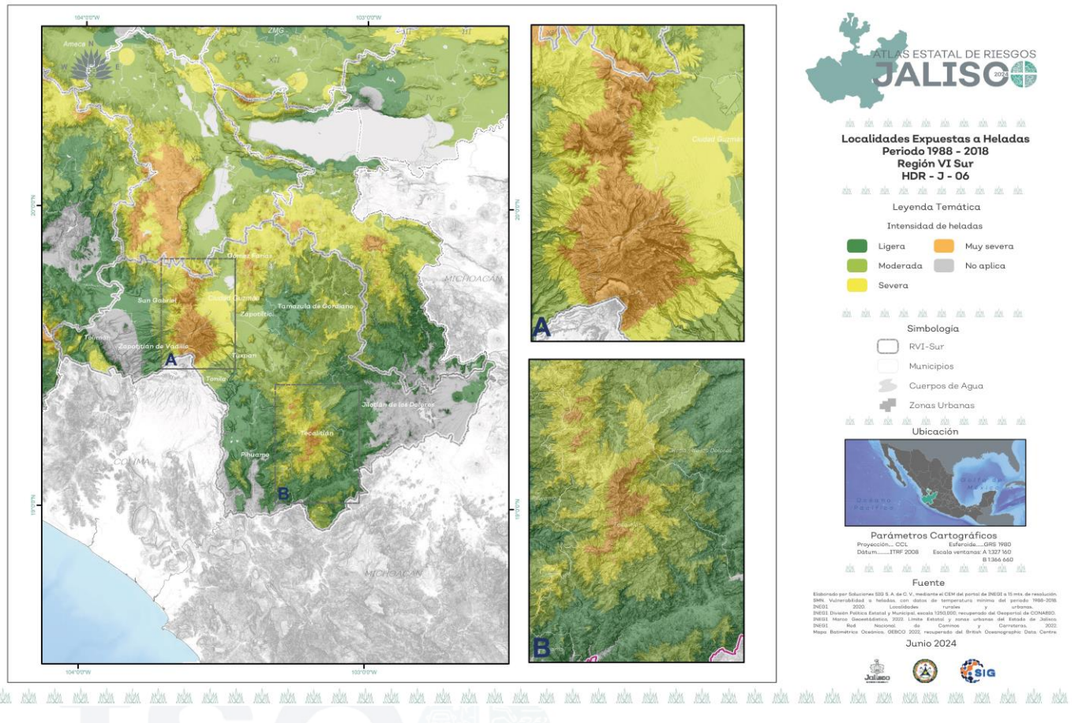


Tabla HDR-J-7. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región VI - Sur

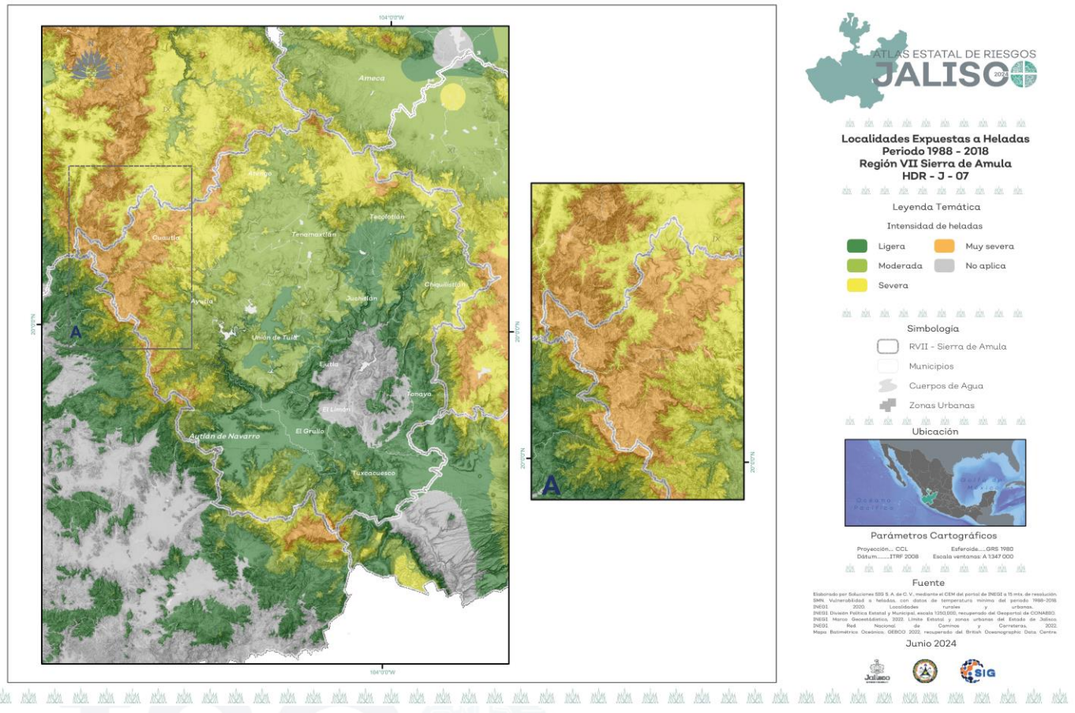
Municipio	Número de localidades
Tecalitlán	5
San Gabriel	5

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Dentro de la Región VII Sierra de Amula, pasa algo similar como en la Región VI, ya que únicamente tiene una gran presencia en parte de algunos municipios, más no en la totalidad de los municipios que comprenden a la Región. Dichos municipios corresponden a Cuautla y Ayutla. Los resultados fueron los siguientes en cuanto a sistemas expuestos en 18 localidades:

Imagen HDR-J-9. Sistemas expuestos a heladas en la Región VII - Sierra de Amula





Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-J-8. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región VII - Sierra de Amula

Municipio	Número de localidades
Ayutla	6
Cuautla	18

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En la Región IX Costa Sierra Occidente también se localizaron zonas en 4 municipios con presencia del fenómeno a pesar de que por la posición geográfica de algunos municipios el desarrollo de este fenómeno no es posible, sin embargo los municipios de Atenguillo, Mascota, Mixtlán y San Sebastián del Oeste, cuentan con localidades y sistemas expuestos, como se contabilizan en la imagen siguiente:

Imagen HDR-J-10. Sistemas expuestos a heladas en la Región IX - Costa Sierra Occidental



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

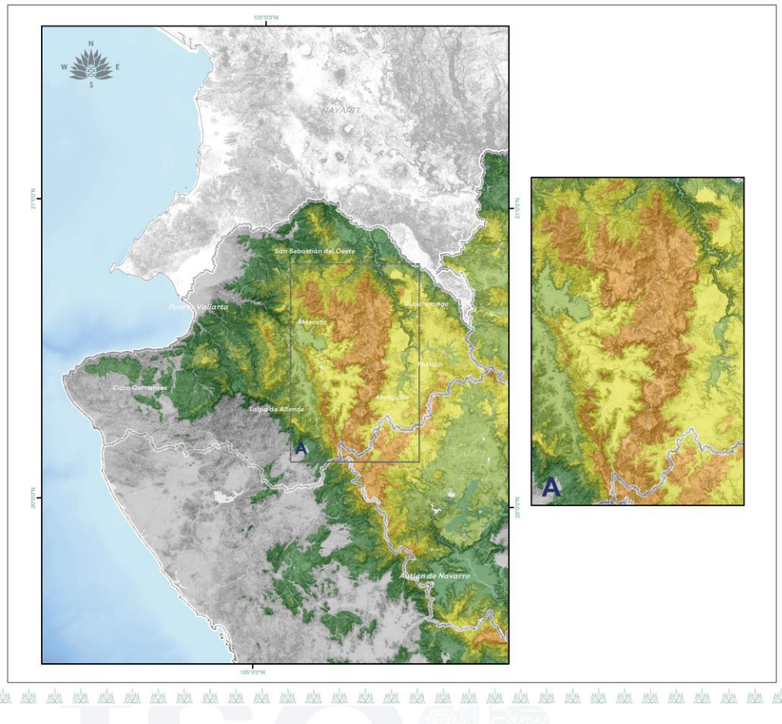


Tabla HDR-J-9. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región IX - Costa Sierra Occidental

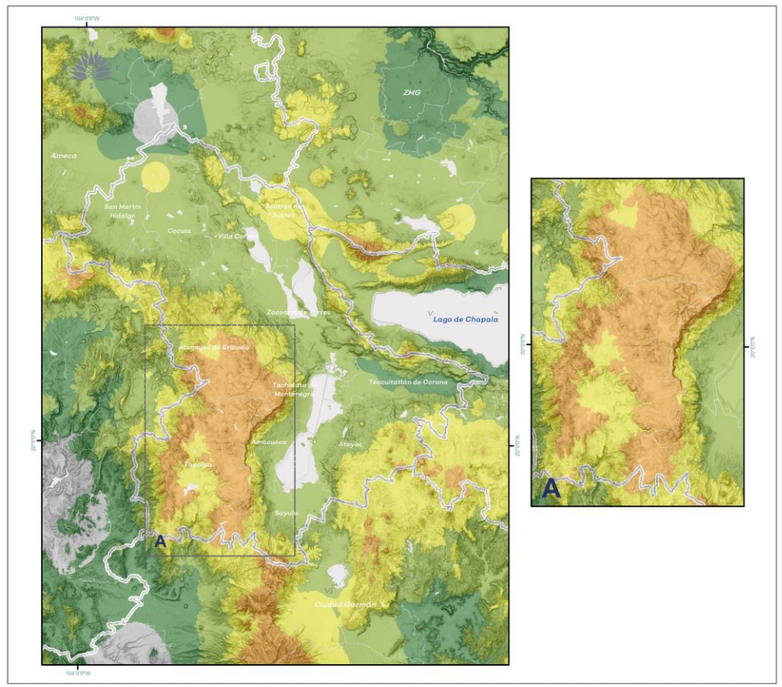
Municipio	Número de localidades
Atenguillo	2
Mascota	10
Mixtlán	5
San Sebastián del Oeste	1

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En la Región XI Lagunas, también se tiene presencia de este fenómeno en algunos municipios, si no en la mayoría del territorio sí en algunas zonas. Los municipios que cuentan con presencia de este fenómeno corresponden a: Atemajac de Brizuela, Tapalpa, Techaluta de Montenegro, Amacueca, Sayula y Atoyac, siendo los siguientes municipios los que tienen mayor exposición al fenómeno:

Imagen HDR-J-11. Sistemas expuestos a heladas en la Región XI - Lagunas





Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-J-10. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región XI - Lagunas

Municipio	Número de localidades
Atemajac de Brizuela	13
Tapalpa	54
Techaluta de Montenegro	3
Amacueca	1

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Por último, la Región XII Centro también cuenta con presencia de este parámetro de intensidad, pero al igual que en las demás regiones únicamente tiene presencia en un sólo municipio en mayor medida y en uno más con una presencia muy leve, contando con los siguientes sistemas expuestos en el municipio de Cuquío:

Imagen HDR-J-12. Sistemas expuestos a heladas en la Región XII - Centro



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

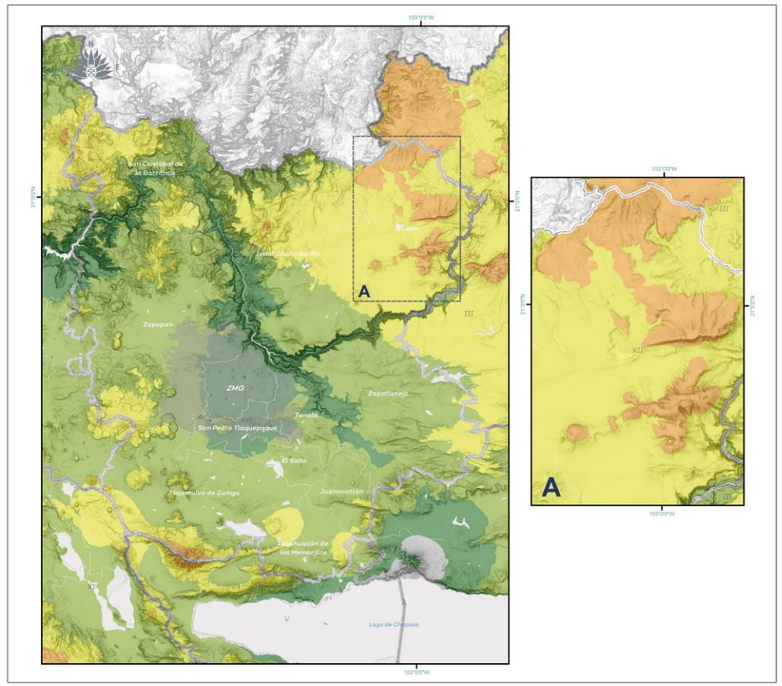


Tabla HDR-J-11. Localidades con población y viviendas expuestas en la Región XII - Centro

Municipio	Número de localidades
Cuquío	19
Ixtlahuacán del Río	1

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Por otra parte, continuando con el análisis de la vulnerabilidad ante el fenómeno de heladas, como se mencionó en párrafos anteriores, el campo agrícola de Jalisco es uno de los más importantes a nivel nacional, por lo que la presencia de este fenómeno tiende a representar un reto para la población que se dedica a este sector económico.

Con base en el mapa de susceptibilidad a heladas, se identificaron aquellos municipios en los que la presencia de este fenómeno ha impactado de manera más directa dejando estragos en la productividad que derivaron en la pérdida parcial o total de sus cosechas. Además, con base en los antecedentes de este fenómeno y considerando la posición geográfica de los mismos municipios, es como se decidió considerarlos para su análisis. Los municipios con mayor vulnerabilidad a heladas son los siguientes:

- Tepatitlán de Morelos
- Ojuelos
- Lagos de Moreno
- Mascota
- Mezquitic
- Teocaltiche
- Huejuquilla el Alto
- San Martín Bolaños

En los siguientes mapas, se muestra un análisis NDVI mediante una imagen satelital Landsat 8, de la temporada invernal, siendo más específicos, correspondiente al mes de enero que es el mes que más registros de temperaturas bajas presenta la entidad estatal. Cabe mencionar, que en NDVI es el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada y se basa en la relación entre la cantidad de luz reflejada (reflectancia) por la superficie terrestre en dos regiones del espectro electromagnético, luz roja e infrarroja (infrarrojo cercano). Valores bajos de luz reflectada en el color rojo, combinados con alta reflexión en el infrarrojo, indican una mayor actividad fotosintética o cantidad y densidad de plantas verdes (INEGI, 2022).

Es por ello que se optó por usar este índice, al ser un identificador potencial del estado fenológico de la vegetación. Se realizó el procesamiento de la imagen Landsat 8 correspondiente al mes de enero, realizando la búsqueda y descarga de dicha imagen del portal del *Servicio Geológico de USA,* ya que, con base en los promedios obtenidos de cada una de las estaciones, el mes de enero es el mes en el que se presentan las temperaturas más bajas y que pueden generar algún tipo de cambio en las zonas agrícolas.

Se solicitó al Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) que corresponde al órgano desconcentrado de la SAGARPA, la capa de información en formato vectorial correspondiente a los polígonos de las parcelas de la *Superficie en hectáreas de la Estimación de Superficie Agrícola del Ciclo Primavera-Verano para el año 2022,* con los cultivos básicos de interés nacional, como son: maíz grano, trigo grano, sorgo grano, frijol y arroz; debido a que es la capa más actual con la que se cuenta en el portal de información geográfica de dicha institución.

Este insumo solicitado fue de gran ayuda para poder visualizar de mejor manera las zonas de cultivos que se encuentran en alguna de las primeras fases fenológicas o aquellas que se encuentran en temporada de cosecha. Este insumo fue realizado a través de técnicas de teledetección espacial, mediante el procesamiento digital de imágenes de los satélites SPOT 6 y 7 y con el apoyo de sitios de campo obtenidos con equipos de geoposicionamiento satelital de alta precisión espacial (SIAP, 2023).

Los resultados obtenidos del NDVI se encuentran entre el rango de valores de las reflexiones espectrales entre 0 y el 1, ya que tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. Por consecuencia de estos rangos de valores, el NDVI varía entre -1 y 1, siendo los valores más cercanos a 1 la vegetación más saludable.

El NDVI posee un gran valor en términos ecológicos, ya que es un buen estimador de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación (fPAR).

En las imágenes Landsat 8, la banda 4 (0.630 - 0.680 µm) corresponde al rojo (R) y la banda 5 (0.845 - 0885 µm) al infrarrojo (IRC), por lo tanto, para el cálculo NDVI se requiere contar con ambas bandas. Cuando se tienen ambas bandas se realiza la siguiente operación en la calculadora ráster, herramienta que fue utilizada en el SIG ArcMap:

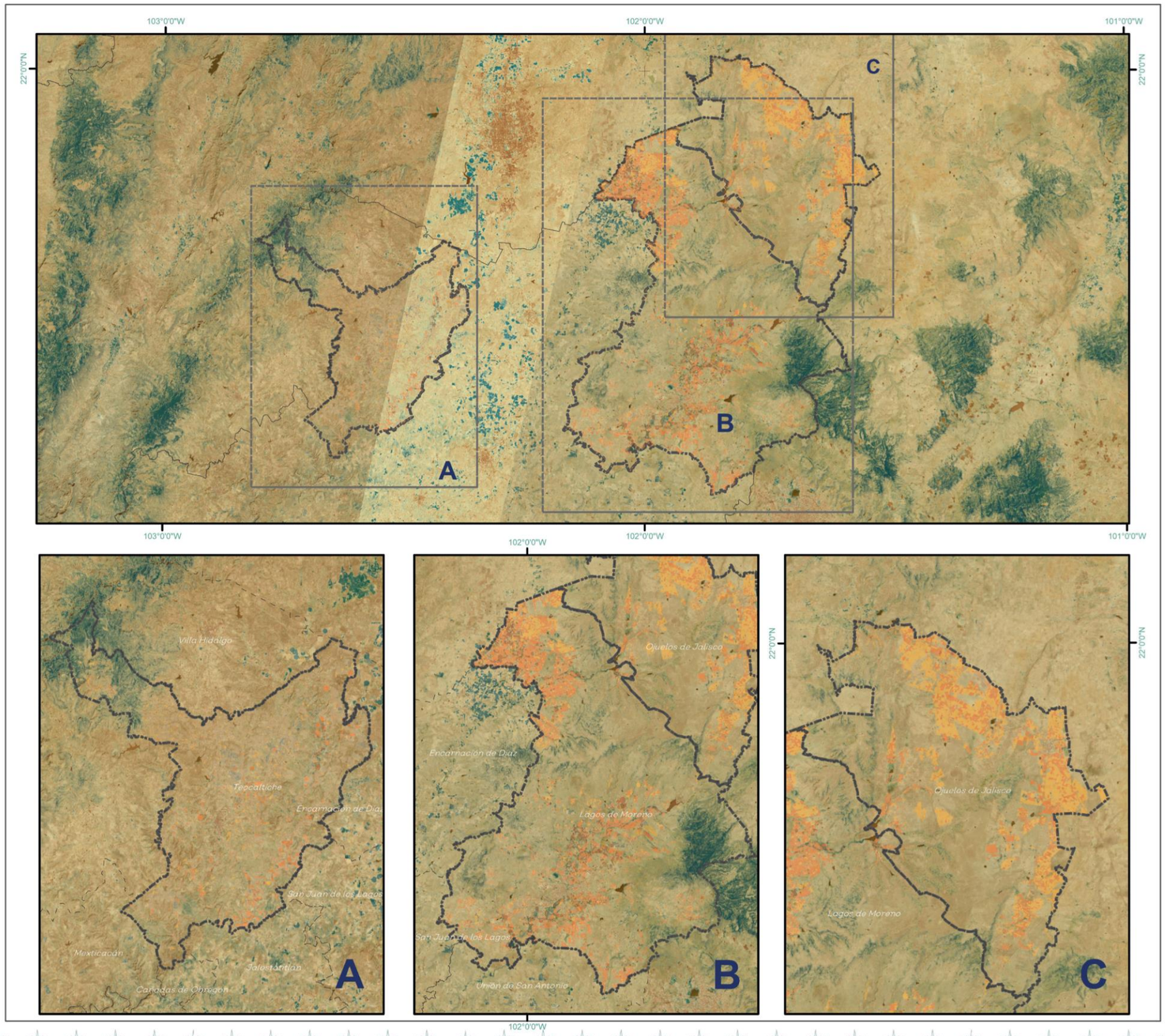
$$NDVI = Float\ (Banda\ 5 - Bnada\ 4)\ /\ Float\ (Banda\ 5 + Banda\ 4)$$

Y se obtiene como resultado una imagen ráster que contiene los valores que van desde -1 a 1 (siendo los valores más cercanos a 1 la vegetación más saludable (como se mencionó anteriormente).

Sin embargo, algo que ocurrió durante la selección de las imágenes Landsat, fue que contaban con mucha nubosidad. Las nubes pueden obstruir parcialmente la vista del suelo desde el satélite, lo que resulta en datos incompletos o "contaminados" en las imágenes satelitales utilizadas para calcular el NDVI. Esto puede llevar a una representación inexacta de la vegetación y a una interpretación incorrecta de los cambios en la cobertura vegetal. Para mitigar estos posibles errores debido a la nubosidad, se utilizaron técnicas de corrección de nubes.

Cabe destacar que la nubosidad en el mes de enero en Jalisco puede deberse a una combinación de factores climáticos regionales y fenómenos atmosféricos que afectan la región durante esta época del año, por lo que resulta un poco complejo obtener imágenes sin nubosidad.

Para los municipios más susceptibles, el resultado fue el siguiente:



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Heladas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 02

Leyenda Temática

Municipios

A Teocaltiche

B Lagos de Moreno

C Ojuelos de Jalisco

Índice NDVI

1

-0.3

Estimación de la superficie agrícola

Cultivo

Arroz

Frijol

Maíz grano

Perennes

Sorgo grano

Cíclicos

Otra cobertura agrícola

Simbología

Límite de Estudio

Límite Municipal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
B 1:739 000

Esferoide.....GRS 1980
Escala ventanas: A 1:538 000
C 1:544 000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Índice NDVI realizado con imágenes Landsat 8 para el mes de enero de 2022. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.10.6. Propuestas de Reducción al Riesgo

El fenómeno de las heladas y bajas temperaturas trae consigo distintos efectos nocivos en la población y en los cultivos, siendo este sector económico el más afectado, ya que se han registrado pérdidas millonarias por la merma total o parcial de los productoscultivados.

El problema de proteger artificialmente las plantas contra las heladas es costeable sólo en regiones de cultivos que ocupan áreas pequeñas, ya que es imposible proteger extensos campos de cultivos de maíz, y otras gramíneas aun cuando se sepa con 12 o 24 horas de anticipación que habrá heladas. En las latitudes medias, la mayoría de las plantas anuales se siembran a fines de la primavera para ponerlas a salvo de las heladas tardías de principios de esta estación y se cosechan a fines del verano o principios del otoño antes que ocurran las heladas de fines de esta última estación, aún así, las heladas prematuras o tardías ocasionan grandes daños a los cultivos (García de Miranda, 2014).

De acuerdo con la FAO (2022) algunos consejos para la protección de los cultivos ya sean en menor o mayor escala corresponden a los siguientes:

- Sembrar árboles alrededor del cultivo (fungen como cortinas rompe vientos);
- Incorporación de abonos orgánicos y verdes;
- Cubrir los cultivos con túneles plásticos o invernaderos, en especial atención a los cultivos de hortalizas;
- También se recomienda sembrar cultivos tolerantes a las heladas, como poe ejemplo, raíces y tubérculos; zanahorias, papas, remolacha, cebolla, entre otros;

Cuando se encuentra en el momento del fenómeno, existen las siguientes medidas de mitigación:

- Regar inmediatamente después de la helada;
- Aumentar la temperatura a través de pequeñas fogatas dentro de toneles, haciendo énfasis en el humo más no en el fuego;

Además, la FAO recomienda que ante la siembra de cultivos a gran escala es mejor la plantación de vegetales con resistencia natural al frío, los cuales la logran:

- A través de la concentración de los jugos celulares, así de esta manera desciende el punto de congelación;
- Mediante el endurecimiento, cuando el descenso de la temperatura se realiza progresivamente, el vegetal va adaptándose a la nueva situación mediante cambios fisiológicos celulares.

Imagen HDR-J-13. Medidas para proteger los cultivos de heladas



Fuente: Contexto Ganadero.

Heladas

Regiones: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula, IX Costa Sierra Occidental, XI Lagunas y XII Centro.

24,097 Viviendas

179 Centros de Salud

441 equipamientos

54,479 Población Potencialmente Expuesta

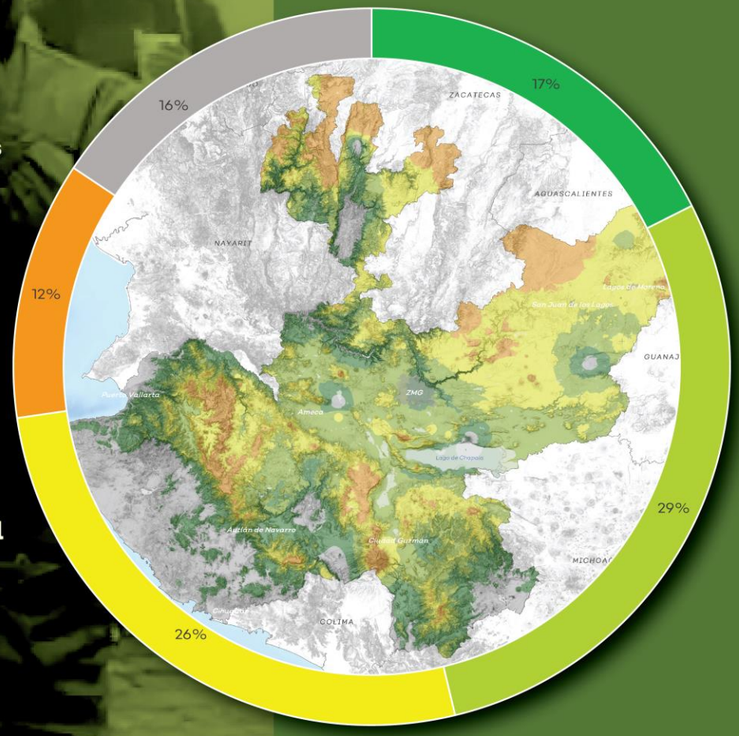
4,113 Planteles

1.2% Mayor Vulnerabilidad

Agave: 73, 583.22
Aguacate: 4, 587.07
Avena Forrajera: 4, 280.25
Caña de Azucar: 6878

Maíz Forrajero: 172, 471.74
Maíz Grano: 525, 030.10
Trigo Grano: 902

32 municipios expuestos Vulnerabilidad Muy Severa con 892 Localidades expuestas.



- Ligera
- Moderada
- Severa
- Muy severa

6.1.11. Ondas cálidas

6.1.11.1. Introducción

De forma simple, el SMN define a una onda de calor como el calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa; suele durar de unos días a una semana.

Por otra parte, CENAPRED (2020) define a una onda de calor como al periodo de más de tres días consecutivos con temperaturas por arriba del promedio, esto aplica tanto para las temperaturas máximas (las que se registran entre las 14:00 y 16:00) como para las mínimas (entre las 05:00 y 07:00 horas).

Este fenómeno se debe a la presencia de un anticiclón en niveles altos de la atmósfera, el cual favorece un ambiente diurno muy caluroso sobre el noroeste, norte, noreste y occidente de la República Mexicana. Suelen tener una duración de dos días e incluso pueden tener una duración de semanas. Se pueden presentar temperaturas máximas extremas en un solo día, sin que se considere el evento como una onda de calor (CENAPRED, 2020).

La Secretaría de Salud informa que las olas de calor que han afectado al país en 2023 han generado cuantiosas pérdidas, tan solo para el 8 de julio de 2023 se han registrado a nivel nacional un total de 2,662 casos asociados a temperaturas naturales extremas, además de 167 defunciones ocurridas en: Nuevo León (81), Tamaulipas (27) Veracruz (20), Coahuila (9), Sonora (7), Tabasco (6), Oaxaca (4), Quintana Roo (3), San Luis Potosí (3), Yucatán (2), Baja California Sur (1), Campeche (1), Chihuahua (1), Morelos (1) y Sinaloa (1) (Vigilancia Epidemiológica de Temperaturas Naturales Extremas 2023, Secretaría de Salud).

Las ondas de calor tienen presencia en gran parte del territorio nacional, ubicándose principalmente en los estados del norte y sureste. Se debe de mencionar que la adaptación de las personas a la temperatura ambiental está ligada al nivel de actividad y la pérdida de calor. Dentro de las condiciones normales de descanso, la temperatura del cuerpo se mantiene entre 36.0 y 37.5°C, por lo que temperaturas más altas pueden ser perjudiciales para la salud.

De acuerdo con el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), durante los últimos 50 años, los días y noches calurosos y las olas de calor se han vuelto cada vez más frecuentes. La duración, la frecuencia y la intensidad de las olas de calor probablemente aumenten en la mayoría de las zonas terrestres a lo largo de este siglo (Cordero Devesa & Jiménez Espinosa, 2021).

Cuando se tiene la presencia de temperaturas superiores a la normal, se exhorta a la población que cuando se presente este fenómeno mantenga una alimentación sana y que los alimentos que se consuman deben de ser ricos en vitaminas y minerales, ya que estos se pierden al sudar y son necesarios para el funcionamiento del sistema muscular y vascular (CENAPRED, 2020).

Imagen HDR-K-1. Infografía sobre ondas de calor



Fuente: CENAPRED, 2020.

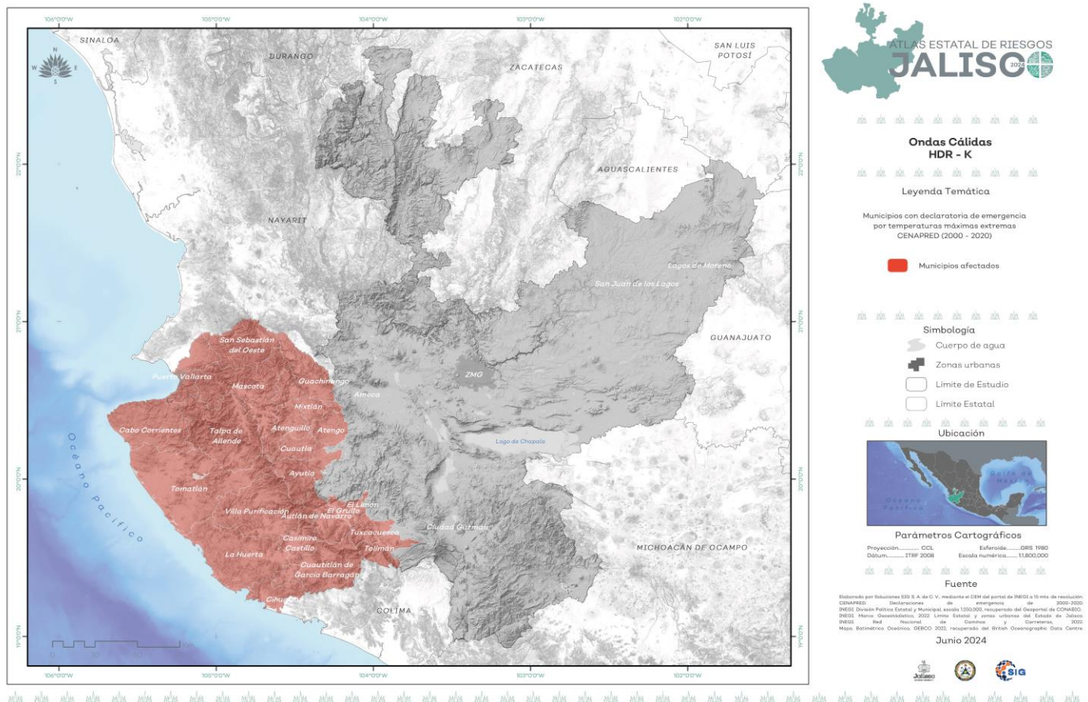
6.1.11.2. Antecedentes del Fenómeno

Por la posición geográfica del Estado de Jalisco es que lo hace muy susceptible a este fenómeno, de acuerdo con los registros del CENAPRED, las ondas cálidas han sido de tal magnitud que durante el periodo de 2000-2020 se han decretado únicamente una sola declaratoria de emergencia dentro del portal, la cual afectó a los siguientes municipios del estado:

- Atengo
- Atenguillo
- Autlán de Navarro
- Ayutla
- Cabo Corrientes
- Casimiro Castillo

- Cihuatlán
- Cuautitlán de García Barragán
- Cuautla
- El Grullo
- El limón
- Guachinango
- La Huerta
- Mascota
- Mixtlán
- Puerto Vallarta
- San Sebastián del Oeste
- Talpa de Allende
- Tolimán
- Tomatlán
- Tuxcacuesco
- Villa Purificación

Esta declaratoria de emergencia fue por presencia de temperaturas extremas en cada una de estas entidades, la onda de calor tuvo inicio el día 23 de julio de 2018 y tuvo su culminación el 26 de julio de 2018, siendo publicada en el DOF el día 3 de agosto de 2018.



6.1.11.3. Metodología y Memoria de Cálculo

Para el siguiente análisis de temperaturas máximas se llevó a cabo lo estipulado por CENAPRED dentro del documento correspondiente a *"Actividad 4-1: Actualización de capas de índice de peligro y riesgo del ANR por ondas cálidas y ondas gélidas"* (Cordero Devesa & Jiménez Espinosa, 2021). Asimismo, se utilizó el criterio de umbral relativo sugerido por Herrera Alanís (2012), donde ocurre una ola de calor cuando las temperaturas máximas sobrepasan el percentil 90 en al menos tres días consecutivos.

Por otra parte, Vidal *et. al.,* (2010) indican que una onda cálida es definida por un periodo de tres o más días cuando la temperatura excede cierto umbral, que para el caso de México sería 26°C.

Según la metodología de las autoras antes mencionadas, una onda de calor se interpreta cuando el umbral de temperatura se rebasa durante tres días continuos, para ello se establecieron ciertos umbrales que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla HDR-K-1. Niveles de severidad de temperaturas máximas

Temperatura	Peligro
26.0 - 29.91 °C	Bajo
30.0 - 33.92°C	Medio
34.0 - 34.93°C	Alto
>40.4°C	Muy alto

Fuente: CENAPRED, 2021.

El umbral al que se hace mención anteriormente forma parte de los análisis en los que se puede realizar la determinación de las ondas de calor. Existen diferentes criterios para realizar este análisis, los cuales se pueden agrupar en dos umbrales: absoluto y relativo. El primero asigna un valor fijo y cuando este se iguala o excede por un número de días consecutivos se dice que se presenta una ola de calor. En México se ha utilizado el valor umbral de entre 30 y 35°C en tres días consecutivos (Jáuregui, 2002: Herrera Alanís, 2012 pp. 73).

Los criterios de umbral relativo son aquellos que hacen uso de alguna variable estadística para determinar el umbral. A criterio, también el NWS establece el uso de percentiles (95 y 99) en dos días consecutivos (Herrera Alanís, 2012).

Teniendo en cuenta los criterios para llevar a cabo el análisis de este fenómeno, se optó por utilizar el criterio de umbral relativo para el Estado de Jalisco.

Una vez teniendo establecido el umbral con el que se abordará el análisis, se procedió a seleccionar los datos de temperaturas máximas y mínimas diarias registradas por un periodo de tiempo de 30 años, los cuales abarcan el lapso de 1988 a 2018. Dichos datos fueron descargados de las estaciones meteorológicas del SMN.

En el Estado de Jalisco se encuentran 268 estaciones meteorológicas, sin embargo, no todas cuentan con el 80% de la información requerida que abarque los 30 años o más de registros necesarios, por

lo que únicamente se tomaron en cuenta aquellas estaciones que 1) su estado fuera activo y 2) contaran con al menos el 80% de datos efectivos para el lapso de estudio de 1988 a 2018.

Se aplicó un filtro temporal abarcando los meses de marzo a septiembre, ya que son los meses en los que se presenta la temporada de calor en México. Los datos obtenidos fueron descargados de las siguientes estaciones:

Tabla HDR-K -2. Estaciones meteorológicas para el análisis de ondas cálidas

ID	ESTACIÓN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
14002	Acatlán de Juárez	20.421	-103.591	1370
14006	Ajojucar	21.563	-102.439	1745
14009	Ameca	20.548	-104.047	1230
14011	Apazulco	19.3064	-104.888	5
14016	Atequiza	20.395	-103.136	1520
14017	Atotonilco El Alto	20.55	-102.508	1600
14018	Atoyac	20.0097	-103.515	1350
14023	Bolaños	21.825	-103.783	963
14024	Cajón de Peña	19.9933	-105.13	132
14026	Casa llanta	22.0589	-103.362	1730
14028	Cihuatlán (DGE)	19.2375	-104.562	20
14029	Concepción de Buenos AIRES	19.9783	-103.261	1639
14030	Ciudad Guzmán (OBS)	19.7181	-103.465	1515
14034	Contla	19.7531	-103.181	1160
14035	Corrinchis II	20.5006	-104.774	1267
14036	Cuautitlán	19.4506	-104.359	600
14037	Achimec	22.3258	-103.228	1850
14038	Cuixtla	21.0519	-103.439	1000
14039	Cuquio	20.9278	-103.023	1790
14040	Chapala	20.29	-103.189	1530
14046	El Chante	19.7186	-104.203	900
14047	El Fuerte	20.3308	-102.763	1540
14053	El Pinito	22.6092	-103.948	1684
14054	El Puesto	21.6256	-101.966	2050
14056	El Salitre	20.5103	-103.857	1260
14070	Huascato	20.4806	-102.249	1619
14075	Jamay	20.29	-102.709	1530
14084	Lagos de Moreno (DGE)	21.3603	-101.921	1884
14087	La Red	20.7253	-102.813	1774
14090	La Yerbabuena	20.5817	-102.746	1588
14114	Presa La Duquesa	21.2244	-101.82	1950
14125	San Gregorio	20.6208	-104.568	1640
14132	Tlaquepaque	20.6383	-103.311	1540
14141	Talpa de Allende	20.3806	-104.822	1155
14142	Tapalpa (SMN)	19.945	-103.758	2060
14144	Tenasco	22.1567	-103.233	1710
14145	Teocaltiche (DGE)	21.4336	-102.574	1740
14156	Tuxcueca	20.1536	-103.184	1530
14160	Valle de Juárez (DGE)	19.9325	-102.944	1960
14169	Zapopan	20.7203	-103.392	1560
14187	Tequila	20.8828	-103.837	1180
14269	Ahualulco de Mercado (SMN)	20.7003	-103.976	1340
14306	Tenzompa	22.3761	-103.925	1770
14311	Canoas	19.5742	-103.913	760
14320	La Sauceda	21.3531	-101.847	1940
14324	Temastian	21.9744	-103.525	1870
14329	La Experiencia	20.6703	-103.286	1550
14339	El Cuale	20.5964	-105.22	53
14346	Bocas	22.4	-103.726	1352
14349	El Rodeo	20.2519	-104.591	1520
14350	El Rosario	19.6486	-103.983	700
14369	La Vaquera	20.8575	-102.22	2081

Fuente: SMN.

De igual manera se tomaron en consideración y se analizaron estaciones de entidades vecinas que cumplieran con los mínimos requerimientos sobre los datos efectivos para que fueran un complemento que permitiera una mayor cobertura territorial al momento de realizar las interpolaciones requeridas.

Tabla HDR-K-3. Estaciones meteorológicas fuera del Estado de Jalisco

#	ID	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Estado	Municipio
1	1075	Montoro	21.757	-102.302	1870	Aguascalientes	Aguascalientes
2	1101	Las Presas	21.909	-102.087	2044	Aguascalientes	El Llano
3	1015	Palo Alto	21.916	-101.969	2037	Aguascalientes	El Llano
4	1033	Los Conos	21.898	-101.993	2025	Aguascalientes	El Llano
5	1022	San Bartolo	21.748	-102.17	1997	Aguascalientes	Aguascalientes
6	1073	La Tinaja	21.809	-102.13	2027	Aguascalientes	El Llano
7	1079	Peñuelas	21.726	-102.272	1900	Aguascalientes	Aguascalientes
8	1074	Cieneguilla	21.731	-102.453	1838	Aguascalientes	Aguascalientes
9	6054	Manuel Avila Camacho	19.285	-104.245	376	Colima	Manzanillo
10	6071	Trapichillos	19.162	-103.524	552	Colima	Colima
11	11023	Guanajal	21.025	-101.837	1767	Guanajuato	San Francisco del Rincón
12	11159	Presa El Barrial	21.049	-101.838	1787	Guanajuato	San Francisco del Rincón
13	11055	Purísima de Bustos	21.079	-101.871	1794	Guanajuato	Purísima del Rincón

#	ID	Estación	Latitud	Longitud	Altitud	Estado	Municipio
14	11025	Hacienda de arriba	21.231	-101.705	1920	Guanajuato	León
15	16039	Piedras Blancas	19.247	-102.769	419	Michoacán	Buenavista
16	18077	Cuastecomatillo	21.043	-104.754	720	Nayarit	San Pedro Lagunillas
17	18075	Cacalutlan	21.116	-104.261	908	Nayarit	Ixtlán del Río
18	32118	Los Campos	22.018	-101.855	2102	Zacatecas	Villa García
19	32097	Tenayuca	21.503	-102.653	1865	Zacatecas	Apulco
20	32070	Teúl de González Ortega (DGE)	21.469	-103.462	1900	Zacatecas	Teúl de González Ortega (DGE)
21	32037	Monte Escobedo	22.307	-103.562	2190	Zacatecas	Monte Escobedo
22	32130	El Romerillo	22.6203	-103.653	2025	Zacatecas	Valparaíso
23	32030	La Florida	22.687	-103.603	1870	Zacatecas	Valparaíso
24	32057	Tlaltenango	21.774	-103.309	1700	Zacatecas	Tlaltenango de Sánchez Román

Fuente: SMN.

Con los datos de las temperaturas requeridas de cada estación, se realizó el análisis utilizando el percentil 90 (P90) la cual es una medida no central que es utilizada en estadística que nos indica el valor de la variable que se encuentra por debajo de un porcentaje dado de valores en un grupo de observaciones. Para fines de este trabajo, como se comentó anteriormente, se eligió el 90% como es sugerido por Herrera Alanís (2012). El valor de P90 de cada una de las estaciones elegidas nos indicará que el 90% de los datos registrados se encuentran por debajo de éste, y tan solo el 10% lo supera. Las temperaturas que se encuentran dentro de este 10% son casos extraordinarios.

En la siguiente tabla se muestran los valores de los P90 para temperatura máxima y mínima de cada estación, así como el total de ondas cálidas registradas, su máxima duración y la temperatura más alta registrada, así como el mes con más presencia de ondas cálidas.

Tabla HDR-K-4. Temperaturas máximas registradas y P90

ID	Estación	P90 MAX	P90 MIN	Total de O. C.	Máxima duración en días de O. C.
14002	Acatlán de Juárez	35	17	23	9
14006	Ajojucar	34	14	20	8
14009	Ameca	34	19	25	11
14011	Apazulco	35.5	24	28	12
14016	Atequiza	34	16.5	63	10
14017	Atotonilco El Alto	33	16.5	32	8
14018	Atoyac	35.5	17	25	8
14023	Bolaños	40	20.5	88	20
14024	Cajón de Peña	35.5	24.5	26	7
14026	Casa llanta	33	16	100	15
14028	Cihuatlán (DGE)	36	24	137	18
14029	Concepción de Buenos AIRES	28	13	36	8
14030	Ciudad Guzmán (OBS)	33	16.5	10	2
14034	Contla	36.5	19.5	50	17
14035	Corrinchis II	33	17	5	3
14036	Cuautitlán	40.5	26	22	16
14037	Achimec	33	15	31	14
14038	Cuixtla	40	21	79	12
14039	Cuquio	32	16	33	24
14040	Chapala	31	18.5	81	31
14046	El Chante	34	17	70	8
14047	El Fuerte	32	17	53	31
14053	El Pinito	33	15.5	49	14
14054	El Puesto	35	18	69	11
14056	El Salitre	36	17.5	28	28
14070	Huascato	33	16.5	49	12
14075	Jamay	32.5	15.5	44	12
14084	Lagos de Moreno (DGE)	31.5	15	37	8
14087	La Red	31.5	16	26	7
14090	La Yerbabuena	33.5	16	55	8
14114	Presa La Duquesa	31	15	90	12
14125	San Gregorio	28	14	10	3
14132	Tlaquepaque	33.5	18	102	24
14141	Talpa de Allende	33	18.6	0	0
14142	Tapalpa (SMN)	29	13	14	10
14144	Tenasco	34	14	43	15
14145	Teocaltiche (DGE)	35	15	28	8
14156	Tuxcueca	32	18	92	31
14160	Valle de Juárez (DGE)	30	14	77	30
14169	Zapopan	33	17	64	20
14187	Tequila	36	19	44	18
14269	Ahualulco de Mercado (SMN)	34.5	17	27	18
14306	Tenzompa	32	14.5	44	8
14311	Canoas	37	21	14	10
14320	La Sauceda	32	14.5	28	6
14324	Temastian	32	15	92	81
14329	La Experiencia	34	17	126	6
14339	El Cuale	32.5	22.5	143	2
14346	Bocas	36.5	17.5	19	2
14349	El Rodeo	33.5	15	87	2
14350	El Rosario	39	20.5	13	3

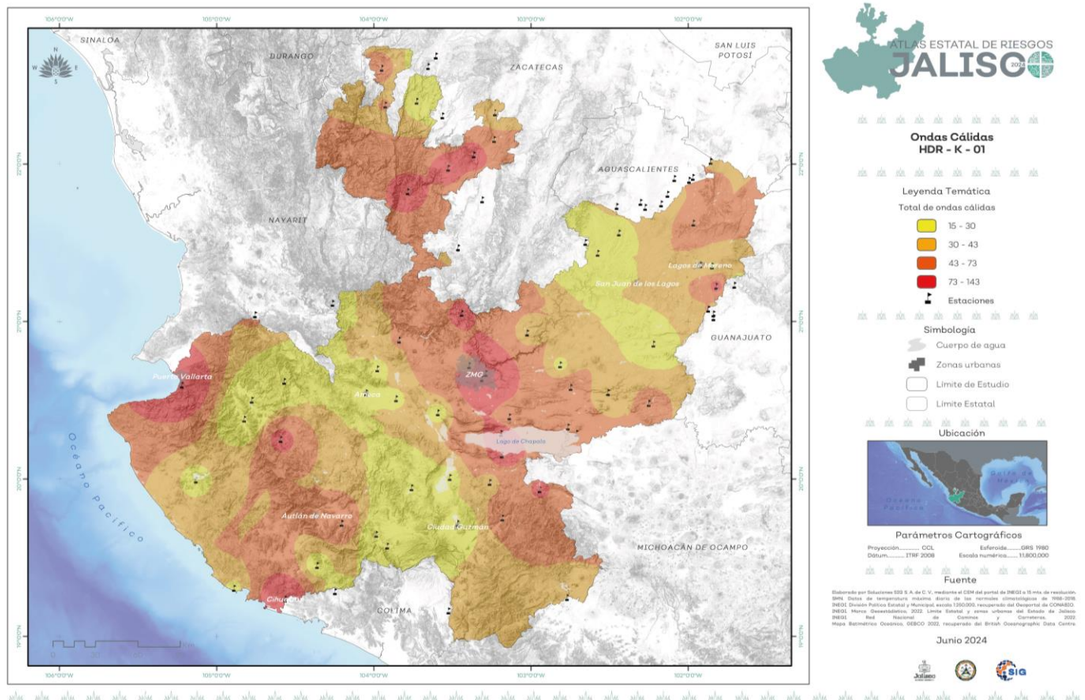
ID	Estación	P90 MAX	P90 MIN	Total de O. C.	Máxima duración en días de O. C.
14369	La Vaquera	29	14	10	10
6054	Manuel Avila Camacho	36.5	20.5	23	25
6071	Trapichillos	36.5	21.5	36	31
18077	Cuastecomatillo	36	21	45	29
18075	Cacalutlan	38	20.5	23	14
16039	Piedras Blancas	41	22.5	32	6
11023	Guanajal	33.5	15	25	4
11159	Presa El Barrial	32	15	36	4
11055	Purísima de Bustos	34.5	15.5	45	4
11025	Hacienda de arriba	31.5	14	12	4
32118	Los Campos	32	12	41	6
1075	Montoro	33	15	20	5
1101	Las Presas	30	14	18	12
1015	Palo Alto	31	14	56	9
1033	Los Conos	31	14	48	6
1022	San Bartolo	31	14	23	4
1073	La Tinaja	33	14	47	3
1079	Peñuelas	32	15	55	3
1074	Cieneguilla	32.5	14.5	32	3
32097	Tenayuca	31.5	15	19	2
32070	Teúl de González Ortega (DGE)	32.5	15	28	2
32037	Monte Escobedo	30	12	14	2
32130	El Romerillo	31	14	9	6
32030	La Florida	33	14	26	9
32057	Tlaltenango	33	15.5	15	12

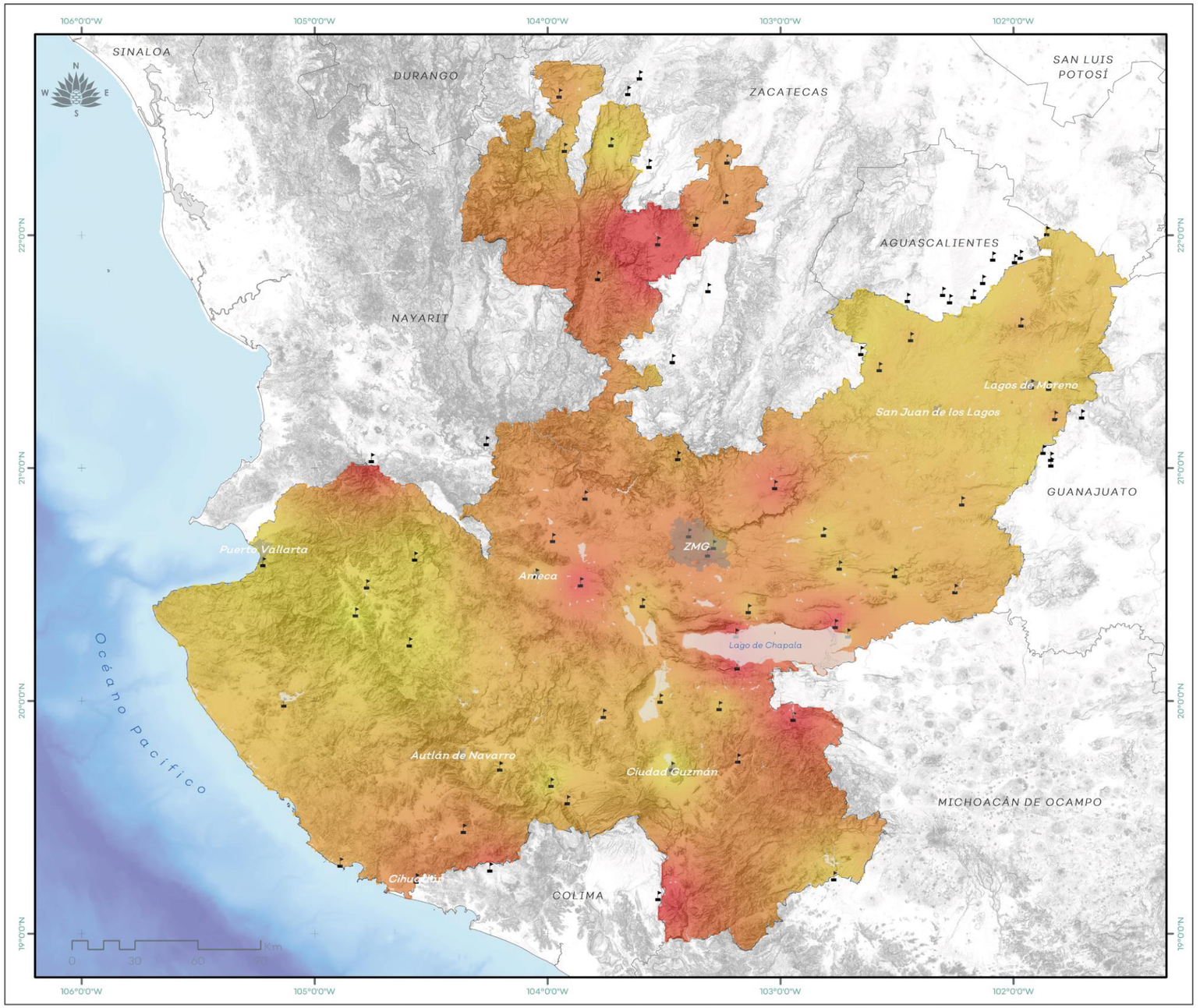
Fuente: Soluciones SIG mediante método de P90 alineado a la Guía de Contenido Mínimo, 2016.

6.1.11.4. Peligro / Susceptibilidad

Las ondas de calor al tener presencia durante los meses de abril, mayo, junio y julio, suelen provocar grandes impactos en la población cuando la duración supera las máximas normales teniendo como resultados decesos en la población debido a los golpes de calor, afectando a la población restante con desmayos, deshidratación y enfermedades diarreicas, además ocurre un aumento de casos de insolación (Notimex, 2018).

Dentro del territorio estatal se han registrado hasta 143 ondas de calor, teniendo duraciones máximas de 80, lo que nos indican que, más de 80 días la temperatura máxima promedio ha sido rebasada, teniendo diversos efectos nocivos en la salud como en el entorno de la población de las regiones en las que mayor presencia tiene este fenómeno. Para la estimación del peligro por ondas cálidas, se llevó a cabo lo que marca la metodología establecida de la Guía de Contenido Mínimo, 2016, en la que Herrera Alanís (2012) propone la categorización del peligro con base en los resultados obtenidos anteriormente del P90 para cada una de las estaciones meteorológicas que fueron empleadas para este análisis. Es así que con base en los resultados obtenidos del P90 para el territorio estatal, los valores promedio oscilan entre los 28°C a los 41°C, lo que, con base en la clasificación de ondas cálidas del Cenapred, su peligro se encuentra de Bajo a Muy alto.





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ondas Cálidas
HDR - K - 02

Leyenda Temática

Máxima duración de una onda cálida (Días)

- 1 - 10
- 10 - 18
- 18 - 38
- 38 - 80
- Estaciones

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



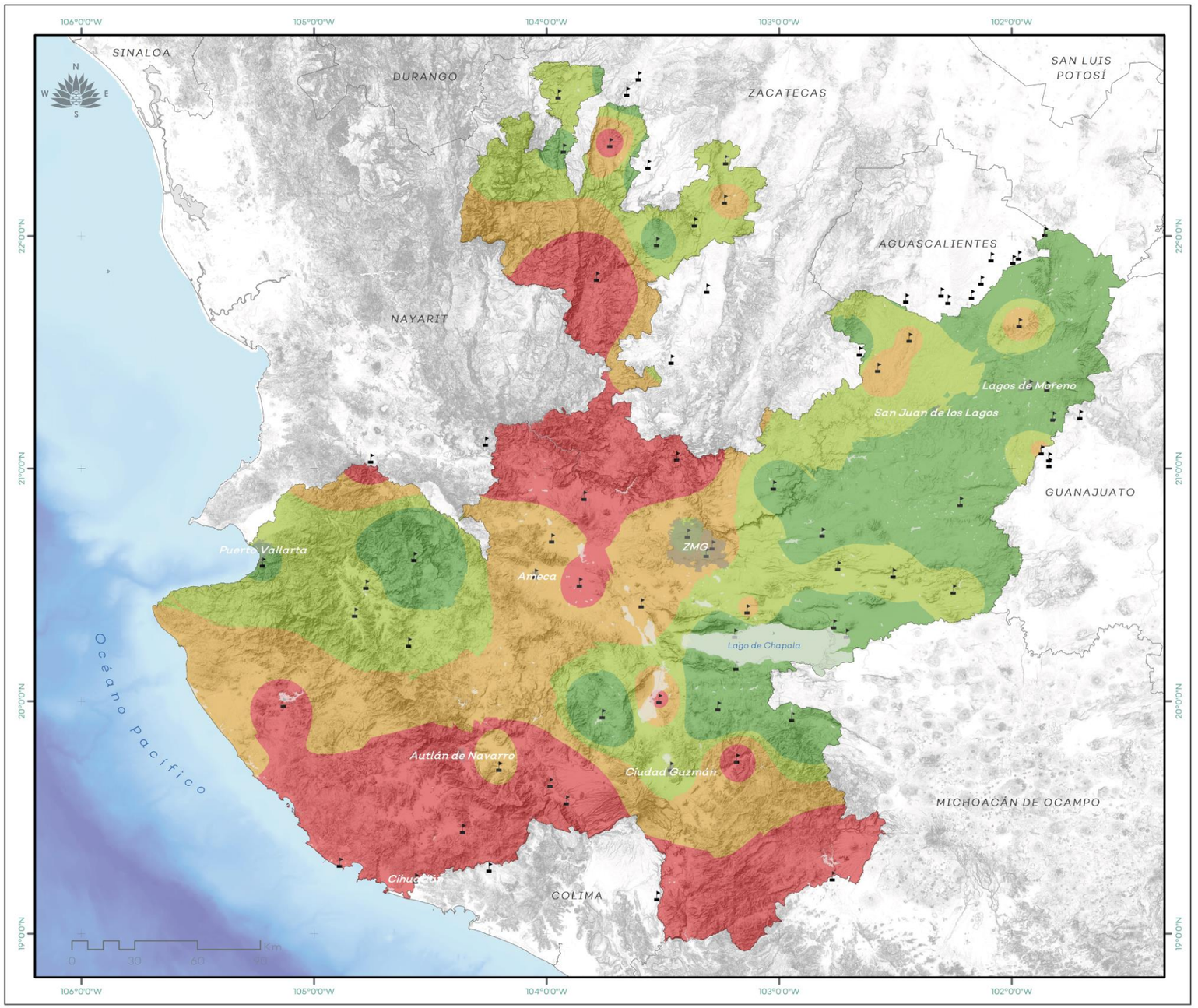
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. SMN. Datos de temperatura máxima diaria de las normales climatológicas de 1988-2018. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 03

Leyenda Temática

Peligro por ondas cálidas (P90)

- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto
- Estaciones

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
SMN. Datos de temperatura máxima diaria de las normales climatológicas, periodo 1988 - 2018.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

6.1.11.5. Vulnerabilidad

La llegada de la temporada de calor representa grandes retos para la población en general, ya que ante el creciente aumento de la temperatura global, los valores promedio de las temperaturas máximas han ido en aumento, provocando cambios significativos en la climatología de un lugar determinado.

El estado de Jalisco no es un caso aislado de enfrentar este fenómeno, ya que su posición geográfica lo hace propicio para presentar temperaturas extremas superando los 45°C o más.

Con los resultados obtenidos de las temperaturas máximas registradas con base en la metodología de Herrera Alanís (2012) se contabilizaron los resultados del total de ondas cálidas durante el periodo comprendido de 1988-2018, habiendo un total de 143 ondas cálidas con una máxima duración en días de 80, lo que es de suma importancia extremar precauciones cuando los umbrales de la temperatura comienzan a subir.

La totalidad de las regiones del estado no se exentan de presenciar este fenómeno, sin embargo, los municipios que comprenden las regiones I - Norte, IX - Costa Sierra Occidental y VII - Costa Sur, son los que más presencia y duración de este fenómeno tienen presencia, además, se puede comparar con el antecedente de la declaratoria de emergencia que tuvo presencia en más de 15 municipios.

Ante la llegada de la temporada de calor y con ella el alza de las temperaturas, se exhorta a la población a seguir una serie de recomendaciones, ya que la adaptación de las personas a la temperatura ambiental está ligada con el nivel de actividad y la pérdida de calor. Por lo que es importante mantener una buena hidratación para poder recuperar el agua que se pierde a través del sudor.

El CENAPRED emite las siguientes recomendaciones para protegerse ante las altas temperaturas:

- Evitar estar bajo los rayos del sol entre las 11 am y las 4 pm;
- Vestir ropa suelta de colores claros y de manga larga;
- Evitar realizar actividades físicas intensas bajo el sol;
- Tomar agua simple aunque no se tenga sed;
- Comer alimentos frescos, frutas y verduras;
- Permanecer en la sombra y en lugares frescos;
- Usar protector solar (mínimo F15);
- Utilizar lentes de sol, gorra o sombrero.

Aunque las recomendaciones mencionadas se lleven a cabo, existe la posibilidad de presentar síntomas que podrían detonar en un golpe de calor, por lo que si se sienten los siguientes síntomas se recomienda acudir a una unidad médica lo más pronto posible:

- Piel seca y caliente;
- Sudoración excesiva;
- Náuseas;
- Pulso rápido;
- Mareos;
- Confusión;
- Dolor de cabeza;
- Pérdida del conocimiento.

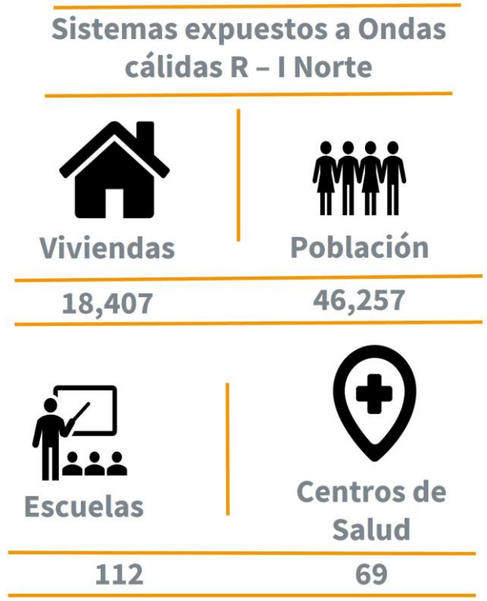
Cabe mencionar que se deben de extremar precauciones con los sectores de población de niñas y niños menores de 5 años, adultos mayores y mujeres embarazadas, pero, toda la población se encuentra en riesgo, pero se puede sobrellevar siguiendo las indicaciones de fuentes oficiales y no sobreexponerse ante estas altas temperaturas.

Imagen HDR-K-2. Ola de calor avanza sobre México



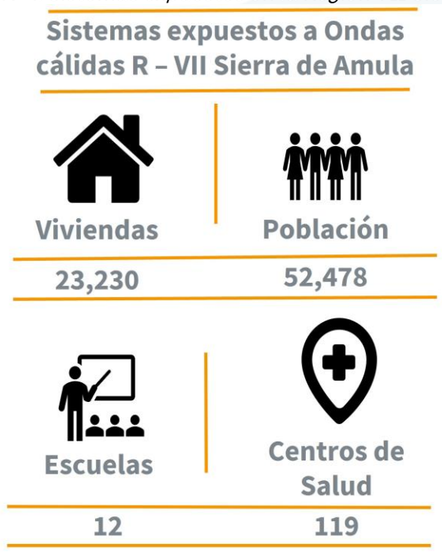
Fuente: El País, México.

Imagen HDR-K-3. Sistemas expuestos en la Región I Norte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-K-4. Sistemas expuestos en la Región VII Sierra de Amula



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-K-5. Sistemas expuestos en la Región I Norte



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen HDR-K-6. Sistemas expuestos en la Región XII Centro



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Ondas Cálidas

I Norte, VII Costa Sur, IX Costa Sierra Occidental y XII Centro.
27 municipios con la mayor cantidad de Ondas cálidas registradas.
Región XII Centro con la mayor cantidad de ondas cálidas, afectando a 1,159 localidades.

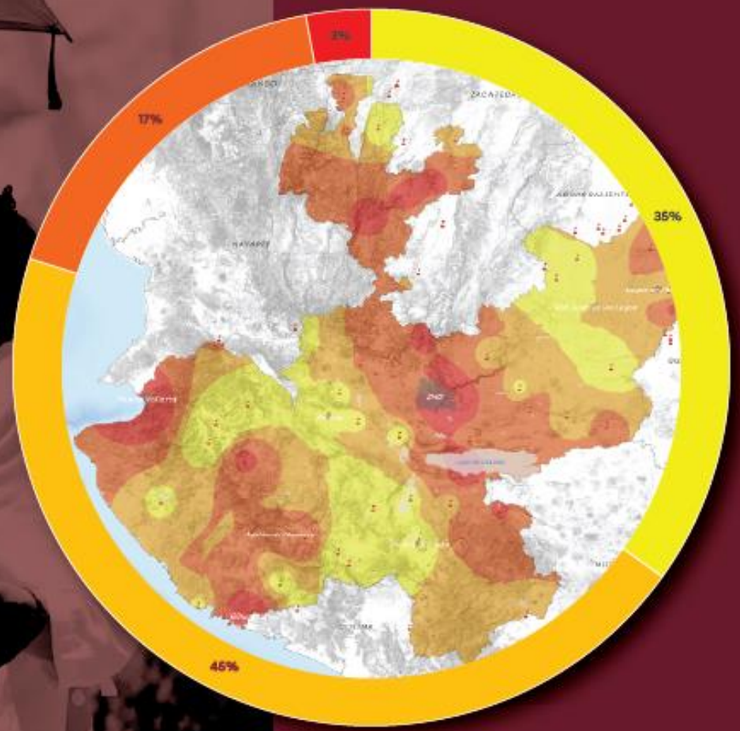
Presencia de 15 a 143 ondas cálidas con una duración de los 10 a 80 días.

139,813
Viviendas

143
Escuelas

327,095
Población
Potencialmente
Expuesta

611
Centros de Salud



Total de ondas cálidas
- 15-30
- 30-43
- 43-73
- 73-143

6.1.12. Vientos fuertes

6.1.12.1. Introducción

El viento es el movimiento de aire presente en la superficie terrestre, cuyo desplazamiento es en su mayoría horizontal, originado por la diferencia de presión entre puntos de determinado territorio, lo que ocasiona una tendencia al equilibrio desplazando las masas de aire para rellenar las zonas de más baja presión. Conforme la diferencia de presión sea mayor la fuerza del viento aumenta. Existen corrientes ascendentes y descendentes, dicho movimiento es una magnitud vectorial con dirección y velocidad. (Dirección General de Protección Civil y Emergencias del Gobierno de España, 2013).

Por otra parte, un tornado es la perturbación atmosférica más violenta en forma de vórtice, el cual aparece en la base de una nube de tipo cumuliforme, resultado de una gran inestabilidad, provocada por un fuerte descenso de la presión en el centro del fenómeno y fuertes vientos que circulan en forma ciclónica alrededor de éste. De acuerdo con el Servicio Meteorológico de los EUA (NWS, 1992), los tornados se forman cuando chocan masas de aire con diferentes características físicas de densidad, temperatura, humedad y velocidad (CENAPRED,2010).

La Coordinación Nacional de Protección Civil en el año 2017 dentro de las "Tertulias de Prevención de Desastres Cazatornados mexicanos y Vientos huracanados" considera a los vientos fuertes como una problemática a atender debido a que dañan las edificaciones y/o viviendas de la población, pueden convertirse en tornados, por lo cual menciona la importancia de implementar acciones y medidas de prevención ante este tipo de fenómenos de origen natural. (Coordinación Nacional de Protección Civil/CENAPRED, 2017).

6.1.12.2. Antecedentes del Fenómeno

Regiones con reporte de incidentes	Municipios
Costa Sierra Occidental	Cabo Corrientes y Puerto Vallarta.
Costa sur	Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, La Huerta, Tomatlán y Villa Purificación.
Sierra de Amula	Autlán de Navarro, Ejutla, El Limón y Tonaya.
Sur	San Gabriel, Tamazula de Gordiano, Tuxpan y Zapotiltic.

6.1.12.3. Metodología y Memoria de Cálculo

Para el caso de vientos fuertes, la cartografía expuesta en este apartado fue elaborada con información tomada de diversas instituciones como son: la Comisión Federal de Electricidad (CFE), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) y el Global Wind Atlas. Para el caso de tornados no existe una metodología de estudio señalada en la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos.

Por otra parte, los Términos de Referencia para elaborar Atlas de Riesgos 2018 publicados por SEDATU indica una metodología para estudiar este fenómeno, sin embargo, no se cuenta con información detallada de condiciones meteorológicas locales ni trayectorias de eventos históricos que deriven en la elaboración de un mapa de este fenómeno.

Posteriormente, para la identificación de los vientos observados a diferentes alturas(10, 50 y 100 metro) se empleó la información del Global Wind Atlas, portal internacional gestionado por el gobierno danés y que se ha encargado de replicar su metodología para todo el mundo, generando información sobre velocidad del viento que se retroalimenta constantemente para la generación de mapas de velocidades medias en todo el mundo empleando datos históricos para 10 años y a través de un método de rescalamiento de la información que permite llegar a un gran detalle considerando la topografía de cada territorio como un factor definitorio en la generación de mapas de velocidades de viento en escalas pequeñas o inferiores.

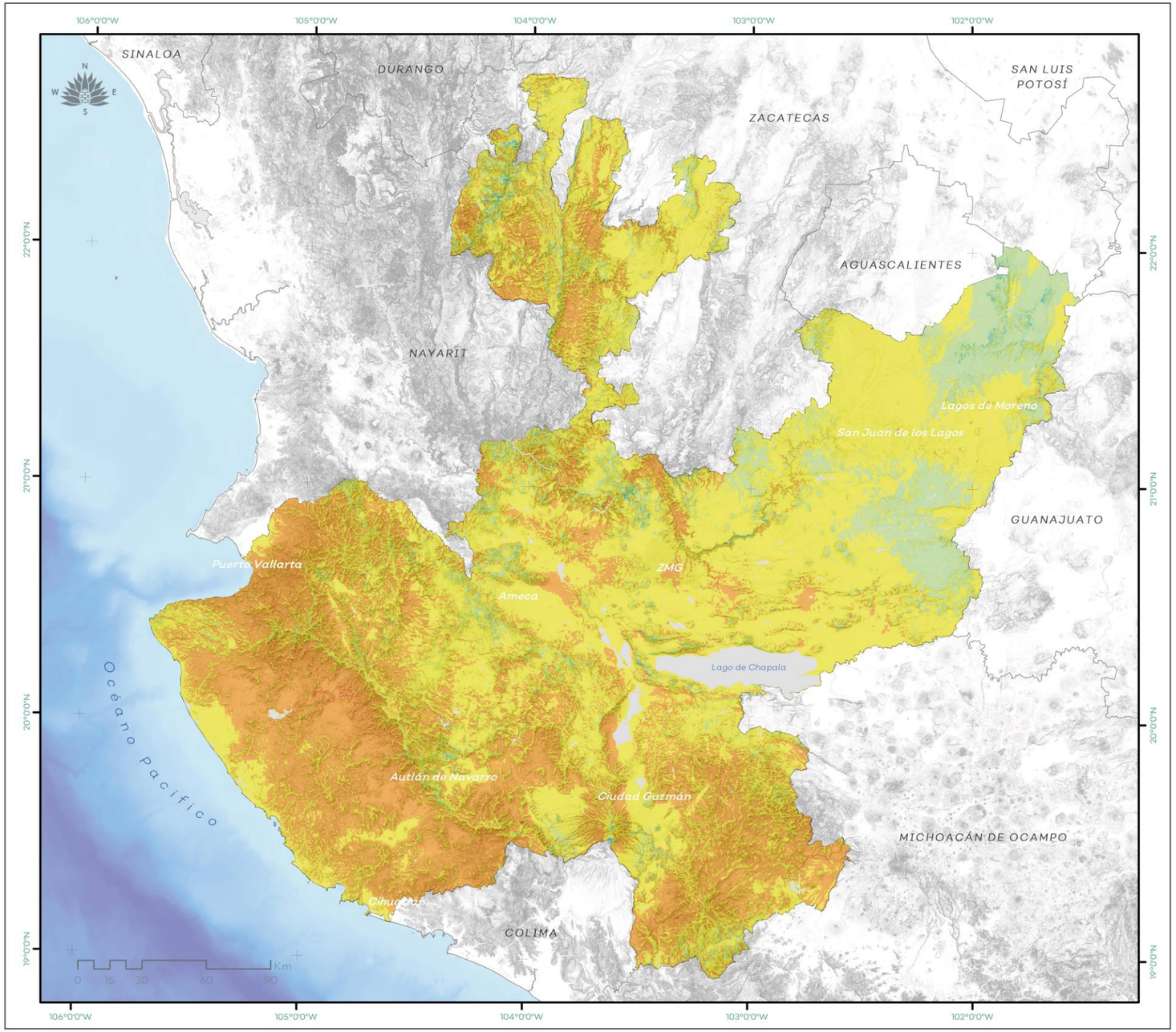
Al obtener las imágenes se procesaron en un sistema de información geográfica para posteriormente clasificar y vectorizar los rangos de velocidades basándose en la Escala de Beaufort.

Tabla HDR-L-1. Escala de Beaufort.

Escala	Velocidad del viento en (km/hr)	Efectos del viento en tierra
0	1	Hay calma, el humo asciende verticalmente.
1	1 – 5	El humo indica la dirección del viento.
2	6 – 11	Se mueven las hojas de los árboles.
3	12 – 19	Las copas de los árboles se agitan y las banderas ondean.
4	20 – 28	Además de que las copas de los árboles se agitan, el polvo y los papeles se levantan.
5	29 – 38	Se observan pequeños movimientos en los árboles y la superficie de los lagos se ondula.
6	39 – 49	Las ramas de los árboles se mueven y resulta difícil mantener abierto un paraguas.
7	50 – 61	Los árboles grandes se mueven y es difícil caminar contra el viento.
8	62 – 74	Las copas de los árboles se quiebran, además de que la circulación de las personas se dificulta.
9	75 – 88	Se observan daños en los árboles y es imposible caminar contra el viento.
10	89 – 102	Los árboles son arrancados y las estructuras de las construcciones sufren daños.
11	103 – 117	Ocurren daños severos en las construcciones, tejados y árboles.
12	> 118	Hay destrucción total.

Fuente: SEMAR.

6.1.12.4. Peligro



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vientos Fuertes
HDR-L-01

Leyenda Temática

Velocidad media del viento
a 10 metros de altura [km/h]

0-1	11-19
1-5	19-28
5-11	28-38

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



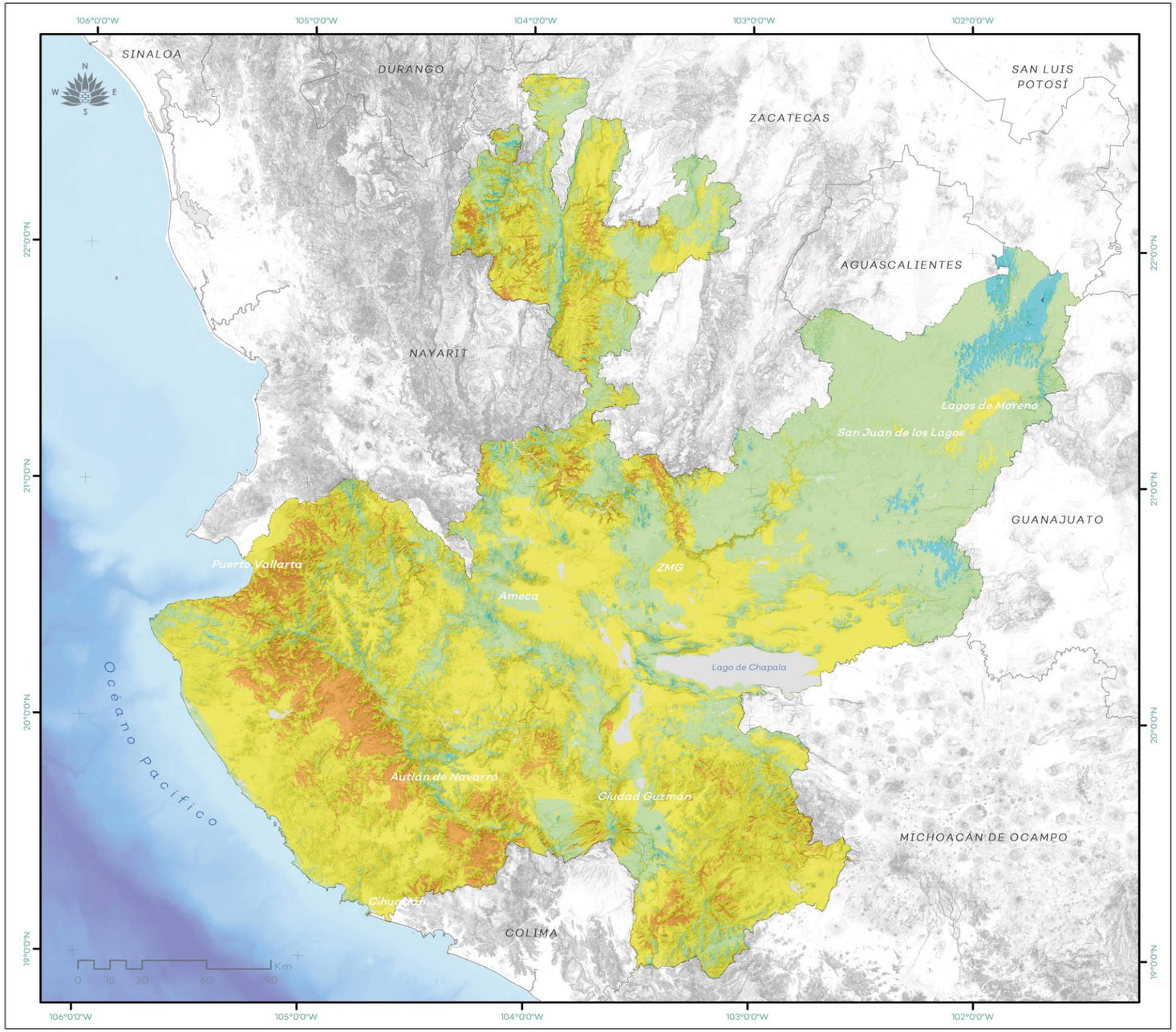
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuente: Global Wind Atlas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vientos Fuertes
HDR-L-02

Leyenda Temática

Velocidad media del viento
a 50 metros de altura [km/h]

0-1	11-19
1-5	19-28
5-11	28-38

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



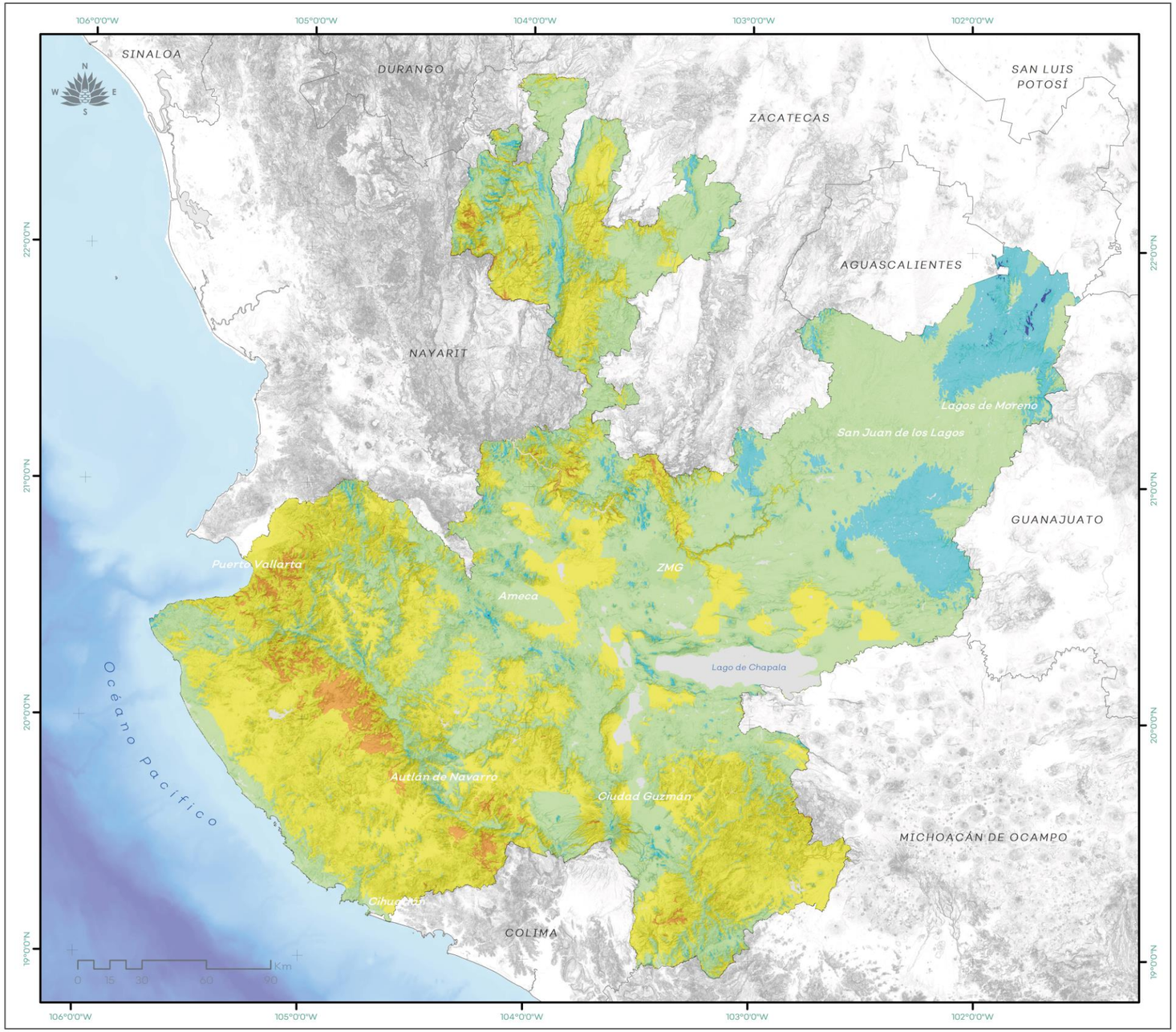
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuente: Global Wind Atlas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vientos Fuertes
HDR-L-03

Leyenda Temática

Velocidad media del viento
a 100 metros de altura [km/h]

0-1	11-19
1-5	19-28
5-11	28-38

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



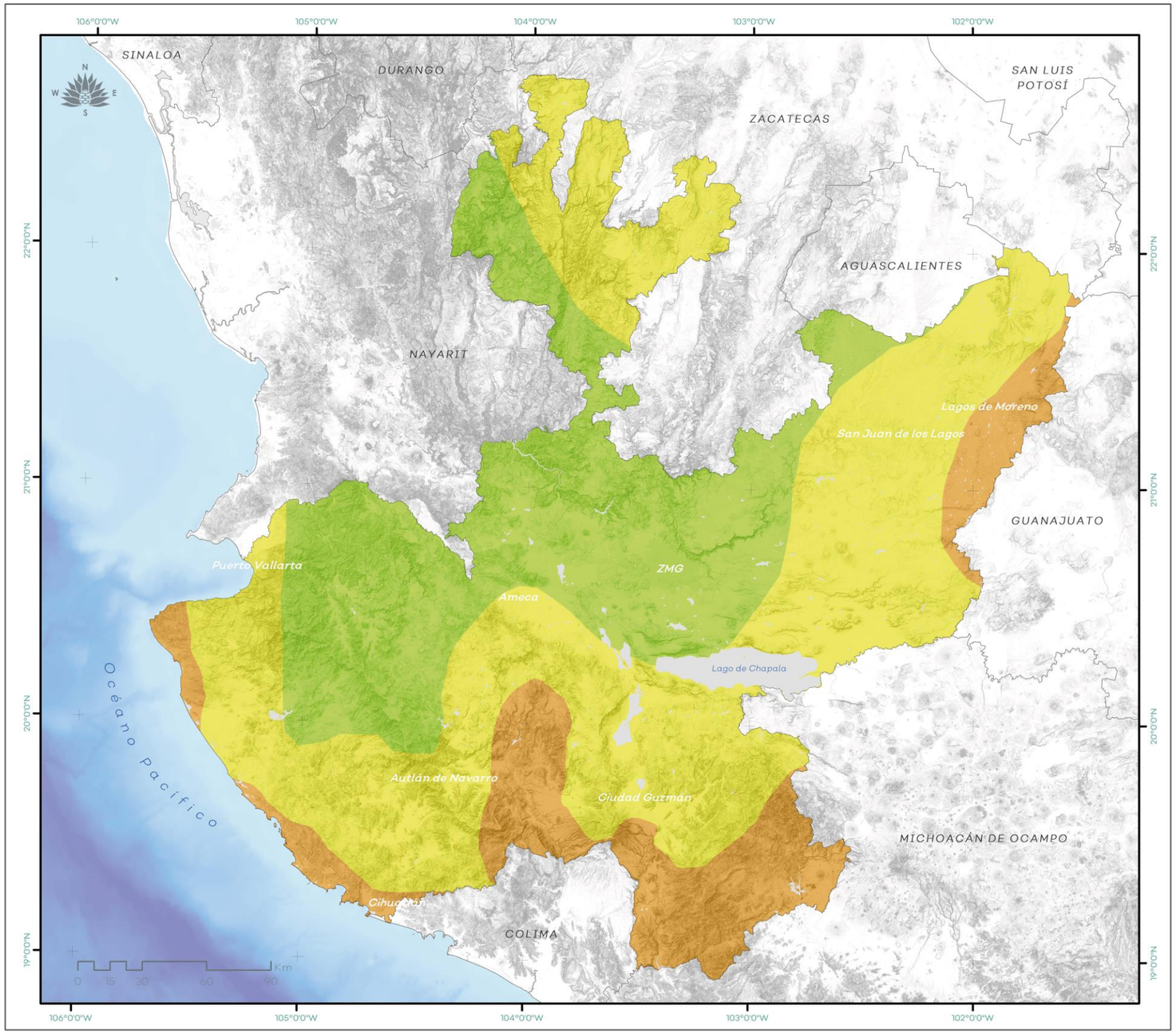
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuente: Global Wind Atlas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Velocides regionales con periodo de retorno de 10 años
HDR-L-04

Leyenda Temática

Velocidad [km/h]
Altura sobre el terreno: 10 metros.

- 99-113
- 114-124
- 125-134

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



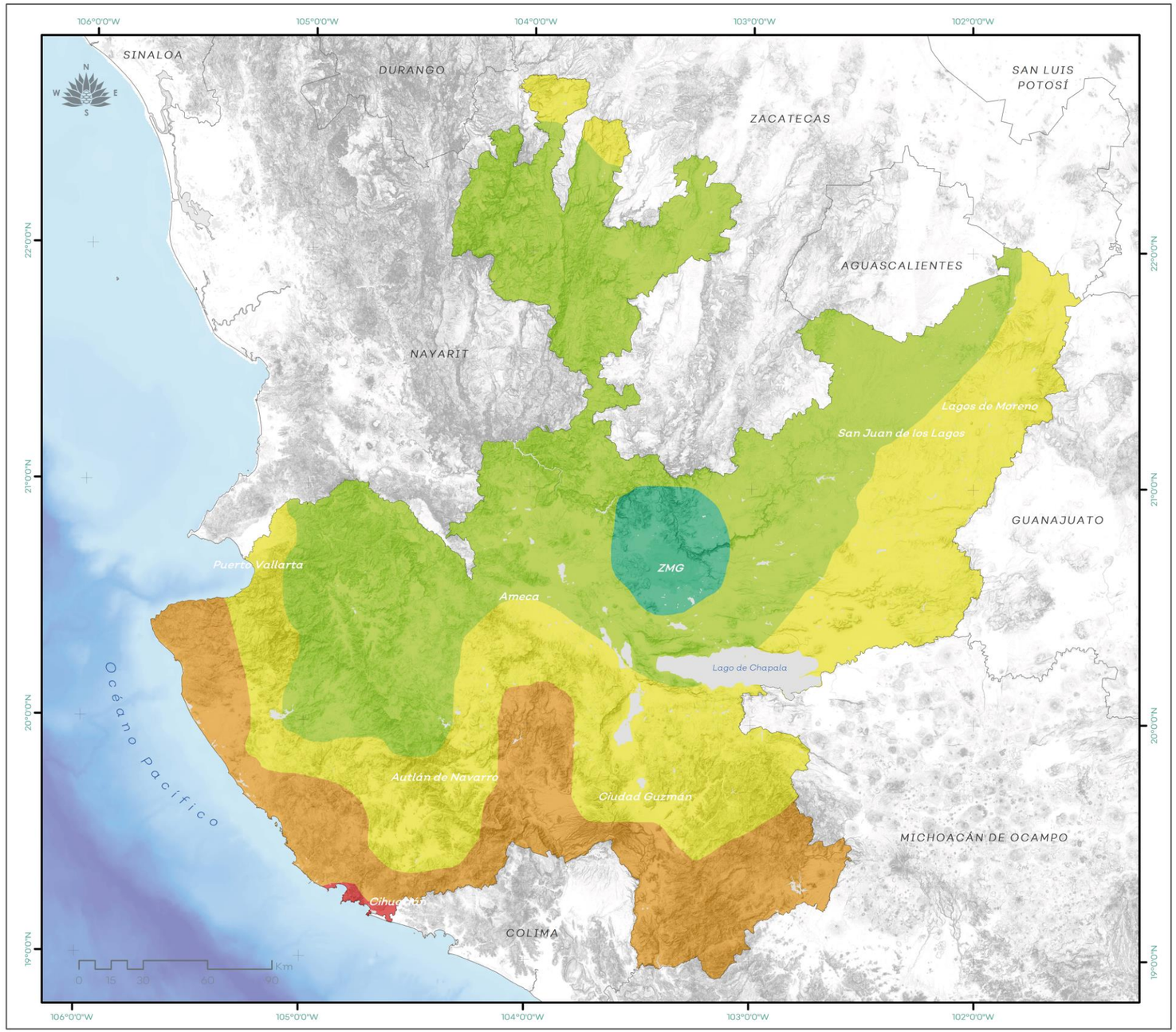
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Comisión Federal de Electricidad.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Velocides regionales con periodo de retorno de 50 años
HDR-L-05

Leyenda Temática

Velocidad [km/h]
Altura sobre el terreno: 10 metros.

- 90-119
- 120-133
- 134-146
- 147-161
- 162-232

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



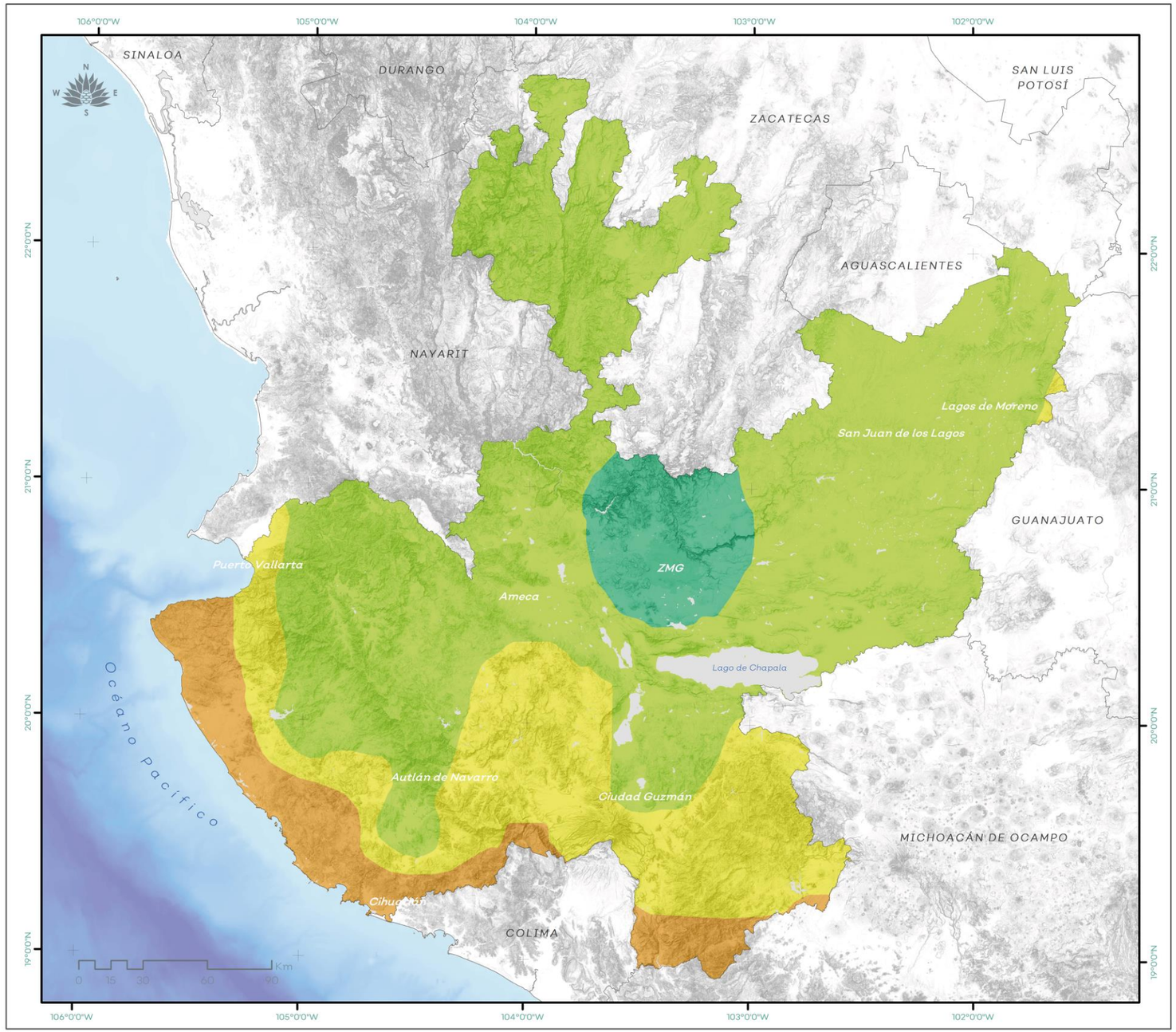
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Comisión Federal de Electricidad.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Velocides regionales con periodo de retorno de 200 años
HDR-L-06

Leyenda Temática

Velocidad [km/h]
Altura sobre el terreno: 10 metros.

- 100-136
- 137-153
- 154-168
- 169-195

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Comisión Federal de Electricidad.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Regiones y municipios afectados por velocidades regionales máximas para periodos de retorno de 10, 50 y 200 años.

Velocidades máximas. Periodo de retorno de 10 años.	Regiones	Municipios
125 – 134 km/h	Altos Norte	Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, Unión de San Antonio.
	Costa sur	La Huerta, Cihuatlán, Tomatlán y Cuautitlán de García Barragán.
	Sierra de Amula	El Limón, Tecolotlán, Tuxcacuesco, Tonaya, Juchitlán, Chiquilistlán, Ejutla y El Grullo.
	Sur	Jilotlán de los Dolores, Pihuamo, San Gabriel, Tecalitlán, Tolimán, Tonila, Tuxpan y Zapotitlán de Vadillo.

Velocidades máximas. Periodo de retorno de 50 años.	Regiones	Municipios
162 – 232 km/h	Costa sur	Cihuatlán y La Huerta.

Velocidades máximas. Periodo de retorno de 200 años.	Regiones	Municipios
169 – 195 km/h	Costa Sierra Occidental	Cabo Corrientes.
	Costa sur	Cihuatlán, Cuautitlán de García Barragán, La Huerta, Tomatlán y Villa Purificación.
	Sur	Jilotlán de los Dolores, Pihuamo, Tecalitlán y Tolimán.

6.1.12.5. Vulnerabilidad

El Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2006; (Reyes, Flores, Pacheco, López, Valerio Ruiz y Zepeda, 2006) propone la construcción de mapas de riesgo a través de la evaluación de la vulnerabilidad de la vivienda ante viento con base en las características de los materiales y sistema estructural de la vivienda esto debido a que en nuestro país se observan consistentemente daños en las edificaciones e infraestructura en general ante la incidencia de estos eventos naturales, lo que se traduce en cuantiosas pérdidas económicas al año. La obtención del índice que tiene en cuenta la vulnerabilidad física consta de la clasificación de la vivienda que en este caso se realizó con anterioridad a partir del conocimiento de la tipología y esta a su vez recibe una calificación que relaciona el tipo de vivienda ante daño por el fenómeno de vientos fuertes como se muestra en la tabla en la cual se han tomado en cuenta lo valores aplicados a la tipología identificada para el municipio.

Para la estimación de dicho índice la fórmula que se aplica es la siguiente:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_P P_M}$$

donde:

Ivf representa el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda;
Vi representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con el tipo en la tabla
Vp vivienda con el peor desempeño con relación a su vulnerabilidad ver tabla
Pi nivel de peligro por sismo o viento en la zona en estudio, más adelante se discute qué valores toma;
PM nivel de peligro máximo por sismo o viento, en las secciones siguientes se establecen los valores.

Para el cálculo de dicho fenómeno los valores correspondientes para vientos como lo indica la guía de contenido mínimo, en este caso son los correspondientes a la regionalización de peligro por viento la propuesta por la Comisión Federal de Electricidad El periodo de retorno comúnmente usado para diseño es 50 años, para fines de este trabajo es el que se tomó de referencia.

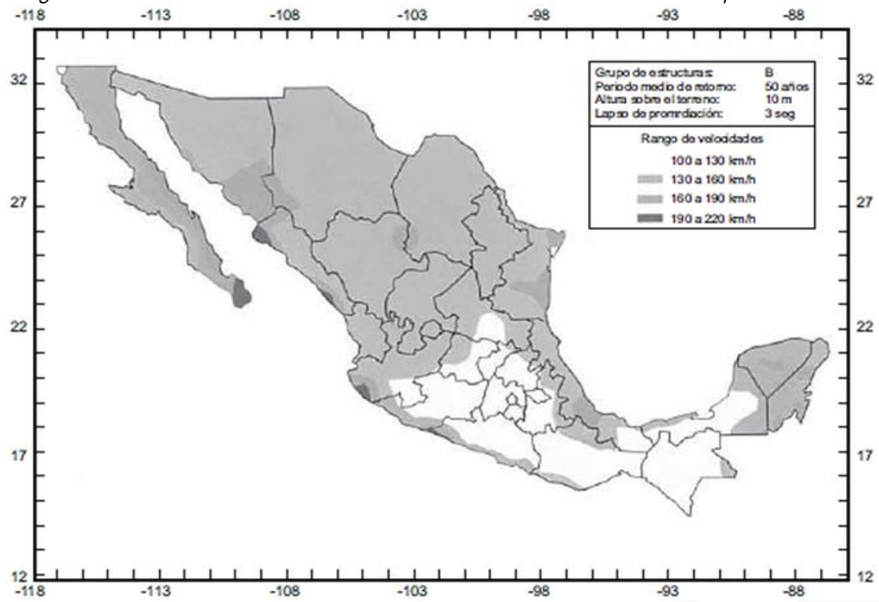
De acuerdo con la zonificación de la figura, la República Mexicana está dividida en cuatro niveles de peligro. Para fines del índice de riesgo que se propone los cuatro niveles, Pi, se numeran de acuerdo con la tabla HDR-B-1, de esta misma tabla se deduce que PM vale 215 km/h.

Tabla HDR-L-2. Niveles de peligro por viento

Clasificación del peligro	Intervalo de velocidades (km/h)	Pi(km/h)
Bajo	100-130	115
Moderado	130-160	145
Alto	160-190	175
Muy Alto	190-220	215

CENAPRED,2006.

Imagen HDR-L-1. Zonificación de velocidades máximas de viento en la República Mexicana.



CENAPRED,2001.

Tabla HDR-L-3. Tipos de vivienda con base en información técnica en el estado de Jalisco.

Tipo	v^2	Características
1	1	Muros: Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior. Techo: techo y entrepisos rígidos. Cimentación: zapata corrida de concreto o mampostería. Altura: uno a cinco niveles
2	4.0	Muros: Mampostería reforzada con castillos y dalas. Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior. Techo: Flexibles. Cimentación: zapata corrida de mampostería. Altura: un nivel
4	4.7	Muros: mampostería deficientemente reforzada con dalas y castillos o mampostería de piezas huecas con refuerzo interior insuficiente techo: flexibles. Cimentación: es una zapata corrida de mampostería
5	6.2	Muros: de mampostería simple Techo: Flexible Cimentación; es una zapata corrida de mampostería

SOLUCIONES SIG ,2024 con información de CENAPRED.

Tabla HDR-L-4. Resumen de datos en el estado de Jalisco.

Resumen de datos según municipio	
Tipo de vivienda	Clasificación de vivienda Viento
1	1
2	4
3	2
4	4.7
5	6.2

Fuente: Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-L-5. Cálculos Índice Vulnerabilidad Física vientos zona A (100-130 km/h).

Vivienda tipo I	Vi= 1	Pi =115	115
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.07	Muy bajo	
Vivienda tipo II	Vi= 4	Pi= 115	460
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.28	Medio	
Vivienda tipo IV	Vi= 4.7	Pi= 115	540.5
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.33	Alto	
Vivienda tipo V	Vi= 6.2	Pi= 115	713
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.44	Muy alto	

Fuente: Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-L-6.Cálculos Índice Vulnerabilidad Física vientos zona B (190-220 km/h).

Vivienda tipo I	Vi= 1	Pi= 145	145
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.09	Muy bajo	
Vivienda tipo II	Vi= 4	Pi= 145	580
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.35	Medio	
Vivienda tipo IV	Vi= 4.7	Pi= 145	681.5
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.42	Alto	
Vivienda tipo V	Vi= 6.2	Pi= 145	899
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.55	Muy alto	

Fuente: Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-L-7. Cálculos Índice Vulnerabilidad Física vientos zona C (160-190 km/h).

Vivienda tipo I	Vi= 1	Pi= 175	175
	Vp=7.6	PM=215	1634
IVF	0.11	Muy bajo	
Vivienda tipo II	Vi= 4	Pi= 175	700
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.43	Medio	
Vivienda tipo IV	Vi= 4.7	Pi= 175	822.5
	Vp=7.6	PM=215	1634
IVF	0.50	Alto	
Vivienda tipo V	Vi= 6.2	Pi= 175	1085
	Vp=7.6	PM=215	1634
IVF	0.66	Muy alto	

Fuente: Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-L-8. Cálculos Índice Vulnerabilidad Física vientos zona D (190-220 km/h).

Vivienda tipo I	Vi=1	Pi= 215	215
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.13	Muy bajo	
Vivienda tipo II	Vi= 4	Pi=215	860
	Vp= 7.6	PM= 215	1634
IVF	0.53	Medio	
Vivienda tipo IV	Vi= 4.7	Pi =215	1010.5
	Vp= 7.6	PM=215	1634
IVF	0.62	Alto	
Vivienda tipo V	Vi= 6.2	Pi= 215	1333
	Vp=7.6	PM=215	1634
IVF	0.82	Muy alto	

Fuente: Soluciones SIG, 2024.

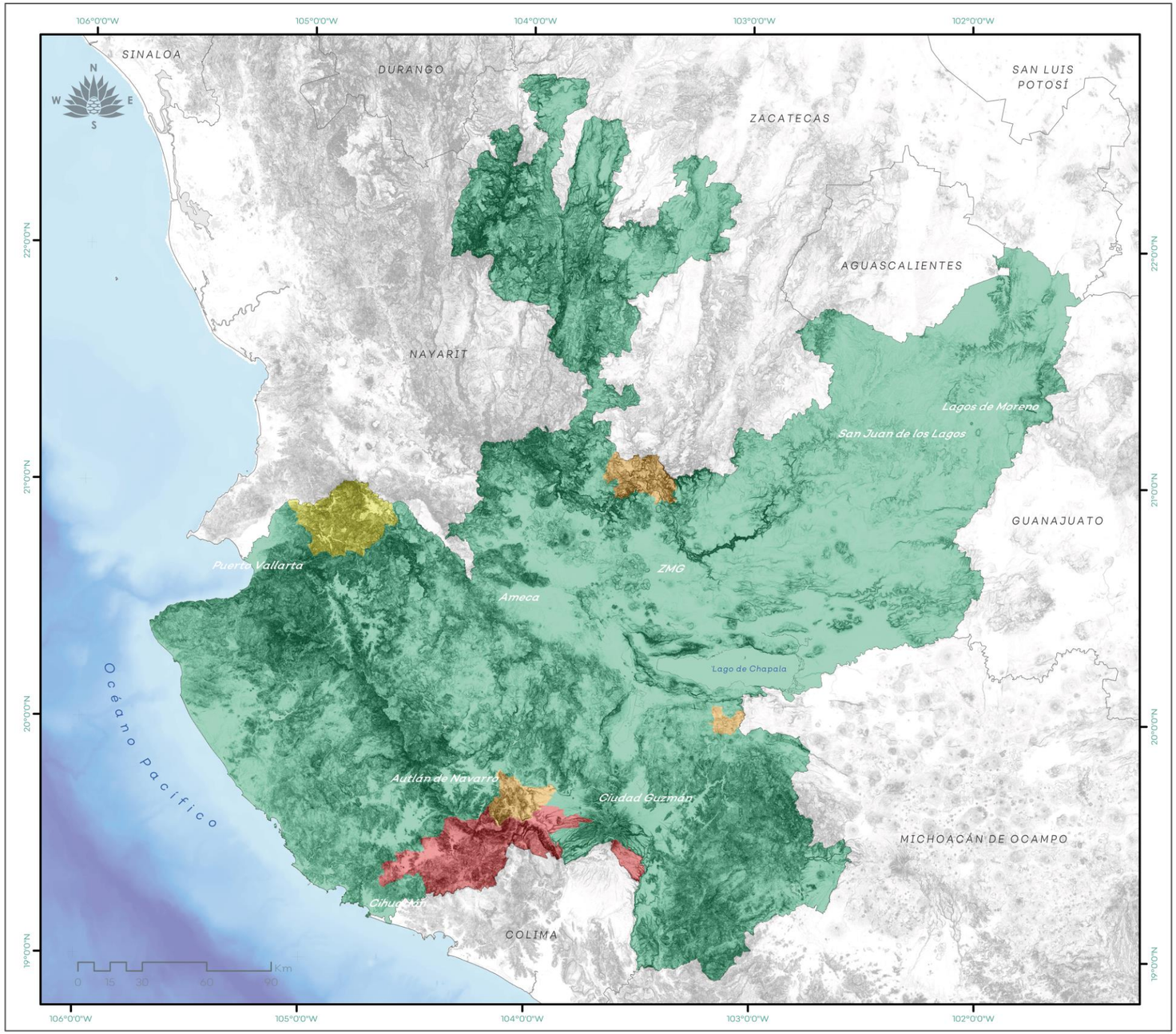
6.1.12.6. Riesgo

Se sabe que un índice de riesgo es un valor entre 0 y 1 sin embargo en este caso, aunque los valores toman ese rango, esta es solo una medida cualitativa de la evaluación del riesgo estructural ante dicho fenómeno.

El mapa resultante muestra el índice el cual es sólo indicativo que detecta aquellas zonas que pueden tener mayor susceptibilidad al daño por la acción de vientos fuertes sin poder estimar de manera cuantitativa el riesgo o bien las pérdidas esperadas ante la ocurrencia de dicho fenómeno, si el índice se acerca a un valor de uno, sólo significa que la vivienda analizada es la que presenta la mayor susceptibilidad de daño estructural.

El mapa HDR-L-L07 muestra el panorama del estado de Jalisco a un nivel municipal ante este fenómeno, de acuerdo con el análisis 118 municipios se encuentra en un riesgo Muy bajo 1 municipio en riesgo medio el cual corresponde a San Sebastián del Oeste, para un riesgo Alto 3 municipios se encuentran en esta categoría los cuales corresponden a Tuxcacuesco, San Cristóbal de la Barranca y La Manzanilla de la Paz, finalmente en un riesgo Muy alto se encuentras lo municipios Tolimán, Tonila y Cuautitlán de García Barragán.

A continuación, se presentan los sistemas expuestos en las zonas con peligro Alto y Muy alto, de acuerdo al mapa de riesgo por vientos fuertes en el estado. La descripción se realizó identificando los municipios que presentaron este índice de riesgo que toma en cuenta la vulnerabilidad física de la vivienda en zonas con un mayor riesgo, para las afectaciones en estos sitios se tomaron en cuenta a la población total, número de viviendas en general y el dato de las viviendas con techos flexibles que se tiene a partir de la encuesta de vulnerabilidad.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Vientos Fuertes
HDR-L-07

Leyenda Temática

Riesgo

- Muy bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

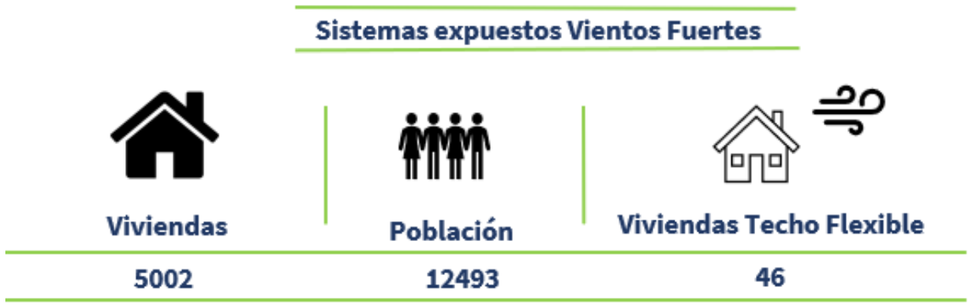
Junio 2024

Imagen HDR-L-2. Sistemas expuestos ante riesgo medio por vientos fuertes en el municipio San Sebastián del Oeste.



SOLUCIONES SIG,2024.

Imagen HDR-L-3. Sistemas expuestos ante riesgo alto por vientos fuertes en los municipios Tuxcacuesco, San Cristóbal de la Barranca y La Manzanilla de la Paz.



SOLUCIONES SIG,2024.

Imagen HDR-L-4. Sistemas expuestos ante riesgo muy alto por vientos fuertes en los municipios Tolimán, Tonila y Cuautitlán de García Barragán.



SOLUCIONES SIG,2024.

7. Bibliografía

- Alcántara Ayala, I. (2000). índice de Susceptibilidad a Movimientos del terreno y su aplicación a una región semiárida. BRevista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 17, número 1, 2000, p. 66-75, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. [En línea] México Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/572/57217105.pdf>
- Arcos Serrano, M. E., & Izcapa Treviño, C. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. Ciudad de México: CENAPRED.
- Arcos Serrano, M. E., & Izcapa Treviño, C. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. Ciudad de México: CENAPRED.
- Atlas Nacional de Riesgos. (CENAPRED). http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html
- Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. (2016). Reporte sectorial de la Dirección de Estudios Económicos. Obtenido de https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2018/12/Infograf%C3%ADa_Transporte-y-
- Log%C3%ADstica_2016.pdf
- Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. (2016). Reporte sectorial de la Dirección de Estudios Económicos. Obtenido de https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2018/12/Infograf%C3%ADa_Transporte-y Log%C3%ADstica_2016.pdf
- Bard, P. (1999). Microtremor measurements: A tool for site effect estimation? The Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Irikura, Kudo, Okada & Sasatani (eds). 1999 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 030 2.
- Barros, Vicente. (2014). Alerta tierra: el cambio climático global. 1era edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Libros del Zorzal. Buenos Aires, Argentina.
- Brunori, C., Bignami, C., Zucca, F., Groppelli, G., Norini, Gianluca., Dávila-Hernández, N., and Stramondo, S. (2014). Ground Fracturation in Urban Area: Monitoring of Land Sudsidence Controlled by Buried Faults with InSAR Techniques
- Ciudad Guzmán: Mexico). Engineering Geology for Society and Territory. Vol5. DOI: 10.1007/978-3-319-09048-1_196. Spring International Publishing Switzerland 2015.
- Building Seismic Safety Council. (2003). NEHRP Recommendations Provisions For Seismic Regulations For New Buildings And Other Structures (FEMA 450).
- Cárdenas, C. (31 de Marzo de 2009). Sismos Importantes en México . Obtenido de Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM: https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Guerrero_de_1907#cite_note-SSN-CCM-2
- Castillo, A. G. (2015). Construcción y Operación de la Estación de Servicio "Andrés García Castillo". Tabasco: Estudio de Riesgo Ambiental.
- Castillo, A. G. (2015). Construcción y Operación de la Estación de Servicio "Andrés García Castillo". Tabasco: Estudio de Riesgo Ambiental.
- CENAPRED. (2007). Riesgos Químicos-serie Fascículos. Ciudad de México: Cenapred.
- CENAPRED. (2007). Riesgos Químicos-serie Fascículos. Ciudad de México: Cenapred.
- CENAPRED. (2010). Riesgos Químicos (2.ª ed., pp. 7–28). (2.ª ed.). Ciudad de México: Violeta Ramos Radilla. Obtenido de: fasc quimicos 2007.p65 (unam.mx)
- CENAPRED. (2010). Tormentas Severas (1.ª ed., pp. 23–33). (1.ª ed.). Ciudad de México: Violeta Ramos Radilla. Obtenido de: cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/189FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF
- CENAPRED. (2014). Fenómenos Hidrometeorológicos . Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED. (2014). Tsunamis. México: Centro Nacional Prevención de Desastres.
- CENAPRED, (2016). Curso. Causas que propician el deslizamiento y su prevención. [En línea]
- CENAPRED, (2016). Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos y sus posibles aplicaciones. [En línea] México Disponible en: https://www1. cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/23.pdf
- CENAPRED. (2016). Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- CENAPRED. (2016). Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. En CENAPRED, Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (pág. 67). Ciudad de México.
- CENAPRED. (2016). Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- CENAPRED. (2016). Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. En CENAPRED, Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (pág. 67). Ciudad de México.
- CENAPRED (2019). Curso “Métodos de Análisis de Inestabilidad de Laderas”. [En línea] México
- CENAPRED. (10 de Julio de 2020). Blog. Obtenido de Onda de calor en México: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/onda-de-calor-en-mexico
- Cenapred. (2021). Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Ciudad de México : Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED. (2021). Infografía "Tormentas Eléctricas". Gobierno de México. Obtenido de: tormentas eléctricas2020_web (unam.mx)
- CENAPRED. (2023). Atlas Nacional de Riesgos. Gobierno de México. Obtenido de Mapa interactivo: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html
- Chávez, M. (1999). Efectos de sitio en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 70-79.
- Chávez, M. (1999). Efectos de sitio en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 70-79.
- Chávez, M., Olsen, K. B., Cabrera, E. y Perea, N. (2011). Observations and modeling of strong ground motions for the 9 october 1999 Mw 8 Colima-Jalisco, Mexico, earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 101, no. 5, pp. 1979-2000.
- Chávez, M., Olsen, K. B., Cabrera, E. y Perea, N. (2014). Observations and modeling of strong ground motions for the 9 october 1999 Mw 8 Colima-Jalisco, Mexico, earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 101, no. 5, pp. 1979-2000.
- CONAGUA. (2010). Estaciones Climatológicas. Obtenido del Mapa de descargas:
- Cordero Devesa, D. A., & Jiménez Espinosa, M. (Marzo de 2021). Actividad 4-1: Actualización de capas de índice de peligro Y riesgo del ANR por ondas cálidas y ondas gélidas. Obtenido de CENAPRED: https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RH/210226_RH_Informe_actividad_4_1.pdf

- Cruz, G., & Wyss, M. (1983). Large earthquakes, mean sea level, and tsunamis along the Pacific Coast of Mexico and Central America. Bulletin of the Seismological Society of America, 553-570.
- Cruz, J. (2014). El Comportamiento de la temperatura ante el cambio climático en Jalisco y en la Zona Metropolitana de Guadalajara. CONAHCYT. Obtenido de: https://occidente.ciesas.edu.mx/calorenguadalajarajalisco/
- DOF. (2012). Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2012). Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2014). REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE AUTORREGULACIÓN Y AUDITORÍAS AMBIENTALES. En DOF. CDMX. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MAAA_311014.pdf
- DOF. (2016). ANEXO 20 Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro por el transporte terrestre de materiales peligrosos. Guía de contenido mínimo para la elaboración de atlas de riesgos, 7.
- DOF. (2023). Ley General de Salud. En DOF. CDMX: DOF.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., ... Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Escudero, C. R., Ramírez-Gaytán, A., Zamora-Camacho, A., Preciado, A., Flores, K. L. y Gómez-Hernández, A. (2022). Geotechnical zonation and soil-structure interaction at Puerto Vallarta, México. Natural Hazards, vol. 110, pp. 247-267.
- Fellmann T. (2012). The assessment of climate change-related vulnerability in the agricultural sector: reviewing conceptual frameworks, pp.37-61, In. A. Meybeck, J. Lankoski et al. (Eds. 2012) Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop, FAO Rome.
- Ferrari, L. (2000). Avances en el conocimiento de la faja volcánica transMexicana durante la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53(1), 84-92. https://doi.org/10.18268/bsgm2000v53n1a5
- Ferrari, L., Pasquare, G., Venegas, S., Castillo, D. y Romero, F. (1994). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block. Geofisica Internacional, vol. 33, pp. 139–151.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas-Salgado, S. y Romero-Ríos, F. (2000). Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco Block, in Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G., and Stock, J. M., eds., Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 334.
- Gaceta Municipal Puerto Vallarta (GMPV). (2018). Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta y sus Normas Técnicas complementarias.
- García Franco, Jorge L. Ondas gélidas en ¿Cómo ves? Artículo 254, en https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/254/ondas-gelidas
- García López, Manuel. (1996) Manual de estabilidad de taludes. Instituto Nacional de VíasGarcía, L. V. V. J. G. R. E., Rosas, J. G., García, E., Almeida, M., Zamora, P. G., & Baltazar, J. M. (2004). Formación de grietas, hundimientos y repercusiones sociales en el poblado de Ameca, Jalisco. Carta Económica Regional, 17(89), 3-9. https://doi.org/10.32870/cer.v0i89.5727
- Gobierno de Jalisco. Atlas municipal de riesgos por fenómenos naturales del municipio de Tonalá, Jalisco.
- Gobierno Municipal de Guadalajara (GMG). (2011). Atlas de riesgos naturales del municipio de Guadalajara.
- Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, T., & Ferrari, L. (2005). Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín De la Sociedad Geológica Mexicana, 57(3), 227-283. https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a2
- Gustavo, & Wilches-Chaux. (1989). La vulnerabilidad global . Obtenido de La vulnerabilidad global :
- https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/La+vulnerabilidad+social%20WILCHES+CHAUX.pdf
- Hernández, M. (2023). No hubo personas lesionadas o intoxicadas por el incendio o el derrame de los químicos. Círculo Informador. Se incendia fábrica de químicos en colonia Ferrocarril (informador.mx)
- Hernández-Estrada A., Reinoso-Angulo, E., Huerta-Garnica, B., Ordaz-Schroeder, M., Lermo-Samaniego, J y Veras-Felipe,
- L. (2013). Revisión de los efectos de sitio en las ciudades de Puebla, Guadalajara y Acapulco. Congreso Nacional de Ingeniería Sismológica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sismológica, 2013.
- Herrera Alanís, J. L. (2012). Criterios existentes de Olas de Calor. En J. L. Herrera Alanís, Análisis de olas de calor en la República Mexicana (págs. 73-78). México, D. F.: UNAM.
- Hubp, J. L. (2011). Diccionario geomorfológico (Primera). Instituto de Geografía UNAM.
- IIEG. (2023). El peligroso aumento de la temperatura. STRATEGOS. Obtenido de: El peligroso aumento de la temperatura | IIEG | Strategos
- INECC (2021). ¿Qué es el cambio climático? En México ante el Cambio Climático, Sitio oficial del país [en línea] Recuperado el 21 de abril de 2024 en https://cambioclimatico.gob.mx/que-es-el-cambio-climatico/
- INECC.2023. Evidencias del cambio climático en México ante el Cambio Climático. [en línea] Recuperado el 9 de mayo de 2024 en https://cambioclimatico.gob.mx/evidencias-del-cambio-climatico/
- INEGI. (2020). Censo de población y vivienda 2020.
- INEGI. (2020). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Obtenido del Mapa Digital de México y en Espacio Y datos de México: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. DENUE (inegi.org.mx)
- Información Estadística Climatológica (conagua.gob.mx)
- IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas, Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre El Cambio Climático (IPCC).
- Isabel, P. (11 de Noviembre de 2018). Cinturón de fuego Zona de Sismos Y Volcanes . Obtenido de Ciencia UNAM : http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes-
- Keller, E. B. (2004). Riesgos Costeros. En E. B. Keller, En Riesgos Naturales Procesos de la Tierra como riesgos, desastres Y catástrofes (pág. 448). Madrid: Pearson.

- Kyodo. (12 de Marzo de 2011). Tsunami de 10 metros observado en el puerto de Sendai en Miyagi Pref. The mainichy Daily news.
- Lee, J. A., & Gill, T. E. (2015). Multiple causes of wind erosion in the Dust Bowl. Aeolian Research, 19, 15-36.
- Lermo, J., Chávez-García, J. (1993). Site effect evaluation using spectral ratios with only one reason. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 83, No. 5, pp.1574-1594, Octuber 1993.
- Lermo, J., Chávez-García, J. (1994). Are microtremors useful in site respond evaluation? Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 5, pp.1350-1364, Octuber 1994.
- Lermo, J., Gutiérrez, C., Morales, J., Singh, S. K. y Cabrera, R. (1989). Estudio de periodo dominante del suelo en la zona Urbana de Ciudad Guzmán, Jal. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Acapulco, Gro, vol. 1, pp. 87-94.
- Lermo, J., Santoyo, M., Jaimes, M., Antayhua, Y., and Chavacán, M. (2016). Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 106, No. 4, pp.1423-1437, August 2016, doi: 10.1785/0120150189.
- Luhr, J., Nelson, S. A., Allan, J. y Carmichael, I. S. E. (1985). Active rifting in southwestern Mexico: Manifestations of an Incipient eastward spreading-ridge jump. Geology, vol. 13, pp. 54–57.
- Macias G, A. (28 de Mayo de 1960). Más de dos mil muertos y heridos. Obtenido de La cruz del sur: https://web.archive.org/web/20131207173335/http://www.memoriasdelsigloxx.cl/contenidos/archivosMultimedia/MSXX025032.pdf
- Macías, J. L. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 57(3), 379-424. https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a6
- Manual de Diseño de Obras Civiles (MDOC). (2015). Capítulo C.1.3: Diseño por Sismo. Comisión Federal de Electricidad.
- Martínez, J. y Fernández, A. (compiladores). 2004. Cambio Climático: una visión desde México. INE, SEMARNAT.
- Mastin, L. G., Guffanti, M., Servranckx, R., Webley, P. W., Barsotti, S., Dean, K., Durant, A. J., Ewert, J. W., Neri, A., Rose, W. I., Schneider, D. J., Siebert, L., Stunder, B. J. B., Swanson, G., Tupper, A., Volentik, A. C., & Waythomas, C. F. (2009). A Multidisciplinary effort to assign realistic source parameters to models of volcanic ash-cloud transport and dispersion During eruptions. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 186(1-2), 10-21. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.01.008
- Moore, G., Marone, C., Carmichael, I. S. E. y Renne, P. (1994). Basaltic volcanism and extension near the intersection of The Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt. Geological Society of America Bulletin, vol. 106, pp. 383–394.
- Mortera-Guitiérrez, C., Brandy, W., Ponce-Núñez, F., and Pérez-Calderón, D. (2016). Pure and Applied Geophysics. Vol 173, 2016. DOI: 10.1007/s00024-016-1384-y. Springer International Publishing.
- Nakamura, Y. (1989). A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Quartely Report of Railway Technical Research Institute, Vol. 30, pp. 25 25-30.
- Nature Action. (2022). El aumento de las temperaturas mundiales es alarmante. ONU. Obtenido de: El aumento de las Temperaturas mundiales es alarmante (unep.org)
- Newhall, C. G., & Self, S. (1982). The Volcanic Explosivity Index (VEI) an estimate of explosive magnitude for historical Volcanism. Journal of Geophysical Research, 87(C2), 1231-1238. https://doi.org/10.1029/jc087ic02p01231
- NOAA. (22 de Mayo de 2020). Serie historica de tsunamis Chile 1960. Obtenido de National Oceanic And Atmospherical Administration: https://sos.noaa.gov./datasets/tsunami-historical-series-chile-1960/
- Norini, G., Capra, L., Groppeli, G., Agliardi, F., Pola, A., and Cortes, A. (2010). Structural architecture of the Colima Volcanic Complex. Journal of Geophysical Research, Vol. 115, B12209, doi: 10.1029/2010JB007649, 2010.
- NPA. (20 de Abril de 2011). «Damage Situation and Police Countermeasures associated with 2011 Tohoku district.Obtenido de Japanese National Police Agency: http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo_e.pdf
- Nuñez -Cornú, F., Ortiz, M., & Sanchéz, J. (2008). The great 1787 Mexican tsunami. Natural Hazards, 569-576.
- Organización Mundial de la Salud. 2024. Cambio climático. [en línea] Recuperado el 26 de mayo de 2024 en https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health
- Ortiz, E. G., Weppen, R. Q., & Villagómez, G. F. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de Peligros y riesgos.: Fenómenos Geológicos (1.a ed.).
- OSH COLMEX. (2019). Seguridad Hídrica en la Ciudad de México: Riesgos de inundaciones (1.ª ed., pp. 123–126). Ciudad De México: Judith Domínguez Serrano. Ciudad de México: Judith Domínguez Serrano.
- Partida, J. (2023). Bomberos atienden decenas de reportes de olor a químicos en Jalisco. La Jornada. La Jornada –Bomberos atienden decenas de reportes de olor a químicos en Jalisco
- Pintos, R. (1961). Acapulco, Monografía Anecdótica Contemporánea. En P. L. Rosendo. Talleres de Formas Tipográficas y Sociales.
- PTWC. (11 de Marzo de 2011). Pacific Tsunami Warning Center . Obtenido de Alerta de Tsunami en Hawai: https://www.webcitation.org/5x6I7uAQa?url=http://www.weather.gov/ptwc/text.php?id=hawaii.2011.03.11.073148
- Quijas, A. (2021). Fueron evacuados 300 empleados en empresa de Lagos de Moreno por derrame de químicos. UDG TV. Fueron evacuados 300 empleados en empresa de Lagos de Moreno por derrame de químicos (udgtv.com)
- Ramírez-Centeno, M. y Martín del Campo, R. (1999). Zonificación sísmica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 171-180.
- Ramírez-Centeno, M., Martín del Campo, R., Calvillo, F., Suárez, O., Ramos, A., López, G., Rivero, F. y Ruíz-Saldoval, M. (1997). Mapa de curvas de isoperiodos de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, Ver., Mexico, pp. 300-309.
- Ramírez-Centeno, M., Martín del Campo, R., Calvillo, F., Suárez, O., Ramos, A., López, G., Rivero, F. y Ruíz-Saldoval, M. (1997). Mapa de curvas de isoperiodos de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, Ver., Mexico, pp. 300-309.

- Ramírez-Gaytán, A., Flores-Estrella, H., Preciado, A., Bandy, W. L., Lazcano, S., Alcántara-Nolasco, L., Aguirre-González, J. Y Korn, M. (2020). Subsoil classification and geotechnical zonation for Guadalajara City, Mexico: Vs30, soil fundamental Periods, 3D structure and profiles. Near Surface Geophysics, vol. 18, pp. 175-188.
- Ramírez Sánchez Hermes U., Meulenert Peña Á. R., & Gómez Reyna, J. A. (2012). Actualización del Atlas Bioclimático del Estado de Jalisco. [en línea] recuperado el 25 de febrero de 2023 en https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/32435/41937
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño-Monroy, V. H. y Urrutia-Fucugauchi, J. (1996). Continental boundaries of the Jalisco Block and their influence in the Pliocene-Quaternary kinematics of western Mexico. Geology, vol. 24, no. 10, pp. 921-924.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., López-Martínez, M., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1997). Stratigraphy and tectonics of the Guadalajara region and triple junction area, western Mexico. International Geology Review, 125-140.
- Rosenblueth, E., EERI, M., Ordaz, M., Sánchez-Sesma, F.J., and Singh, S.K. (1989). The Mexico Earthquake of September 19, 1985-Design Spectra for Mexico´s Federal District. Earthquake Spectra, Vol. 5, No. 1, 1989.
- Salcido, J. (2020). Dos personas fallecidas en Fábrica Nestlé Nantli por fuga de nitrógeno. UDG TV. Dos personas fallecidas En Fábrica Nestlé Nantli por fuga de nitrógeno (udgtv.com)
- Sanchéz, D., & Farreras, S. (1993). Catâlogo de tsunamis (Maremotos) en la Costa occidental de México . Diane Pub co.
- Sánchez-Sesma, F.J., Rodríguez, M., Iturrarán-Viveros, F.L., Campillo, M., Margerin, L., García-Jeréz, A., Suárez, M.,
- Santoyo, M.A., and Rodríguez-Castellanos, A. (2011). A theory for microtremor H/V spectral ratio: application for a Layered medium. Geophysical Journal International. (2011) 186, 221-225. DOI: 10.1111/j.1365-246X.2011.05064.x.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022. Consejos para proteger los cultivos de las heladas. [en línea] Recuperado el 23 de abril de 2024 en https://www.gob.mx/agricultura/articulos/consejos-para-proteger-los-cultivos-de-Las-heladas
- SEDATU (2014). Atlas de riesgos por amenazas naturales en el municipio de Puerto Vallarta, Jalisco.
- SEDATU (2015). Atlas municipal de peligros y riesgos naturales, Zapotlán el Grande.
- SESAME. 2004. Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation. European Research Project.
- SGM. (22 de Marzo de 2017). Evolución de la tectónica en México. Obtenido de Servicio Geológico Mexicano: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Evolucion-tectonica-Mexico.html
- Sousa, J. J., & Bastos, L. (2013). Multi-temporal SAR interferometry reveals acceleration of bridge sinking before collapse. Natural Hazards And Earth System Sciences, 13(3), 659-667. https://doi.org/10.5194/nhess-13-659-2013
- Suarez-Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos
- Suarez, G., & Paola, A. (2009). Nota cortaEvidencia de grandes terremotos tsunamigénicos (M 8.6)a lo largo de la Zona De Subducción Mexican. Boletín de la sociedad Sismológica de América, 892-896.
- Sykas, D. (26 de Octubre de 2020). Spectral Indices with multispectral satellite data. Obtenido de GIS and Earth Observation University: https://www.geo.university/pages/blog?p=spectral-indices-with-multispectral-satellite-data
- Transportes, S. d. (2008). NOM-004-SCT-2008. En SCT, NOM-004-SCT-2008 Sistemas de identificación de unidades Destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos . Ciudad de México: SCT.
- Tsuya H (1955) Geological and petrological studies on Volcano Fuji (V): on the 1707 eruption of Volcano Fuji. Bull Earthq Res Inst 33:341–383
- UNIATMOS. (2016). Imágenes satelitales de las descargas Nube – tierra. UNAM. Obtenido de: UNIATMOS | Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. (unam.mx)
- USGS. (1 de Noviembre de 2012). Terremotos historicos del mundo. Obtenido de Survey United States Geological: https://web.archive.org/web/20131020033219/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1960_05_22.php
- USGS. (11 de Marzo de 2011). M 9.1 – Gran terremoto de Tohoku de 2011, Japón. Obtenido de Earthquake Hazards Program : https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20110311054624120_30/executive#executive
- USGS. (7 de Abril de 2014). M9.5 Araucania Chile. Obtenido de Servicio Geologico de estados unidos: http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/centennial19600522191117
- Yamamoto, J., Espíndola, J.M., Zamora-Camacho, A. (2018). The origino f the recent (2012-2016) seismic activity in the Guadalajara, Jalisco, Mexico, área: A block boundary interaction? PLoS ONE 13(8): e0200991. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200991.
- Zamudio-Zavala, P. E., Gómez-Mora, I. y Mayoral-Ruiz, P. A. (2021). Zonificación sísmica del municipio de Puerto Vallarta, Jalisco. XXX Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica, pp. 121-128.

SOLUCIONES SIG

Jalisco
GOBIERNO DEL ESTADO

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
Jalisco

Volumen 2



Agradecimientos

Gobernador del Estado de Jalisco
Ing. Enrique Alfaro Ramírez
Secretario General de Gobierno
Mtro. Juan Enrique Ibarra Pedroza

Créditos

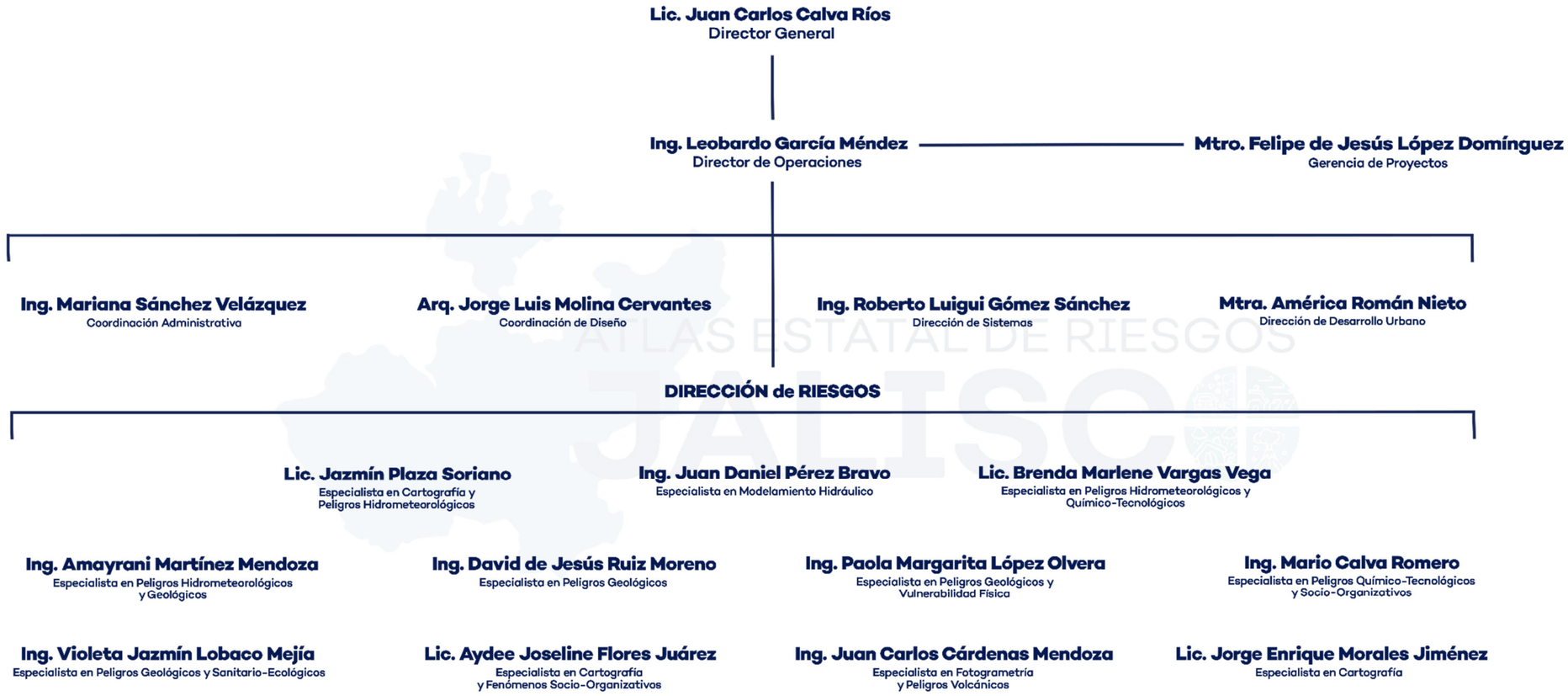
Director General en la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos
Cmte. Víctor Hugo Roldán Guerrero
Director de Operaciones
Cmte. Osvaldo Martínez Zavala
Director de Evaluación y Seguimiento
Cmte. Javier Alaín León Cervantes

Responsable del Proyecto

Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco

Seguimiento y Revisión

Cmte. Carlos Alberto Mejía Pacheco
Geóg. Alba Karime Avila Gómez


Lic. Juan Carlos Calva Ríos
Director General
Ing. Leobardo García Méndez
Director de Operaciones
Mtro. Felipe de Jesús López Domínguez
Gerencia de Proyectos
Ing. Mariana Sánchez Velázquez
Coordinación Administrativa
Arq. Jorge Luis Molina Cervantes
Coordinación de Diseño
Ing. Roberto Luigui Gómez Sánchez
Dirección de Sistemas
Mtra. América Román Nieto
Dirección de Desarrollo Urbano
DIRECCIÓN de RIESGOS
Lic. Jazmín Plaza Soriano
Especialista en Cartografía y Peligros Hidrometeorológicos
Ing. Juan Daniel Pérez Bravo
Especialista en Modelamiento Hidráulico
Lic. Brenda Marlene Vargas Vega
Especialista en Peligros Hidrometeorológicos y Químico-Tecnológicos
Ing. Amayrani Martínez Mendoza
Especialista en Peligros Hidrometeorológicos y Geológicos
Ing. David de Jesús Ruiz Moreno
Especialista en Peligros Geológicos
Ing. Paola Margarita López Olvera
Especialista en Peligros Geológicos y Vulnerabilidad Física
Ing. Mario Calva Romero
Especialista en Peligros Químico-Tecnológicos y Socio-Organizativos
Ing. Violeta Jazmín Lobaco Mejía
Especialista en Peligros Geológicos y Sanitario-Ecológicos
Lic. Aydee Joseline Flores Juárez
Especialista en Cartografía y Fenómenos Socio-Organizativos
Ing. Juan Carlos Cárdenas Mendoza
Especialista en Fotogrametría y Peligros Volcánicos
Lic. Jorge Enrique Morales Jiménez
Especialista en Cartografía

1. Índice

1. Índice 4
1.1. Riesgos geológicos 5
1.1.1. Sismos 5
1.1.1.1. Introducción 5
1.1.1.2. Antecedentes del Fenómeno 5
1.1.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo 11
1.1.1.4. Peligro Sísmico 29
1.1.1.5. Vulnerabilidad Sísmica 35
1.1.1.6. Conclusiones 66
1.1.2. Inestabilidad de laderas 67
1.1.2.1. Introducción 67
1.1.2.2. Antecedentes del Fenómeno 68
1.1.2.3. Metodología y Memoria de Cálculo 69
1.1.2.4. Fichas de Campo 73
1.1.2.5. Peligro 77
1.1.3. Subsidencia 90
1.1.3.1. Introducción 90
1.1.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 91
1.1.3.3. Antecedentes 92
1.1.3.4. Fichas de Campo 94
1.1.3.5. Peligro 95
1.1.4. Maremoto 98
1.1.4.1. Introducción 98
1.1.4.2. Antecedentes del Fenómeno 100
1.1.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo 102
1.1.4.4. Peligro 102
1.1.4.5. Vulnerabilidad 108
1.1.4.6. Riesgo 108
1.1.4.7. Propuestas de Reducción del Riesgo 111
1.1.5. Vulcanismo 115
1.1.5.1. Introducción 115
1.1.5.2. Antecedentes del Fenómeno 116
1.1.5.3. Metodología y Memoria de Cálculo 117
1.1.5.4. Peligro 118
1.1.5.5. Vulnerabilidad y Riesgo 135
1.1.5.6. Propuestas de Reducción del Riesgo 136
1.2. Fenómenos químico tecnológicos 142
1.2.1. Almacenamiento de sustancias peligrosas 142
1.2.1.1. Introducción 142
1.2.1.2. Antecedentes del Fenómeno 142
1.2.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo 142
1.2.1.4. Fichas de Campo 147
1.2.1.5. Peligro / Susceptibilidad 150
1.2.1.6. Vulnerabilidad 179
1.2.2. Transporte de sustancias peligrosas 181
1.2.2.1. Introducción 181
1.2.2.2. Fichas de Campo 188
1.2.2.3. Peligro 192
1.2.2.4. Riesgo 209
1.2.2.5. Propuestas de Reducción del Riesgo 215
1.2.3. Transporte por ductos 216
1.2.3.1. Introducción 216
1.2.3.2. Antecedentes del Fenómeno 217
1.2.3.3. Fichas de Campo 220
1.2.3.4. Peligro 225
1.2.3.5. Riesgo 228
1.2.3.6. Propuestas de Reducción del Riesgo 233
1.2.4. Incendios forestales 235
1.2.4.1. Introducción 235
1.2.4.2. Antecedentes del Fenómeno 235
1.2.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo 236
1.2.4.4. Peligro 236
1.2.4.5. Exposición 239
1.2.4.6. Riesgo 240
1.2.4.7. Propuestas de Reducción del Riesgo 248
1.3. Cambio climático 249
1.3.1.1. Metodología 266
1.3.1.2. Vulnerabilidad 278
1.3.1.3. Riesgo 291
1.3.1.4. Capacidad adaptativa 295
2. Bibliografía 297

1.1. Riesgos geológicos

Los fenómenos de origen geológico están asociados a las dinámicas vulcano-tectónicas y geomorfológicas del paisaje con relación a la ocupación del suelo actual, por ello, se analizarán las condicionantes físicas y su relación con los detonantes de procesos de alta liberación energética geofísica. Su identificación se acompañará de la estimación de periodos de retorno para los factores desencadenantes, así se definirán diversos escenarios que reflejan la cantidad de energía potencial liberada en cada uno de ellos.

1.1.1. Sismos

1.1.1.1. Introducción

El análisis del peligro sísmico es esencial para comprender y mitigar los riesgos asociados a los terremotos en la región de Jalisco. Este análisis considera una serie de características fundamentales de los sismos, incluyendo su magnitud, intensidad, profundidad del foco, ubicación del epicentro, frecuencia de ocurrencia y tipo de falla. La región de Jalisco, ubicada en el oeste de México, se caracteriza por su complejo entorno sismotectónico, influenciado por la interacción de cuatro placas tectónicas importantes: Pacífico, Rivera, Cocos y América del Norte.

Históricamente, Jalisco ha experimentado varios terremotos significativos que han dejado un impacto duradero en la región. Entre estos eventos se incluyen el terremoto de Jalisco en 1932, así como los sismos de Colima en 1995 y 2003. Estos eventos, junto con otros terremotos de subducción a lo largo de la Zona de Subducción Mexicana, han generado una conciencia sobre la vulnerabilidad sísmica de la región y la necesidad de estudios detallados de peligrosidad y riesgo sísmico.

La Zona de Subducción Mexicana, donde la Placa de Cocos se hunde debajo de la Placa de América del Norte, exhibe una variedad de tipos de falla, incluyendo fallas normales, inversas y deslizantes. Por otro lado, los sismos intraplaca, corticales, superficiales y locales en Jalisco, como los de Ixtapa, Tesistán y Tecalitlán, están asociados principalmente con fallas locales, que pueden ser tanto normales como inversas, dependiendo de la configuración tectónica específica de cada región.

Es crucial analizar tanto eventos de subducción como eventos locales, ya que la cercanía de estos últimos puede resultar en intensidades sísmicas significativas. Además, los eventos de subducción y los sismos locales contienen componentes de frecuencia distintos, lo que lleva a generar intensidades en zonas muy diferentes. Estas diferencias están relacionadas con los modos de vibrar del suelo y pueden influir en los patrones de daño observados durante un terremoto.

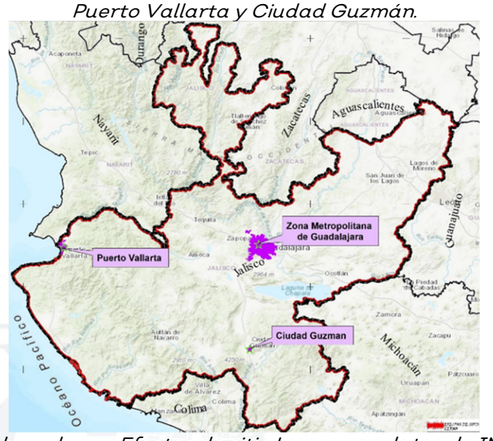
Para la elaboración de escenarios sísmicos y el análisis de peligro sísmico en Jalisco, se emplea un enfoque que utiliza sismos característicos representativos de los eventos críticos que han causado mayores aceleraciones en la región. Estos escenarios sísmicos se desarrollan a partir de registros sísmicos tomados dentro del área de estudio y se propagan mediante el uso de Funciones de Transferencia Empírica (FTE), que modelan la respuesta sísmica del suelo.

1.1.1.1.1. Objetivos

El objetivo principal de este estudio es evaluar el peligro sísmico en las tres ciudades principales del estado de Jalisco: Guadalajara y su zona metropolitana, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán (Imagen GEO-A-1). Para cumplir con este objetivo es necesario desarrollar los siguientes objetivos secundarios:

- Realizar la microzonificación sísmica de las tres ciudades principales del estado: Guadalajara y su zona metropolitana, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán. Esto se realizará por medio de mediciones de ruido sísmico para obtener el cociente espectral H/V y con información geológica y geotécnica del lugar.
- Evaluar el peligro sísmico y la vulnerabilidad física en cada una de estas tres ciudades mencionadas, utilizando acelerogramas sintéticos para sismos de diferentes fuentes sismogénicas, y generando espectros de respuesta para diferentes periodos estructurales y mapas de intensidad sísmica para cada uno de ellos; los cuales también serán correlacionados con curvas de igual periodo y zonas marcadas con número de pisos mayores a los 3 niveles.

Imagen GEO-A-01. Ubicación del estado de Jalisco y las ciudades de Guadalajara y su zona metropolitana, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán.



Fuente: Elaborado por Efectos de sitio Lermo con datos de INEGI, 2020.

1.1.1.1.2. Alcances

Este estudio analiza el efecto de sitio utilizando mapas con curvas de igual periodo y su amplificación relativa, solamente en las tres ciudades con mayor población dentro del estado de Jalisco: Guadalajara y su zona metropolitana, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán. Por otro lado, se tomarán en cuenta estudios de microzonificación sísmica anteriores para cada una de estas tres ciudades que utilizaron la misma técnica, con el objeto de mejorar las curvas de igual periodo y su amplificación relativa.

Con respecto al peligro sísmico y su relación con la vulnerabilidad física en cada una de estas tres ciudades, se simulará acelerogramas sintéticos para dos tipos de fuentes sísmicas en las que se tengan registros de aceleración cerca o dentro de la ciudad a estudiar y se estimará como medidas de intensidad sísmica a la ordenada del espectro lineal de seudoaceleraciones para un amortiguamiento del 5% del valor crítico, ya que dicha ordenada está asociada con diferentes valores del periodo de vibrar de las construcciones. Así mismo, utilizando la herramienta de GOOGLE EARTH, se intentará identificar y marcar las zonas donde se distribuyen edificaciones mayores a los 3 niveles de construcción, con el objeto de correlacionar las curvas de igual periodo, intensidades sísmicas y el número de pisos.

1.1.1.2. Antecedentes del Fenómeno

El análisis de antecedentes del fenómeno sísmico en la región de estudio es fundamental para comprender la sismicidad y su impacto en las áreas urbanas evaluadas. Este apartado se enfoca en describir la ubicación geográfica de las zonas de estudio, la tectónica regional que rige el comportamiento sísmico, y en revisar los trabajos previos que han contribuido al entendimiento de la sismicidad en la región.

Cada uno de los subtemas siguientes desarrollará en detalle los aspectos específicos de la sismicidad, la tectónica, y los estudios previos en la región, proporcionando un marco integral para entender el fenómeno sísmico en Jalisco y sus principales zonas urbanas. Este análisis es esencial para la planificación de estrategias de mitigación del riesgo sísmico y la protección de las comunidades urbanas en estas áreas vulnerables.

1.1.1.2.1. Ubicación de la Zona de Estudio

El estado de Jalisco se ubica en la parte occidental de México. Limita al norte con los estados de Zacatecas, Nayarit y Aguascalientes, al noreste con San Luis Potosí, al este con Guanajuato y al sureste con Michoacán y Colima. Al oeste y suroeste limita con el Océano Pacífico. El estado se ubica entre las latitudes 18.90° y 22.76° y las longitudes -101.50° y -105.7° (Imagen GEO-A-1).

Con 8,348,151 habitantes en 2020, es la tercera entidad federativa más poblada —por detrás del Estado de México y la Ciudad de México— y, con 78,588 km^2, la séptima más extensa, por detrás de Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango, Oaxaca y Tamaulipas (INEGI, 2020).

Guadalajara es la capital del estado y la ciudad más importante, ubicada en el denominado Valle de Atemajac. Su zona metropolitana la componen los municipios de Zapopan, Tlaquepaque, Tonalá, Tlajomulco, El Salto, Ixtlahuacán de los Membrillos, Zapotlanejo y Juanacatlán. Es la tercer mayor zona metropolitana del país, después de la Ciudad de México y Monterrey, con una población total de 5,270,000 habitantes (INEGI, 2020).

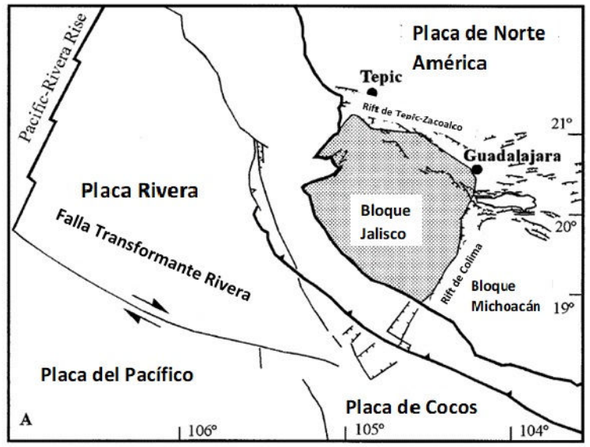
Puerto Vallarta se ubica en la costa del Océano Pacífico, en la denominada Bahía de Banderas. Es la segunda ciudad más poblada de Jalisco con 291,839 habitantes (INEGI, 2020). La ciudad limita al norte con el municipio Bahía de Banderas, que corresponde al estado de Nayarit.

Por último, Ciudad Guzmán es la cabecera del municipio Zapotlán el Grande y se ubica a 20 km al noreste del volcán Nevado de Colima. Es la tercer Ciudad Más poblada del estado con 111,975 habitantes (INEGI, 2020).

1.1.1.2.2. Tectónica Regional

El territorio del estado de Jalisco está ubicado dentro de la compleja configuración tectónica del oeste del territorio mexicano. En esta zona interactúan 4 placas tectónicas: la placa norteamericana, la placa de Rivera, la placa de Cocos y la placa del Pacífico (Imagen GEO-A-2). Dos hipótesis explican la compleja tectónica de la zona: 1) un rift activo inducido por la relocalización de la cadena de volcanes submarinos East Pacific Rise (Luhr *et al.*, 1985) o por la presencia de un punto caliente debajo del continente (Moore *et al.*, 1994) y, 2) un rift pasivo producido por el movimiento diferencial y oblicuo de la zona de subducción entre las placas de Rivera y Cocos (Ferrari *et al.*, 1994).

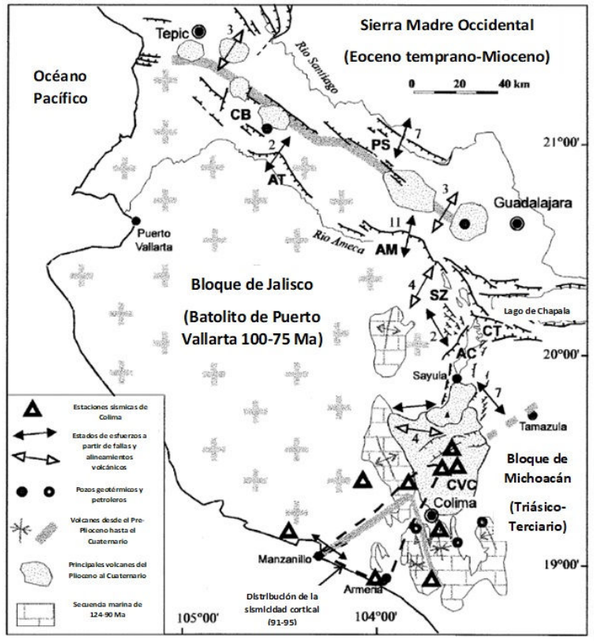
Imagen GEO-A-2 Configuración geodinámica del oeste de México.



Fuente: Rosas-Elguera, 1996.

En la parte continental del estado de Jalisco se localiza al norte la Sierra Madre Occidental (SMO), al este el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM), al oeste el Bloque de Jalisco (BJ) y al sureste el Bloque de Michoacán (Imagen GEO-A-3). Las fronteras continentales del Bloque de Jalisco son el rift de Tepic-Zacoalco (dirección NW-SE) y el rift de Colima (dirección NE-SW), debido a que la mayor parte de la deformación y vulcanismo del Plioceno-Cuaternario al oeste de México han ocurrido en estas estructuras (Rosas-Elguera *et al.*, 1996). La Ciudad de Guadalajara se ubica en la denominada triple unión en donde se unen el rift de Tepic-Zacoalco, el rift de Colima y el rift de Chapala (dirección E-W). Este último comienza en la región de Guadalajara y el Lago de Chapala y se dirige hacia el Cinturón Volcánico Mexicano. El rift de Tepic-Zacoalco es visto como una serie de cuencas ligadas por fallas laterales derechas, mientras que el rift de Colima es visto como un graben N-S. Ambos son estructuras antiguas que se reactivaron en el periodo Plioceno-Cuaternario debido al movimiento W-NW del Bloque de Jalisco. Ciudad Guzmán se ubica dentro del rift de Colima.

Imagen GEO-A-3 Tectónica y mapa de esfuerzos del Bloque de Jalisco y sus fronteras continentales.



Fuente Rosas-Elguera et al., 1996.

1.1.1.2.3. Estudios Previos en las Tres Ciudades Importantes

Además de la descripción tectónica, este apartado revisa los estudios previos realizados en las tres ciudades de interés. Dichos estudios han aportado datos cruciales para el análisis de la sismicidad local y regional, permitiendo una mejor comprensión de los patrones sísmicos y de la respuesta de las estructuras ante los movimientos sísmicos. Los trabajos previos incluyen investigaciones sobre la historia sísmica de la región, estudios de microzonificación sísmica, y análisis de la respuesta de suelos y edificaciones ante sismos.

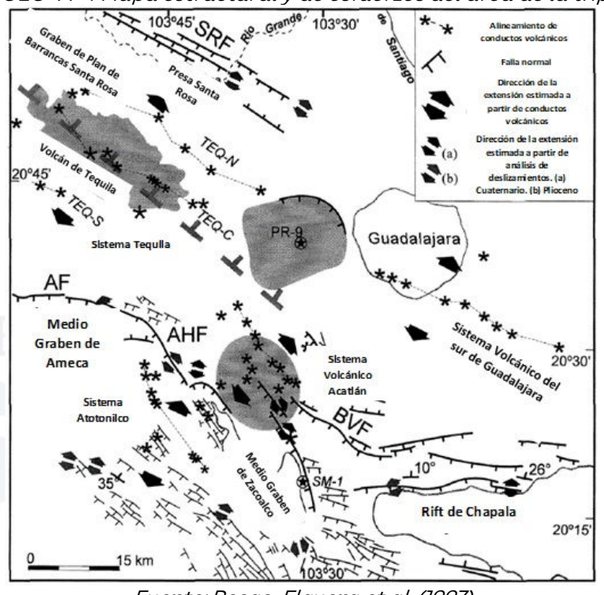
En particular, se revisarán los antecedentes sísmicos y los estudios de vulnerabilidad realizados en Guadalajara y su Zona Metropolitana, que es una de las áreas urbanas más grandes y densamente pobladas de México. También se analizarán los estudios efectuados en Puerto Vallarta, una ciudad costera con una alta concentración de infraestructura turística y residencial expuesta a riesgos sísmicos. Finalmente, se presentarán los antecedentes de sismicidad en Ciudad Guzmán, una ciudad con una configuración geológica y urbanística distinta, que ha sido afectada por eventos sísmicos locales y regionales

1.1.1.2.4. Guadalajara y su Zona Metropolitana

Guadalajara se ubica en el denominado punto triple en donde convergen tres estructuras geológicas principales: el rift de Tepic-Zacoalco, el rift de Colima y el rift de Chapala (Imagen GEO-A-4). Dentro de estos rifts existen otras estructuras más pequeñas cercanas a la ciudad. El graben Plan de Barrancas-Santa Rosa se ubica al noroeste de la ciudad y es una depresión estructural desarrollada a lo largo del límite entre la SMO y el BJ. Consiste en un amplio graben de 20 km formado por la falla Santa Rosa-Cinco Minas al norte y por el sistema de fallas Plan de Barrancas al sur (Rosas-Elguera *et al.*, 1997).

Los datos gravimétricos indican que el sistema de fallas Plan de Barrancas puede continuar hacia el sureste debajo del volcán de Tequila hasta el límite sur de la caldera de La Primavera (al oeste de la ciudad de Guadalajara). La expresión superficial de este sistema de fallas es un alineamiento de vetas en el área de Tequila. Se indica una reactivación de la falla Plan de Barrancas en el Cuaternario por un sistema de fallas normales que cortan flujos y, domos riolíticos y dacíticos entre el poblado de Magdalena y el volcán de Tequila (Rosas-Elguera *et al.*, 1997).

Imagen GEO-A-4 Mapa estructural y de esfuerzos del área de la triple unión.



Fuente: Rosas-Elguera et al. (1997).

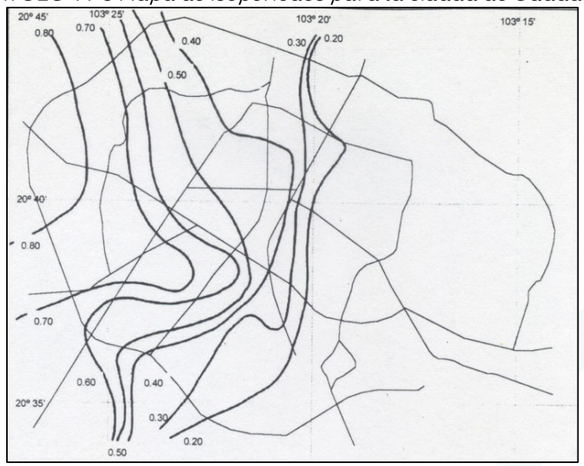
Al sur de la ciudad se ubican otras estructuras tectónicas importantes: el semi-graben de Ameca (al suroeste) y el semi-graben de Zacoalco. Estas dos estructuras son parte de un cinturón de depresiones tectónicas denominadas los semi-grabens del sur del rift Tepic-Zacoalco (Rosas-Elguera *et al.*, 1997).

El vulcanismo de origen cuaternario está controlado fuertemente por la tectónica. Dos estructuras ilustran esta situación: el campo volcánico de Acatlán y los alineamientos volcánicos. Dentro de los alineamientos volcánicos se encuentran el volcán de Tequila, la cadena de volcanes al sur de Guadalajara, el volcán Acatlán y el volcán Atotonilco. La caldera de La Primavera, ubicada al oeste de Guadalajara, separa los alineamientos del volcán de Tequila y de la cadena volcánica del sur de Guadalajara (Rosas-Elguera *et al.*, 1997).

En Guadalajara y su zona metropolitana se han llevado a cabo varios estudios con el objetivo de determinar las características geotécnicas y sísmicas del suelo. Ramírez-Centeno *et al.* (1997) realizaron un mapa de isoperiodos en la Zona Metropolitana de Guadalajara. La información para construir el mapa se obtuvo de 60 estudios geotécnicos, del registro de ruido sísmico en 64 sitios, y

de información geológica y topográfica. Los periodos encontrados van de 0.2 a 0.8 s, con una clara tendencia de aumento del periodo hacia el noroeste de la zona de estudio (Imagen GEO-A-5).

Imagen GEO-A-5 Mapa de isoperiodos para la ciudad de Guadalajara.



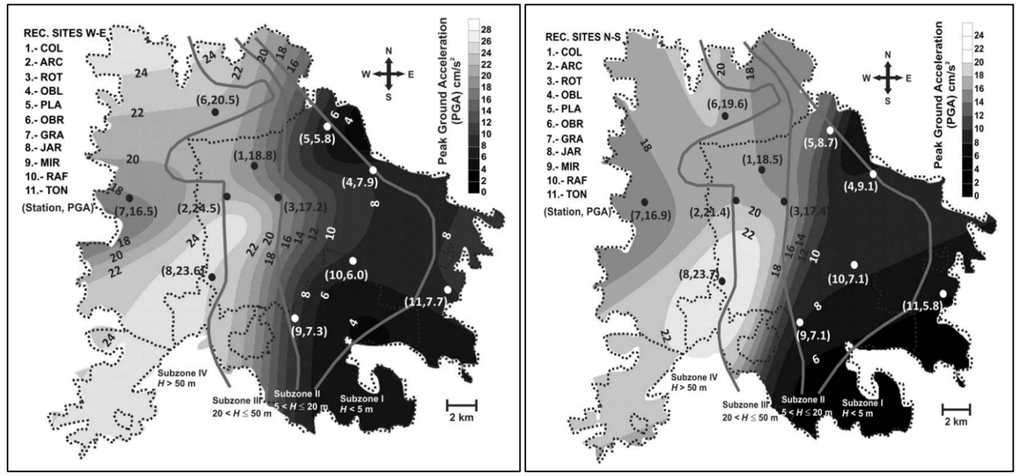
Fuente: Ramírez-Centeno et al. (1999).

Chávez (1999) realiza una zonificación geotécnica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Esta zonificación se realizó con base en el espesor de los suelos (H), la ciudad se divide en cuatro zonas: I con H≤5m, II con 5<H≤30m, III con 30<H≤50,m y IV con H>50m. Los depósitos corresponden a suelos medianamente compresibles del Valle de Atemajac. Estos suelos corresponden a depósitos de arenas y gravas de granulometría muy variada y en los estratos de arenas se observan porcentajes de limos, arcillas arenosas y limo-arenoso. El lecho rocoso se ha localizado a profundidades entre 0 y 100 m de profundidad.

La imagen GEO-A-6, muestra esta zonificación geotécnica como base de dos mapas de intensidad sísmica para el suelo (PGA), para las dos componentes horizontales en 11 estaciones acelerográficas que registraron el terremoto del 9 de octubre de 1995 Mw8.0. Estos dos mapas fueron realizados por Chávez *et al.* (2014), quienes analizaron el riesgo sísmico del evento de 1985 Mw8.0 y muestran que estos generarían importantes efectos de sitio en los suelos de la ciudad con espesores H>20 m. La aceleración máxima del suelo (PGA) esperada es de 2 a 27cm/s^2, comparando los resultados obtenidos usando la técnica H/V y la técnica espectral estándar (SSR).

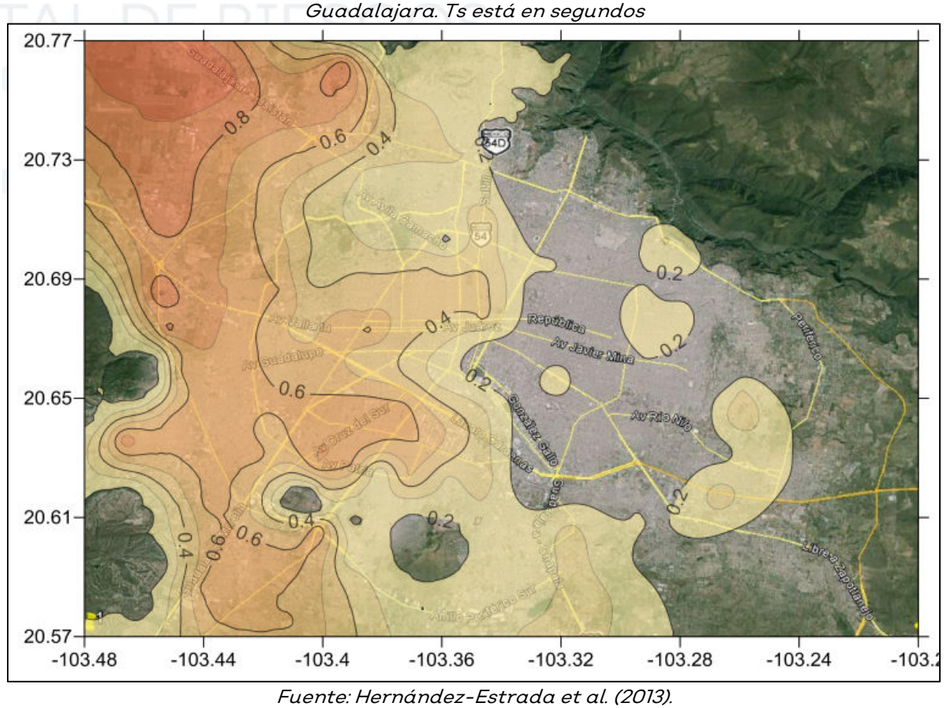
Finalmente, Hernández-Estrada et al. (2013), trabaja una revisión de dos estudios de microzonificación sísmica en la ciudad de Guadalajara y Zona Metropolitana (Chávez et al., 1999 y 2014; Ramírez-Centeno y Del Campo 1999), la cual está formada principalmente por los municipios de Guadalajara, Tonalá, Tlaquepaque, Zapopan, El Salto, entre otros. Las investigaciones relacionadas con efectos de sitio que se han desarrollado han permitido identificar diferentes zonas, con base en la información de geotecnia, registros de microtrémores y registros de movimiento fuerte del terreno. En la imagen GEO-A-7, se muestra esta revisión, donde se puede apreciar que los periodos aumentan hacia el norte-oeste (NW) y el valor del periodo dominante es siempre menor que 1s para todos los suelos. Los resultados obtenidos aquí concuerdan con los presentados por estudios anteriores.

Imagen GEO-A-6. Patrón de PGA estimado en dirección W-E y NS para Guadalajara para el terremoto del 9 de octubre de 1995 Mw 8.



Fuente: Chávez et al. (2014).

Imagen GEO-A-7. Curvas de periodo dominante del suelo (Ts) para un área de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Ts está en segundos



Fuente: Hernández-Estrada et al. (2013).

1.1.1.2.5. Puerto Vallarta

Puerto Vallarta está localizado en el margen del Pacífico, en la amplia costera tectónicamente activa denominada Bahía de Banderas. Esta es la extensión del rift del río Ameca, el cual se ha propuesto como la frontera noroeste del Bloque de Jalisco (Mortera-Gutiérrez *et al.*, 2016).

Debido a su ubicación geográfica, el municipio de Puerto Vallarta ha sido afectado por sismos que provienen de diferentes fuentes sísmicas. De acuerdo con el Manuel de Diseño de Obras Civiles (MDOC) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en el capítulo C.1.3: Diseño por Sismo (MDOC, 2015), el municipio de Puerto Vallarta se encuentra en la zona D de la regionalización sísmica del país. Esta zona se caracteriza por una intensidad sísmica muy alta y aceleración máxima en roca correspondiente al nivel de referencia mayor o igual a los 200 cm/s^2.

En el Atlas de Riesgos vigente (SEDATU, 2014) se propone una zonificación basada en un mapa de periodo dominante, pero que incluye información geofísica y de sondeos geotécnicos. El municipio se divide en tres zonas como se muestra en la siguiente tabla GEO-A-1. La zona de la costa se clasifica como zona C ya que presenta periodos dominantes más grandes, mientras que la zona de montañas se clasifica como zona A debido a que el periodo dominante es menor y el terreno es más firme.

Tabla GEO-A-1. Zonificación del municipio de Puerto Vallarta basada en el periodo dominante del suelo.

Zona	Características	Periodo dominante, T_s (s)
A	Firme	< 0.4
B	Intermedio	0.4-0.8
C	Blando	> 0.8

Fuente: SEDATU, 2014.

En el Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta y sus Normas Técnicas Complementarias (GMPV, 2018), en las Normas Técnicas Complementarias para Diseño y Construcción de Cimentaciones para Puerto Vallarta, Jalisco se muestra también una zonificación del municipio. En esta zonificación también se divide la ciudad en tres zonas con respecto al tipo de suelo (Imagen GEO-A-8). La zona de montañas se clasifica como Zona I, que se caracteriza por un suelo firme. La zona intermedia entre las montañas y la costa se clasifica como Zona II en donde existen depósitos aluviales. Por último, la Zona III es el área de la costa y se caracteriza por suelos blandos (Tabla GEO-A-2).

Tabla GEO-A-2. Zonificación presente en el Reglamento de Construcciones del municipio de Puerto Vallarta.

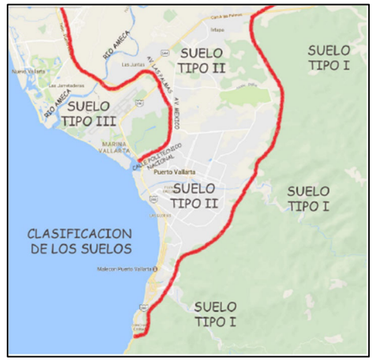
Zona	Tipo	Características
I	Firme	Zona de Montaña
II	Transición	Zona de Aluvión
III	Blando	Zona de Estero y Marina Vallarta

Fuente: GMPV, 2018.

En varios artículos se han propuesto zonificaciones con base en estudios detallados del suelo. Escudero *et al.* (2022) realizaron una evaluación de la vulnerabilidad sísmica en la ciudad de Puerto Vallarta, Jalisco. El estudio se realizó analizando las características geotécnicas del suelo y estructurales de las construcciones. Se estimó la velocidad de onda de corte mediante la técnica MASW y el periodo dominante del suelo con el cociente H/V en 52 sitios. Además, se utilizó el ensayo de penetración estándar (SPT, por sus siglas en inglés) para determinar parámetros geotécnicos.

Escudero *et al.* (2022) determinaron la velocidad promedio de los primeros 30 m de suelo (V_{S30}) por medio de los perfiles de velocidad obtenidos mediante la técnica MASW. Este parámetro permite clasificar los tipos de suelo de acuerdo con el Programa Nacional de Reducción de Riesgos de Terremotos (NEHRP, Imagen GEO-A-9). Para Puerto Vallarta se definió que existen tres tipos de suelo: C, D y E.

Imagen GEO-A-8. Zonificación del municipio de Puerto Vallarta propuesta en el Reglamento de Construcciones



Fuente: Gaceta Municipal Puerto Vallarta (GMPV). (2018).

Imagen GEO-A-9. Clasificación del tipo de suelo de acuerdo con el parámetro VS30 de acuerdo con NEHRP

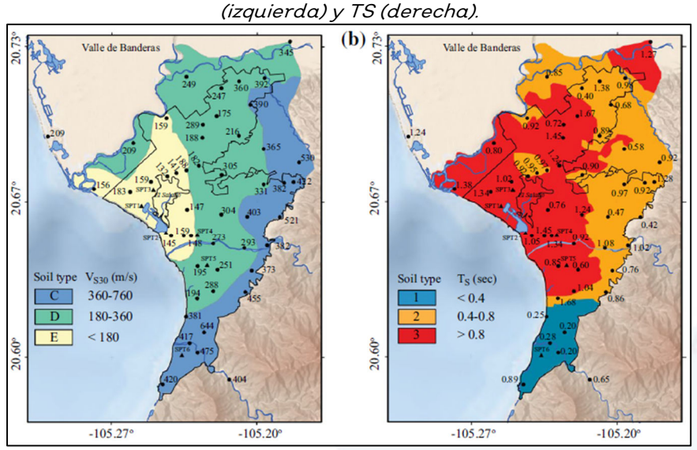
NEHRP (BSSC 2003)			Bray and Rodríguez-Marek (1997)		
Soil type	General description	V_{s30} (m/s)	Soil subtype	F_S (Hz)	T_S (sec)
A	Hard rock	> 1500	–	≥ 10	≥ 0.1
B	Rock	760–500	–	≥ 5.0	≥ 0.2
C	Very dense soil and soft rock	360–760	Weathered/soft rock (6–30 m)	≥ 2.5	≥ 0.4
			Shallow stiff soil (6–30 m)	≥ 2.0	≥ 0.5
			Intermediate stiff soil (30–60 m)	≥ 1.25	≥ 0.8
D	Stiff soil $15 < SPT_N < 50$ $50 > 100$ kPa	180–360	Deep stiff soil (60–200 m)	≥ 0.7	≥ 1.4
			Very deep stiff soil (60–200 m)	≥ 0.5	≥ 0.5
E	Soil with more than 3 m of soft clay PI > 20, w > 40%, and Su < kPa	< 180	Medium depth soft clay (3–12 m)	≥ 1.4	≥ 2.0
			Deep soft clay (3–12 m)	≥ 0.7	≥ 1.4
F	Soils requiring site-specific evaluations			≈ 1.0	≈ 1.0

Fuente: Escudero et al., 2022.

Escudero *et al.* (2022) zonifican el municipio de Puerto Vallarta de acuerdo con los parámetros V_{S30} y T_S. Con respecto a la zonificación con el parámetro V_{S30}, al este y al sur de la ciudad se encuentra un tipo de suelo C, que cambia hacia el oeste a un tipo de suelo D y llega a un tipo de suelo E en la zona de Marina (Imagen GEO-A-10). Con respecto a la zonificación con el parámetro T_S, los valores menores a 0.4 s se ubican al sur de la ciudad, valores entre 0.4 y 0.8 s al este y valores menores hacia el oeste (Imagen GEO-A-10). Las dos zonificaciones son consistentes con respecto a la variación del parámetro utilizado.

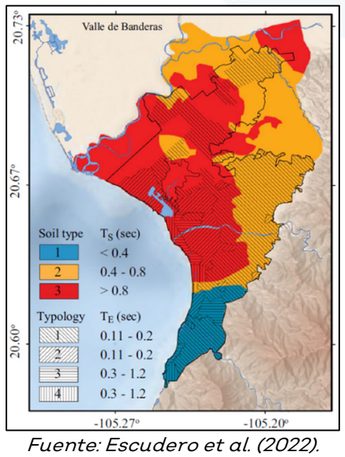
Además, Escudero et al. (2022) consideraron el periodo fundamental de 4 tipos de estructuras que se presentan frecuentemente en Puerto Vallarta; tipología 1 y 2 (valores de TE de 0,1 y 0,2 s) con superposición de suelo tipo 1 (valores TS inferiores a 0,2 s), tipología, 3 y 4 zonas (valores de TE entre 0,3 y 1,2 s) principalmente superpone suelo tipo 3 (valores de TS mayores a 0,8 s)
Ellos comparan el periodo fundamental de la estructura (T_E) con los mapas de V_{S30} y T_S, para identificar zonas vulnerables a sufrir un efecto de resonancia entre el suelo y la estructura. Identifican dos zonas vulnerables a los efectos de doble resonancia: la primera, al sur donde el periodo de la estructura y el suelo son menores a 0.2 s y, la segunda, a lo largo de la costa en donde construcciones con periodos entre 0.3 y 1.2 s se ubican en zonas con periodos de suelo mayores a 0.8 s (Imagen GEO-A-11).

Imagen GEO-A-1.0 Clasificaciones del suelo en el municipio de Puerto Vallarta utilizando el parámetro VS30 (izquierda) y TS (derecha).



Fuente: Escudero et al. (2022).

Imagen GEO-A-1.1 Mapa de periodo dominante y tipología de construcciones dominante para el municipio de Puerto Vallarta.

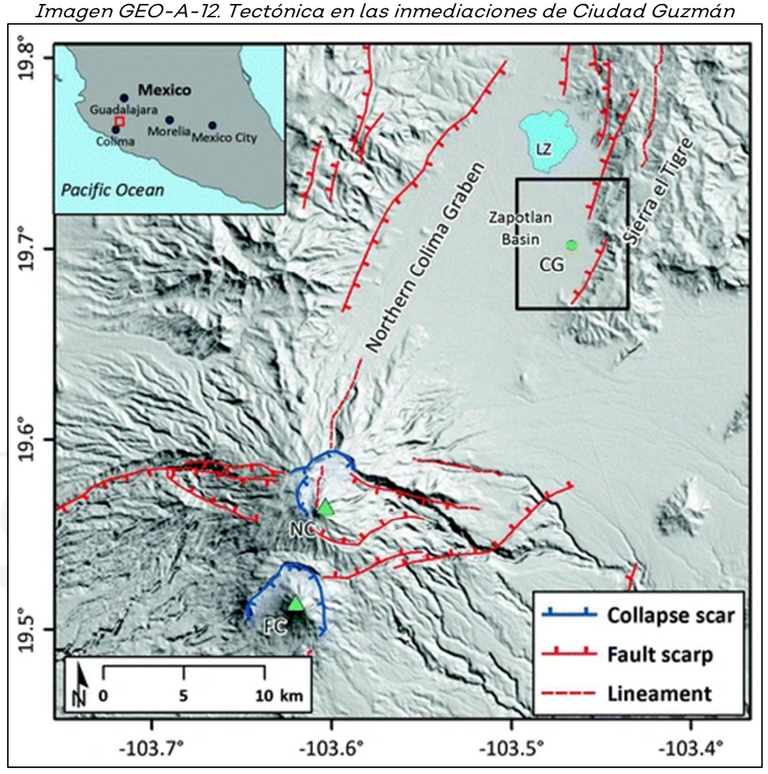


Fuente: Escudero et al. (2022).

1.1.1.2.6. Ciudad Guzmán

Tectónicamente, Ciudad Guzmán se ubica en la parte norte del rift de Colima, dentro del valle de Zapotlán. La estructura geológica es un graben, cuyo límite oriental es la Sierra el Tigre. En este límite se ubican fallas con dirección N-S de tipo normal (Norini *et al.,* 2010). Al suroeste la ciudad limita con los sistemas estructurales del volcán Nevado de Colima, en donde predominan fallas de tipo normal con dirección E-W (Imagen GEO-A-12).

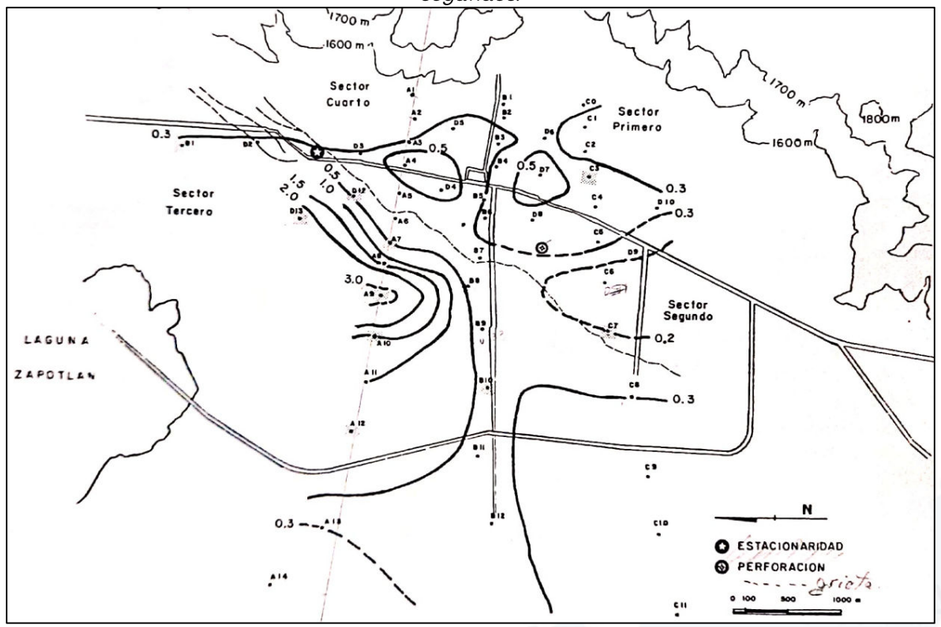
Imagen GEO-A-12. Tectónica en las inmediaciones de Ciudad Guzmán



Fuente: Brunori et al., 2014.

A diferencia de Guadalajara y Puerto Vallarta, en Ciudad Guzmán se cuenta con escasa información geotécnica y sísmica. Lermo at al. (1989) realizaron un estudio en Ciudad Guzmán para determinar el periodo dominante del suelo por medio de mediciones de ruido sísmico en 52 sitios (Imagen GEO-A-13).

Imagen GEO-A-13. Curvas de periodo dominante del suelo para un área de Ciudad Guzmán, Jal. Ts está en segundos.



Fuente: Lermo et al., 1989.

En este estudio se dividió a la ciudad en dos zonas: La zona cercana a la laguna Zapotlán tiene periodos entre 0.5 y 3.0 s, y la zona sobre las faldas de la Sierra El Tigre, donde se encontraron periodos de 0.1 a 0.5 s. Precisamente, estas dos zonas se dividen por la aparición de un sistema de agrietamientos, después del terremoto de 19 de septiembre de 1985 (Mw8.1), donde también se pudo observar un fracturamiento de la red de agua potable y daños en viviendas de adobe.

1.1.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo

1.1.1.3.1. Evaluación del Efecto de Sitio Mediante el cociente Espectral H/V

El método del cociente espectral H/V, también llamado la técnica de Nakamura o HVSR, fue introducido por Nogoshi e Igarashi en 1971 basado en los estudios iniciales de Kanai y Tanaka en 1961. Este método presenta un alto atractivo para la caracterización de la respuesta de sitio, tanto por su sencillez de operación y su bajo costo como por la rapidez con que permite obtener resultados (SESAME, 2004, Site Effect Sassessment using Ambient Excitations). El cociente espectral H/V nos permite conocer la frecuencia (o su inverso, el periodo) de vibración del suelo en el sitio en donde se realiza la medición de ruido sísmico ambiental.

En los trabajos de Lermo y Chávez-García (1993 y 1994), en los cuales compararon el cociente espectral estándar que utiliza registros de sismos (SSR) con el cociente espectral utilizando registros de microtremores, se concluyó que el cociente espectral utilizando microtremores determina de forma precisa el periodo dominante (To) de sedimentos sujetos a amplificación dinámica en un intervalo de frecuencias entre 0.2 y 10 Hz, además de estimar de forma preliminar la amplificación.

Por otra parte, Bard (1999) concluye, después de realizar una extensa revisión de las investigaciones sobre el ruido sísmico ambiental, que los resultados experimentales prueban que el cociente espectral H/V indica de manera precisa la frecuencia fundamental de los suelos blandos.

En este trabajo se supone que el ruido es un campo difuso que contiene todo tipo de ondas elásticas. Esto provee una visión física profunda y explica el éxito de una de las técnicas más usadas hoy en día. Implícita en esta suposición, está la conexión entre un campo difuso y la función de Green, que implica la proporcionalidad entre la densidad de energía direccional (DED) promedio de un campo difuso y la parte imaginaria de la función de Green en la fuente. Por lo tanto, se expresa el cociente H/V como la raíz cuadrada de las correspondientes partes imaginarias de los componentes del tensor de Green (Sánchez-Sesma et al., 2011).

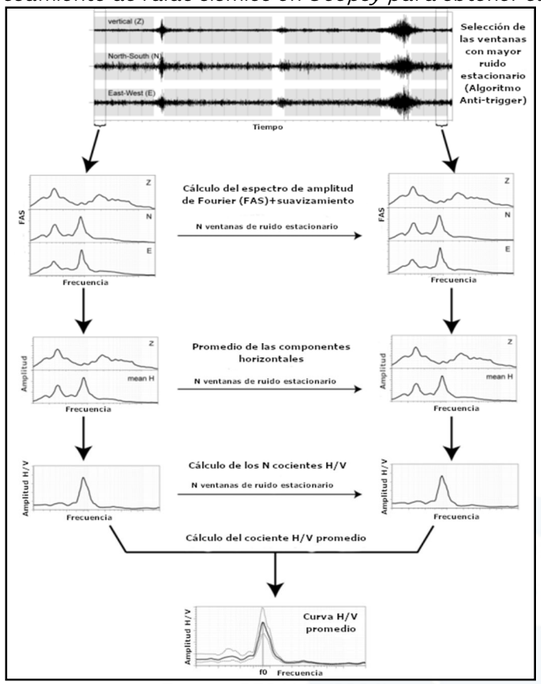
$$NHVSR(\omega) = \sqrt{\frac{Im[G_{11}(\bar{x},\bar{x};\omega)] + Im[G_{22}(\bar{x},\bar{x};\omega)]}{Im[G_{33}(\bar{x},\bar{x};\omega)]}}$$

Esta ecuación relaciona las mediciones promedio expresadas en la parte izquierda con una propiedad intrínseca del medio del lado derecho, y naturalmente permite la inversión del cociente H/V.

1.1.1.3.2. Procesamiento para obtener el cociente espectral H/V

El procesamiento de las señales de ruido sísmico para obtener el cociente espectral H/V se realizó con el software Geopsy, desarrollado por el proyecto SESAME (2004). El proceso para obtener el cociente espectral H/V se describe en el diagrama de la imagen GEO-A-14. Primero, se seleccionan N ventanas de ruido estacionario, eliminando mediante un algoritmo “anti-trigger” el ruido transitorio producido por fuentes muy cercanas. Para cada ventana de ruido estacionario seleccionada se calcula el espectro de amplitud de Fourier y se realiza un suavizamiento. Este procedimiento se realiza para las tres componentes. Posteriormente, se promedian las componentes horizontales N y E para cada ventana. Con el espectro de amplitud de Fourier de la componente vertical (V) y del promedio de las componentes horizontales (H) se realiza el cociente espectral H/V para cada ventana. Por último, se calcula el promedio del cociente H/V. En la imagen GEO-A-15, se muestra un ejemplo de este resultado, para un punto.

Imagen GEO-A-14. Procesamiento de ruido sísmico en Geopsy para obtener el cociente espectral H/V.



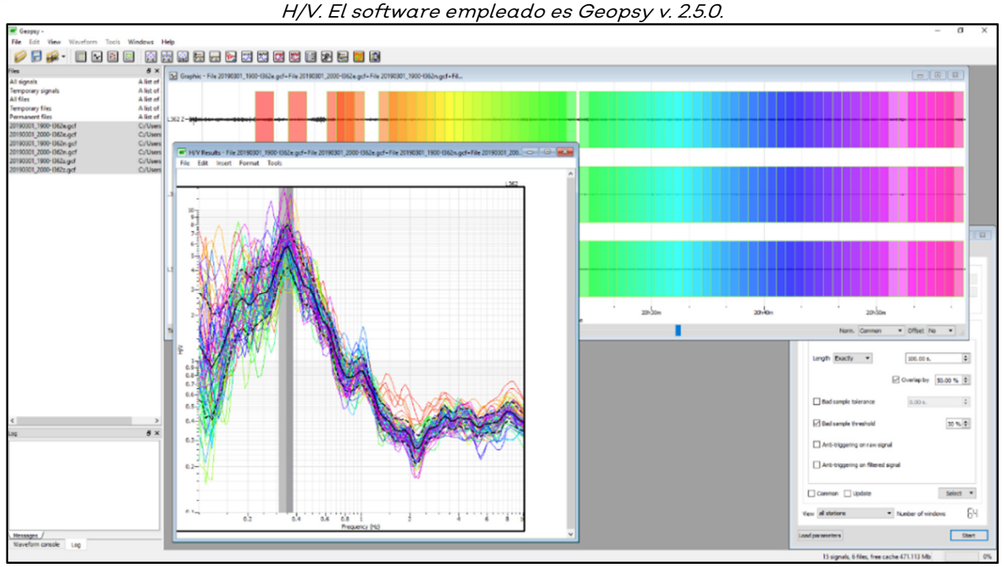
Fuente: SESAME (2004)

Para el procesamiento de las señales de ruido sísmico se utilizaron los siguientes parámetros: ventanas de 200 s, se utilizó un traslape entre ventanas de 50 % y para el cálculo del promedio de las componentes horizontales se utilizó la ecuación.

$$H(f) = \sqrt{\frac{N^2(f) + E^2(f)}{2}}$$

Para identificar el periodo dominante del suelo y la amplificación relativa mediante el cociente espectral H/V se toma en cuenta el pico de mayor amplitud de la curva. Que en muchos casos no es el modo fundamental de ese lugar, ya que esto depende de la duración del registro y del sismógrafo que se esté utilizando (se recomienda usar sismógrafos digitales de tres componentes de banda ancha, como los utilizados en este trabajo).

Imagen GEO-A-15. Ejemplo de procesamiento de la señal de ruido sísmico para obtener el cociente espectral H/V. El software empleado es Geopsy v. 2.5.0.



Fuente SESAME, 2004.

1.1.1.3.3. Medición de ruido sísmico y determinación de familias espectrales del suelo en Guadalajara y zona metropolitana

Para realizar las mediciones de ruido sísmico ambiental o microtremores, el proyecto de investigación europeo SESAME ha publicado una serie de recomendaciones prácticas, basadas en una investigación detallada, para realizar las mediciones en campo, las cuales se han seguido en el presente proyecto. Entre las más importantes se encuentran las siguientes: para observar una frecuencia de vibración del suelo de 0.2 Hz es necesario un tiempo de registro de 60 minutos como mínimo, colocar el sensor directamente en el suelo y una frecuencia de muestreo de 50 Hz es suficiente.

El equipo empleado para medir el ruido sísmico ambiental fue un sismógrafo digital triaxial, de banda ancha y alta resolución, ideal para este tipo de mediciones por su practicidad, peso y dimensiones. Este sismógrafo tiene un periodo natural de 30 s y una respuesta en frecuencia de 0.03 a 100 Hz, que abarca el rango de interés de un estudio de ingeniería sísmica (0.1 a 20 Hz). Una vez localizado el punto en donde se requiere medir el ruido sísmico ambiental, la instalación del sensor se realiza de forma rápida mediante 3 pasos: orientar el sensor hacia el norte geográfico, nivelar el sensor y, por último, conectar el equipo a una batería y revisar mediante una computadora que la señal se registre de forma adecuada. En la siguiente imagen GEO-A-16, se pueden observar cuatro sitios dentro de la ciudad de Guadalajara, donde se muestra el equipo y su instalación y toma de datos.

Imagen GEO-A-16. Equipo empleado para la medición de ruido sísmico.



Fuente: Efectos de Sitio Lermo, 2023.

En la ciudad de Guadalajara y la zona metropolitana, que incluye los municipios de Zapopan, Tlaquepaque y Tonalá, se realizaron 96 mediciones de ruido sísmico para obtener el periodo dominante por medio del cociente espectral H/V. Las mediciones se realizaron como complemento de los datos obtenidos por Ramírez-Centeno *et al.* (1997), en cuyo estudio se obtuvo el periodo dominante en 134 sitios, dentro del municipio de Guadalajara (ver Imagen GEO-A-5). Por lo tanto, 78 mediciones de ruido se realizaron en la zona metropolitana de la ciudad, mientras que, en el poblado de Tesistán, ubicado al noroeste de la ciudad, se realizaron 18 mediciones de ruido sísmico con el mismo objetivo (Mapa GEO-A-28).

De las 78 mediciones de ruido sísmico en la zona metropolitana de Guadalajara, sólo se registraron señales de ruido confiables en 55 sitios y de las 18 mediciones realizadas en Tesistán sólo 11 mediciones de ruido son confiables. Al momento de registrar el ruido sísmico diversos factores como el clima (lluvia principalmente), maquinaria funcionando cerca de la zona de medición, etc., ocasionaron que las señales en las 3 componentes registraran ruido transitorio. Por lo tanto, en tales sitios no se obtuvo un cociente espectral H/V confiable.

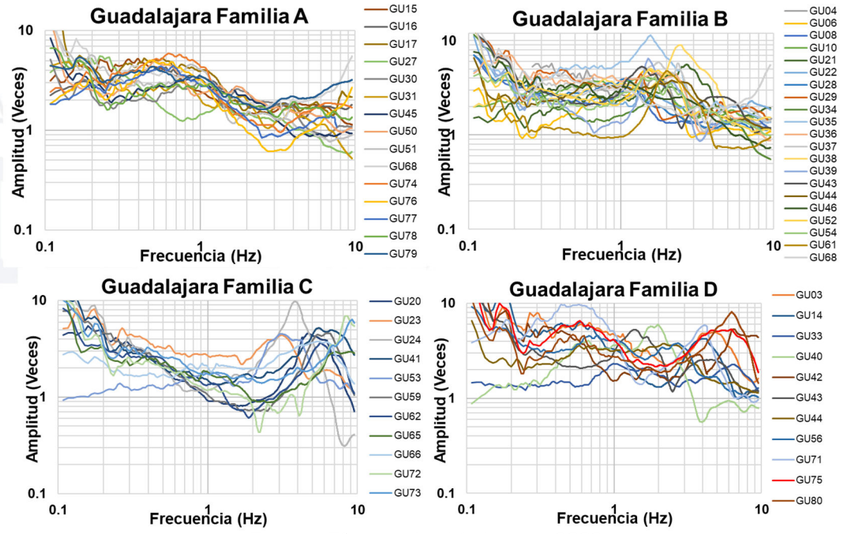
En el mapa GEO-A-28, se muestran en forma espacial estos 66 sitios con mediciones de ruido sísmico confiables en la zona metropolitana de Guadalajara y Tesistán con puntos oscuros, mientras que las obtenidas directamente del trabajo de Ramírez-Centeno *et al.* (1997) con cruces oscuras. La mapa GEO-A-28, que tiene como base el mapa geológico de estas zonas conurbadas, se caracteriza por el vulcanismo explosivo generadas en la Sierra de la Primavera, cuando dio origen a la caldera del mismo nombre, se produjo una erupción pliniana acompañada de nubes ardientes que dio lugar a la formación de una ignimbrita distribuida en casi toda la zona conurbada de Guadalajara (zona de color café claro, mapa GEO-A-28), que al depositarse y enfriarse estos flujos constituyeron las rocas que se conocen como la Toba Tala (Gutiérrez Negrín, 1991) y una pómez de caída. Estos piroclastos sepultaron una potente secuencia de rocas volcánicas formadas por derrames de basalto, dacitas y riolitas, así como depósitos aluviales y lacustres.

Para determinar el periodo dominante del suelo se agruparon los cocientes espectrales H/V en 4 familias espectrales. A continuación, se describen las características de cada una de las familias, así como en la imagen GEO-A-17 se muestran estas funciones de transferencia empíricas con líneas de diferente color.

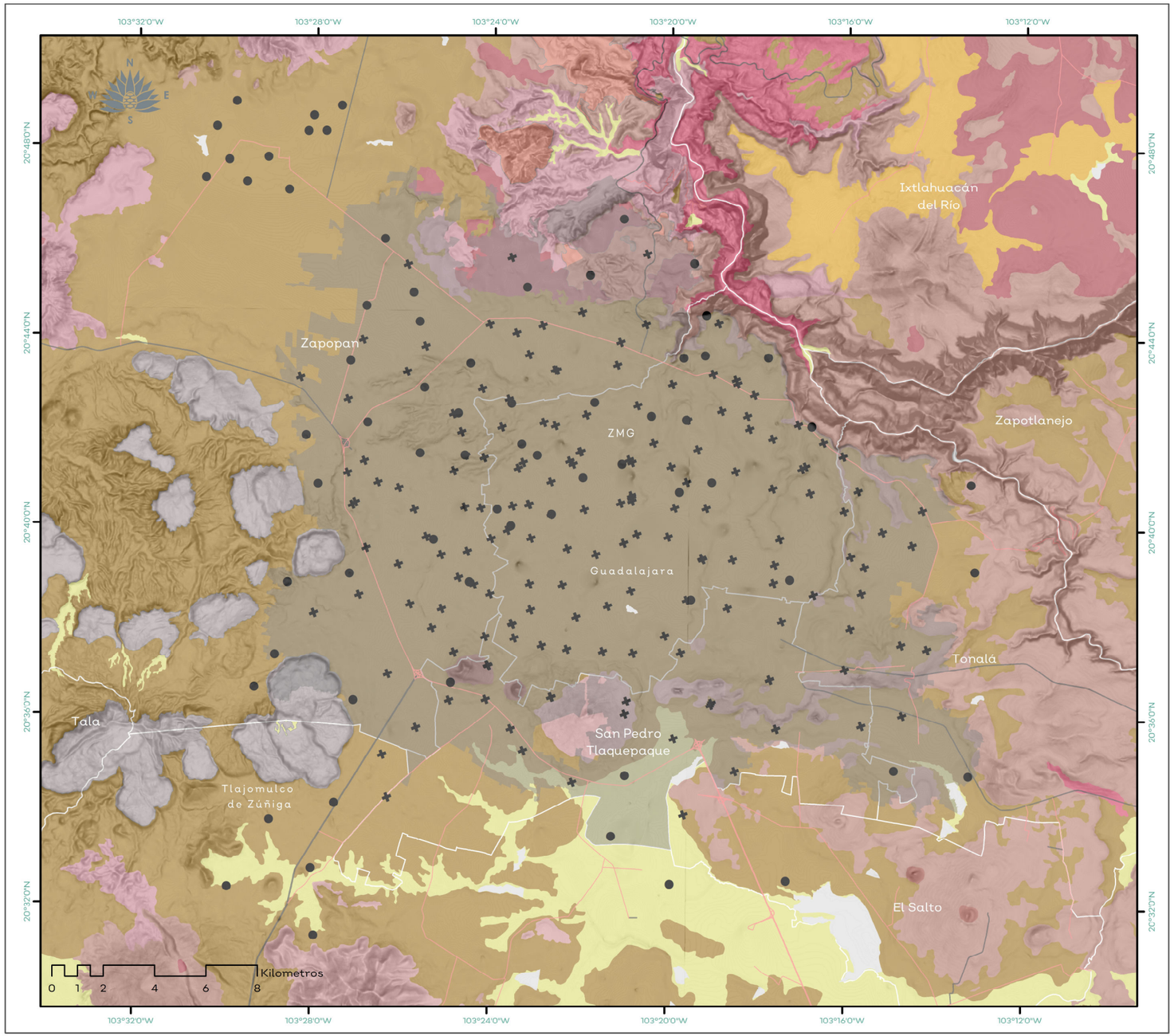
- Familia A. La respuesta de la curva H/V se presenta a bajas frecuencias, menores a 1.0 Hz. Para esta familia se identificó la frecuencia dominante como la de mayor amplitud, descartando los picos a frecuencias menores de 0.3 Hz. 15 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia B. La respuesta de la curva H/V se presenta entre 1.0 y 3.0 Hz. En este rango de frecuencias se identificó la frecuencia dominante de mayor amplitud para esta familia. 25 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia C. La respuesta de la curva H/V se presenta a frecuencias altas, mayores a 3.0 Hz. Para esta familia la frecuencia dominante es la de mayor amplitud entre 3.0 y 10 Hz. 11 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia D. La respuesta de la curva H/V se presenta tanto a bajas como a altas frecuencias con amplitudes variables. En esta familia es más difícil identificar la frecuencia dominante debido a los dos efectos. Debido a la ubicación de los sitios de la familia D, más cercanos espacialmente a la familia A, se decidió tomar la frecuencia dominante a bajas frecuencias, entre 0.3 y 1.0 Hz. 15 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.

En el mapa GEO-A-29, se muestra la distribución espacial de estas 4 familias espectrales que presentan diferencias en sus picos máximos. Por ejemplo, la familia A, que presenta frecuencias dominantes entre 0.5 a 1.0 Hz, se distribuye en los limites de la zona conurbada, como por ejemplo cerca de Rio Santiago, o en las faldas de las estructuras que forman la Caldera de la Primavera. Mientras que las otras dos familias (B y C) se distribuyen dentro de la ciudad, con un aumento de puntos de la familia B hacia el poniente de la ciudad, mientras que la familia C, este aumento es hacia el oriente de la ciudad, donde el espesor de la gran explosión pliniana fue menor. Finalmente, la familia D, la podemos encontrar tanto en la periferia de la ciudad, como dentro de ella, ya que estas FTE, tienen el efecto de sitio tanto hacia bajas frecuencias, como en altas; por lo tanto, su interpretación va a depender de los puntos cercano a este.

Imagen GEO-A-17 Familias de cocientes espectrales para Guadalajara y su zona metropolitana.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo Sísmico
Mediciones Ruido Sísmico y Litología
GEO - A - 28

Leyenda Temática

- Puntos de Medición Antecedentes
- Puntos de Medición Actuales

Litología

Aluvial	Basalto	Residual
Arenisca	Brecha volcánica	Riolita
Toba	Extrusiva básica	Vítrea
Andesita	Extrusiva ácida	

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



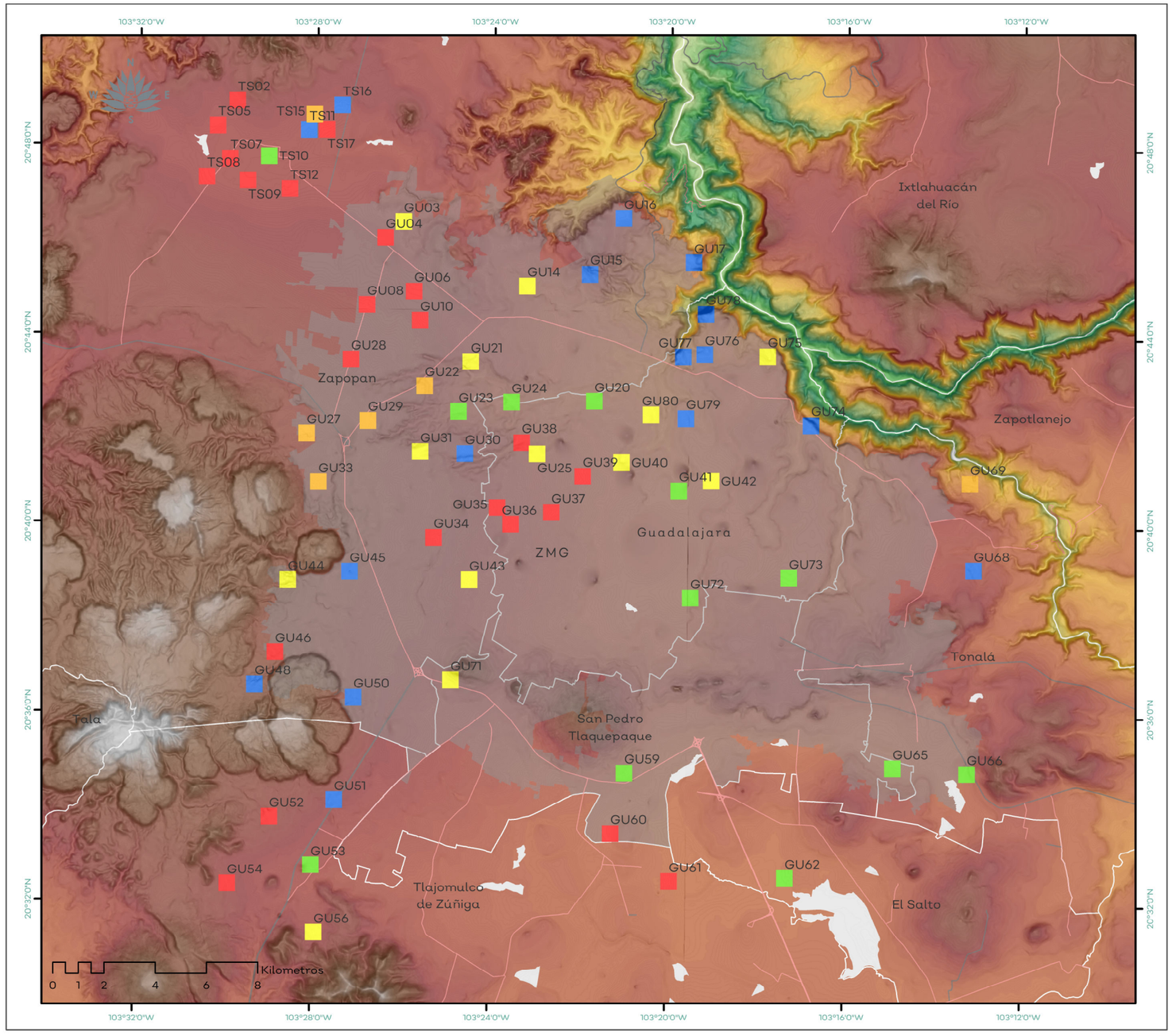
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo Sísmico
Familas Espectrales
GEO - A - 29

Leyenda Temática

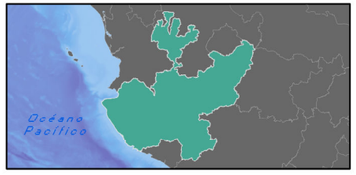
Familias

- Familia A
- Familia B
- Familia C
- Familia D
- Familia E

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INFGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.3.4. Medición de ruido sísmico y determinación de familias espectrales del suelo en Puerto Vallarta

Nuevamente, en esta ciudad se utilizó el sismógrafo digital triaxial, de banda ancha y alta resolución, ideal para este tipo de mediciones por su practicidad, peso y dimensiones. Este sismógrafo tiene un periodo natural de 30s y una respuesta en frecuencia de 0.03 a 100 Hz, que abarca el rango de interés de un estudio de ingeniería sísmica (0.1 a 20 Hz). Una vez localizado el punto en donde se requiere medir el ruido sísmico ambiental, la instalación del sensor se realiza de forma rápida mediante 3 pasos: orientar el sensor hacia el norte geográfico, nivelar el sensor y, por último, conectar el equipo a una batería y revisar mediante una computadora que la señal se registre de forma adecuada. En la siguiente Imagen GEO-A-19, se pueden observar cuatro sitios dentro de la ciudad de Puerto Vallarta, donde se muestra el equipo y su instalación y toma de datos.

En Puerto Vallarta se realizaron 68 mediciones de ruido sísmico para obtener el periodo dominante por medio del cociente espectral H/V. Las mediciones se realizaron como complemento de los datos obtenidos por Escudero *et al.* (2022) con la misma técnica, en donde se tienen 52 sitios con periodo dominante. Al igual que en Guadalajara, al momento de registrar el ruido sísmico diversos factores afectan la medición de ruido sísmico, lo que ocasiona que las señales en las 3 componentes registren ruido transitorio. Por lo tanto, de las 68 mediciones, sólo se obtuvieron señales de ruido sísmico confiables en 45 sitios.

Imagen GEO-A-19. Equipo empleado para la medición de ruido sísmico.



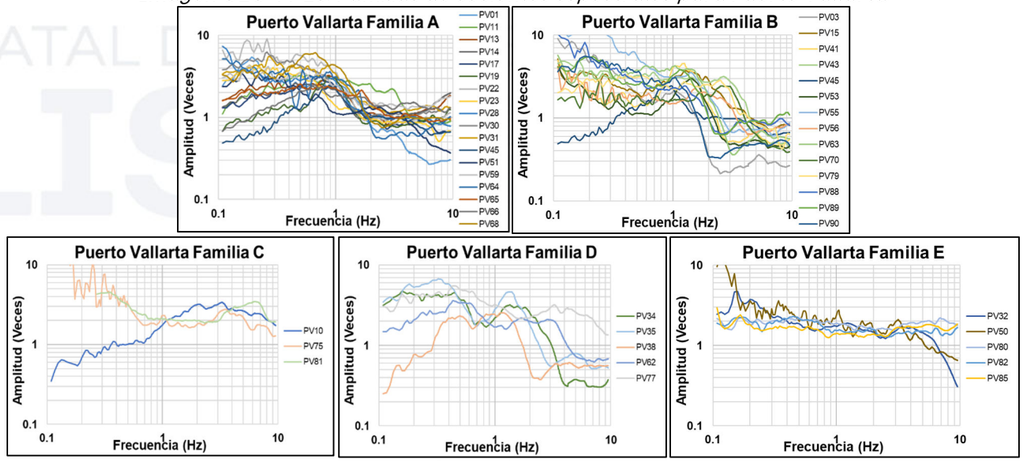
Fuente: Efectos de Sitio Lermo, 2023.

En el mapa GEO-A-30, se muestran en forma espacial estos 45 sitios con mediciones de ruido sísmico confiables en la ciudad de Puerto Vallarta con puntos oscuros, mientras que las obtenidas directamente del trabajo de Escudero *et al.* (2022) con cruces oscuras un total de 52 sitios, El mapa GEO-A-30, que tiene como base el mapa geológico de esta ciudad, se caracteriza por estar constituida por suelos aluviales y en las partes altas por rocas graníticas, tobas y areniscas compactas; sin embargo, en la parte baja, estos suelos aluviales esconden depósitos blandos, los cuales Escudero *et al.* (2022) determinaron la velocidad de ondas de corte promedios de los primeros 30 m de suelo (V_{S30}) por medio de los perfiles de velocidad obtenidos mediante la técnica MASW. Este parámetro permitió clasificar a esos depósitos como tipos de suelo D y E de acuerdo con NEHRP (Imagen GEO-A-9).

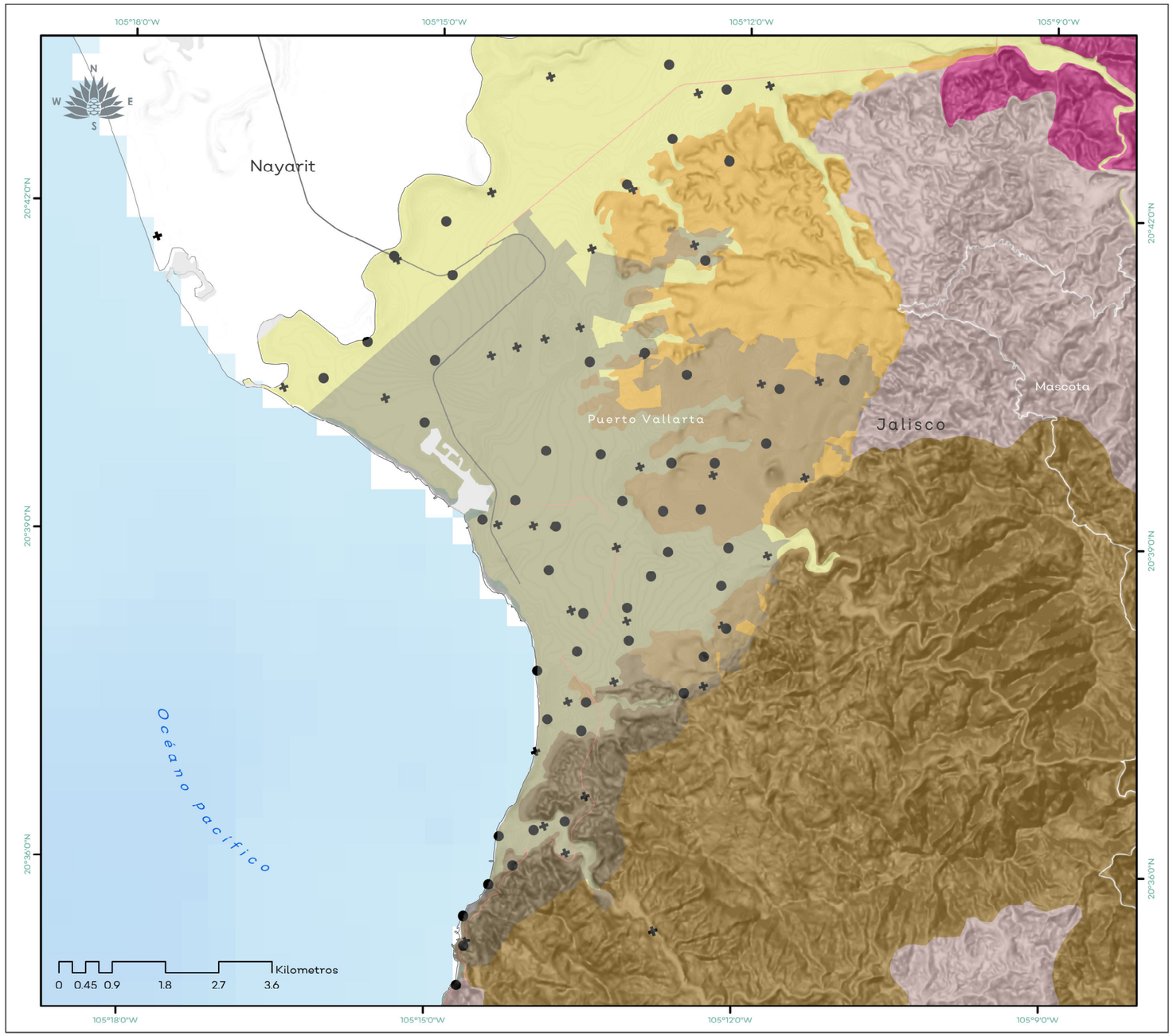
Para determinar el periodo dominante del suelo se agruparon los cocientes espectrales H/V en 5 familias espectrales. A continuación, se describen las características de cada una de las familias, así como en la imagen GEO-A-20 se muestran estas funciones de transferencia empíricas con líneas de diferente color.
- Familia A. La respuesta de la curva H/V se presenta a bajas frecuencias, menores a 1.0 Hz. Para esta familia se identificó la frecuencia dominante como la de mayor amplitud, descartando los picos a frecuencias menores de 0.3 Hz. 18 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia B. La respuesta de la curva H/V se presenta entre 1.0 y 3.0 Hz. En este rango de frecuencias se identificó la frecuencia dominante de mayor amplitud para esta familia. 14 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia C. La respuesta de la curva H/V se presenta a frecuencias altas, mayores a 3.0 Hz. Para esta familia la frecuencia dominante es la de mayor amplitud entre 3.0 y 10 Hz. Sólo tres cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia D. Tiene dos respuestas la curva H/V, a bajas frecuencias menores a 0.8 Hz y entre 0.8 y 2.0 Hz. En esta familia es más difícil identificar la frecuencia dominante debido a los dos efectos. Debido a la ubicación de los sitios de la familia D, más cercanos espacialmente a la familia A, se decidió tomar la frecuencia dominante a bajas frecuencias, entre 0.3 y 0.8 Hz. 5 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.
- Familia E. Esta familia representa los lugares sin efecto de sitio, es decir, con un cociente espectral H/V plano en todo el rango de frecuencias. 5 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.

En el mapa GEO-A-31, se muestra la distribución espacial de estas 5 familias espectrales que presentan diferencias en sus picos máximos. Por ejemplo, la familia A y B, que presenta frecuencias dominantes entre 0.5-1.0 y 1.0-3.0 Hz, se distribuye en la parte baja de la ciudad, precisamente en los suelos tipos D y E, donde la presencia de los depósitos blandos como es en la marina y alrededor de éste, estas dos familias muestran picos de amplificación relativa mayores a los 5 veces asociadas a periodos alrededor de 1.0 segundos, ósea edificios mayores y menores a los 10 pisos, los cuales podrían entrar en resonancia por coincidir sus modos de vibrar con los del suelo.

Imagen GEO-A-20. Familias de cocientes espectrales para Puerto Vallarta



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Mediciones Ruido Símico y Litología
GEO - A - 30

Leyenda Temática

- Puntos de Medición Antecedente
- Puntos de Medición Actuales

Litología

- Aluvial
- Arenisca - Conglomerado
- Toba
- Extrusiva ácida
- Conglomerado
- Granito
- Litoral

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



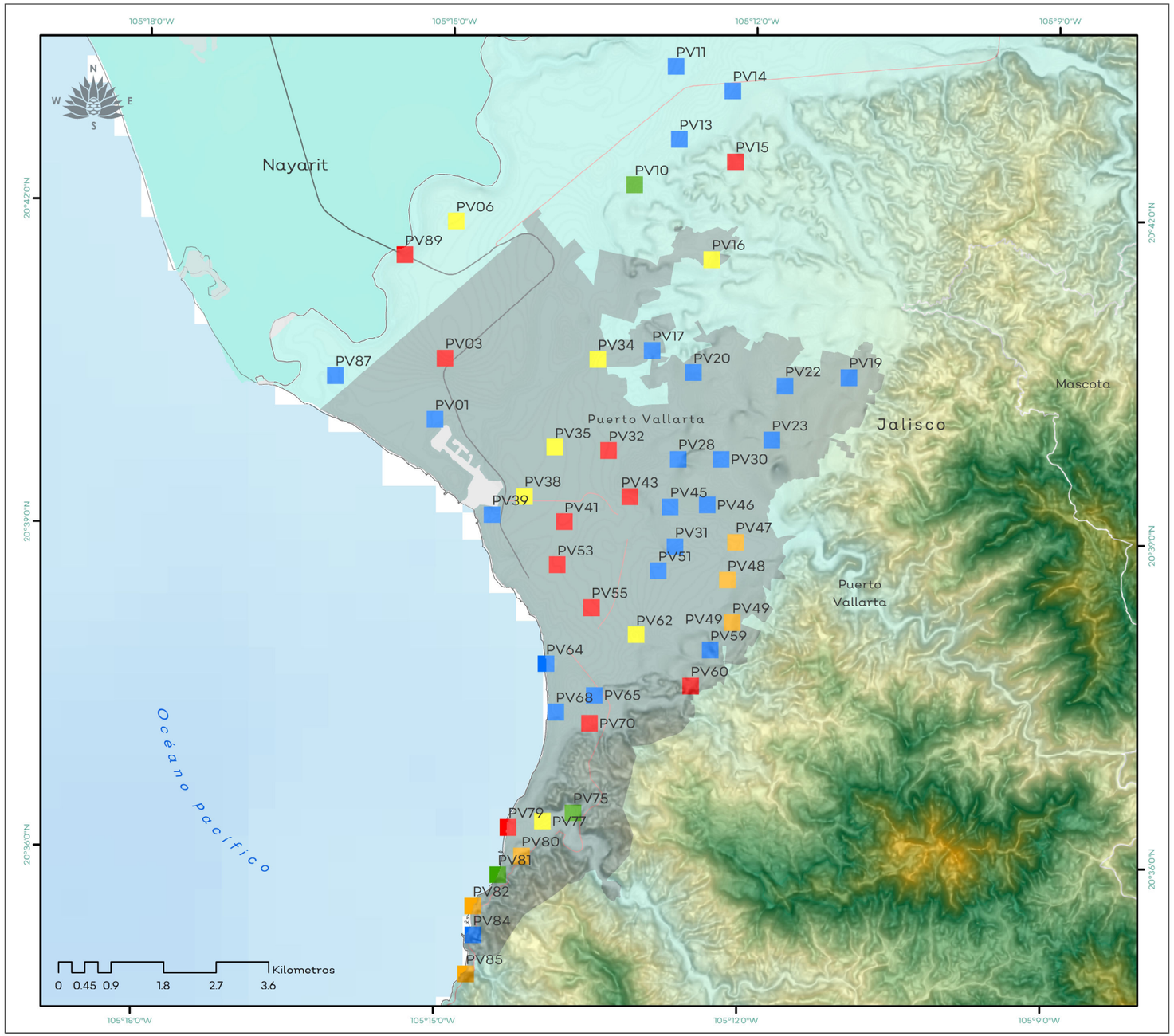
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Familias Espectrales
GEO - A - 31

Leyenda Temática

Familias

- Familia A
- Familia B
- Familia C
- Familia D
- Familia E

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide.....GRS 1980
Dátum..... ITRF 2000
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.3.5. Medición de ruido sísmico y determinación de familias espectrales del suelo en Ciudad Guzmán

Nuevamente, en esta ciudad se utilizó el sismógrafo digital triaxial, de banda ancha y alta resolución, ideal para este tipo de mediciones por su practicidad, peso y dimensiones. Este sismógrafo tiene un periodo natural de 30 s y una respuesta en frecuencia de 0.03 a 100 Hz, que abarca el rango de interés de un estudio de ingeniería sísmica (0.1 a 20 Hz). Una vez localizado el punto en donde se requiere medir el ruido sísmico ambiental, la instalación del sensor se realiza de forma rápida mediante 3 pasos: orientar el sensor hacia el norte geográfico, nivelar el sensor y, por último, conectar el equipo a una batería y revisar mediante una computadora que la señal se registre de forma adecuada. En la imagen GEO-A-24, se pueden observar cuatro sitios dentro de la ciudad Guzmán, donde se muestra el equipo y su instalación y toma de datos.

En Ciudad Guzmán se realizaron 38 mediciones de ruido sísmico para obtener el periodo dominante por medio del cociente espectral H/V. Las mediciones se realizaron para complementar los datos obtenidos por Lermo *et al.* (1989), en donde se tiene el periodo dominante en 52 lugares (Imagen GEO-A-21). De las 38 mediciones de ruido sísmico, sólo se obtuvieron señales de ruido sísmico confiables en 30 sitios. Al momento de registrar el ruido sísmico diversos factores como el clima (lluvia principalmente), maquinaria funcionando cerca de la zona de medición, etc., ocasionaron que las señales en las 3 componentes registraran ruido transitorio.

Imagen GEO-A-21. Equipo empleado para la medición de ruido sísmico.



Fuente: Efectos de Sitio Lermo, 2023.

En el mapa GEO-A-32, se muestran en forma espacial estos 30 sitios con mediciones de ruido sísmico confiables en Ciudad Guzmán con puntos oscuros, mientras que las obtenidas directamente del trabajo de Lermo *et al.* (1989) con cruces oscuras un total de 52 sitios el mapa GEO-A-32, que tiene como base el mapa geológico de esta ciudad, que geomorfológicamente se considera como una fosa tectónica, se encuentra limitada, al este por la Sierra del Tigre, formada por plegamientos volcánicos y tobas; mientras que al oeste por la laguna Zapotlán constituida por suelos lagunares y aluviales. Precisamente este límite geomorfológico se encuentra divida por una grieta (ver línea punteada de color rojo, el mapa GEO-A-33) que cruza la ciudad con rumbo NE-SW.

Los 30 cocientes espectrales H/V resultado de las mediciones en Ciudad Guzmán se clasificaron en familias para identificar el periodo dominante del suelo. En total se reconocieron 5 familias considerando la forma del cociente H/V (Imagen GEO-A-24).

- Familia A. La respuesta de la curva H/V se presenta a bajas frecuencias, menores a 1.0 Hz. Para esta familia se identificó la frecuencia dominante como la de mayor amplitud, descartando los picos a frecuencias menores de 0.3 Hz. 10 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.

- Familia B. La respuesta de la curva H/V se presenta entre 1.0 y 3.0 Hz. En este rango de frecuencias se identificó la frecuencia dominante de mayor amplitud para esta familia. 7 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.

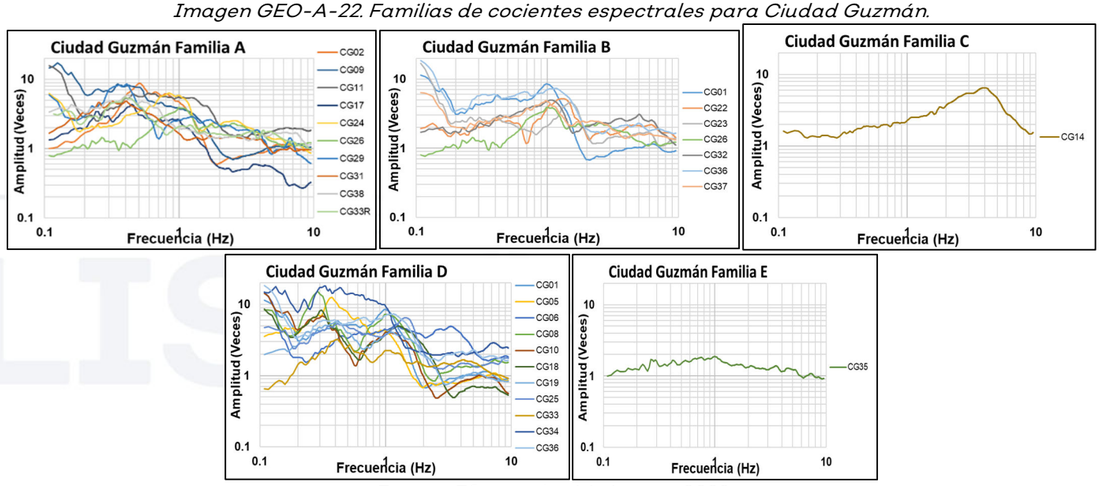
- Familia C. La respuesta de la curva H/V se presenta a frecuencias altas, mayores a 3.0 Hz. Para esta familia la frecuencia dominante es la de mayor amplitud entre 3.0 y 10 Hz. Sólo un cociente espectral H/V se clasificó en esta familia.

- Familia D. Tiene dos respuestas la curva H/V, a bajas frecuencias menores a 0.8 Hz y entre 0.8 y 2.0 Hz. Debido a la ubicación de los sitios de la familia D, más cercanos espacialmente a la familia A, se decidió tomar la frecuencia dominante a bajas frecuencias, entre 0.3 y 0.8 Hz. 11 cocientes espectrales H/V se clasificaron en esta familia.

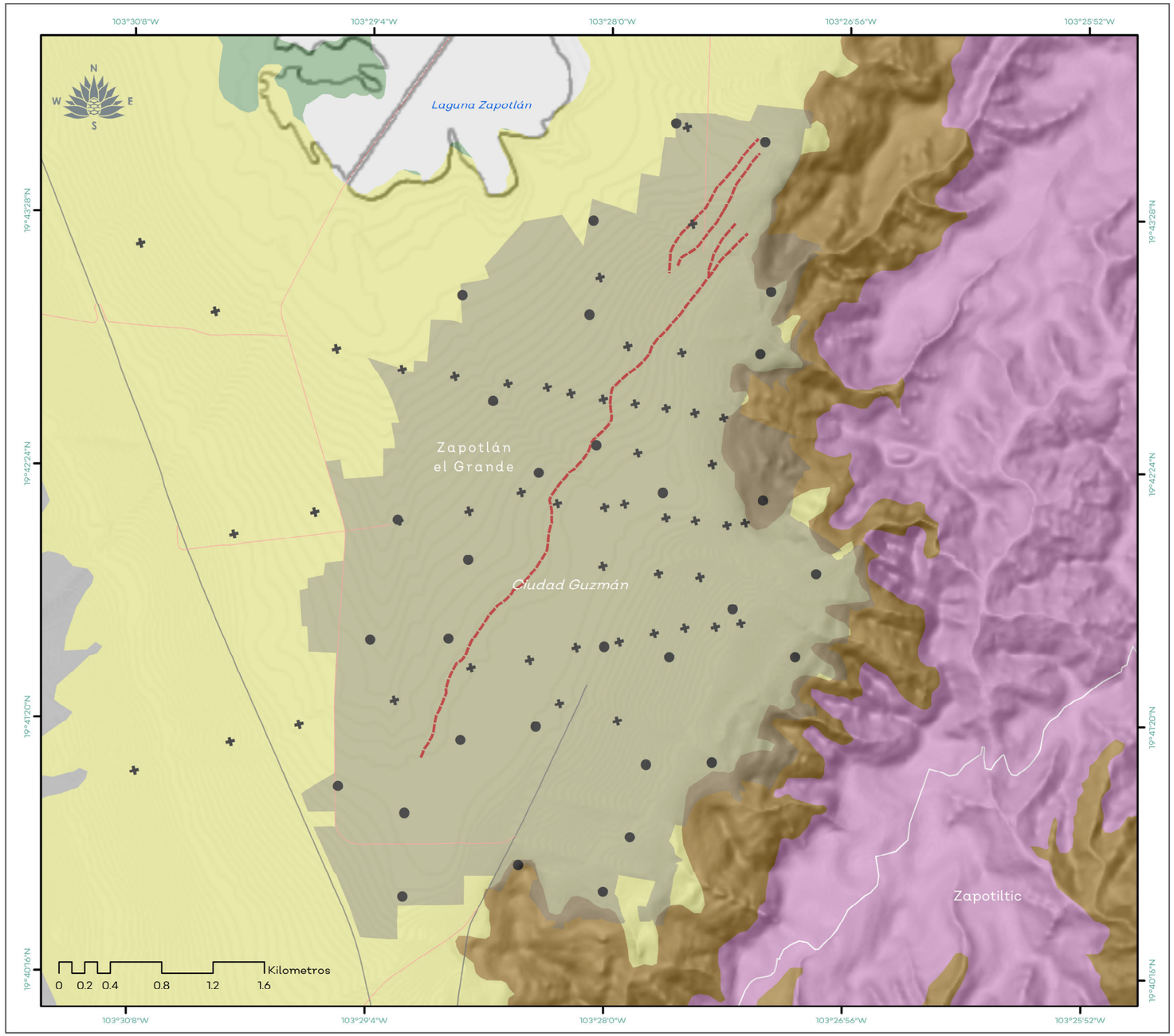
- Familia E. Esta familia representa los lugares sin efecto de sitio, es decir, con un cociente espectral H/V plano en todo el rango de frecuencias. Sólo un cociente espectral H/V se clasificó en esta familia.

En el mapa GEO-A-33, se muestra la distribución espacial de estas 5 familias espectrales que presentan diferencias en sus picos máximos. Como era de esperarse, la familia A, B y D, que presenta frecuencias dominantes entre 0.3-1.0 y 1.0-2.0 Hz, se distribuye en la parte baja de la ciudad, cerca de la Laguna de Zapotlán y en las faldas de la Sierra del Tigre.

Imagen GEO-A-22. Familias de cocientes espectrales para Ciudad Guzmán.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Mediciones Ruido Sísmico y Litología
GEO - A - 32

Leyenda Temática

- Puntos de Medición Antecedente
- Puntos de Medición Actuales
- Agrietamiento

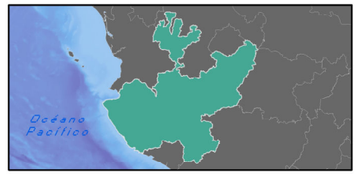
Litología

- Aluvial
- Toba
- Lacustre
- Extrusiva ácida

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



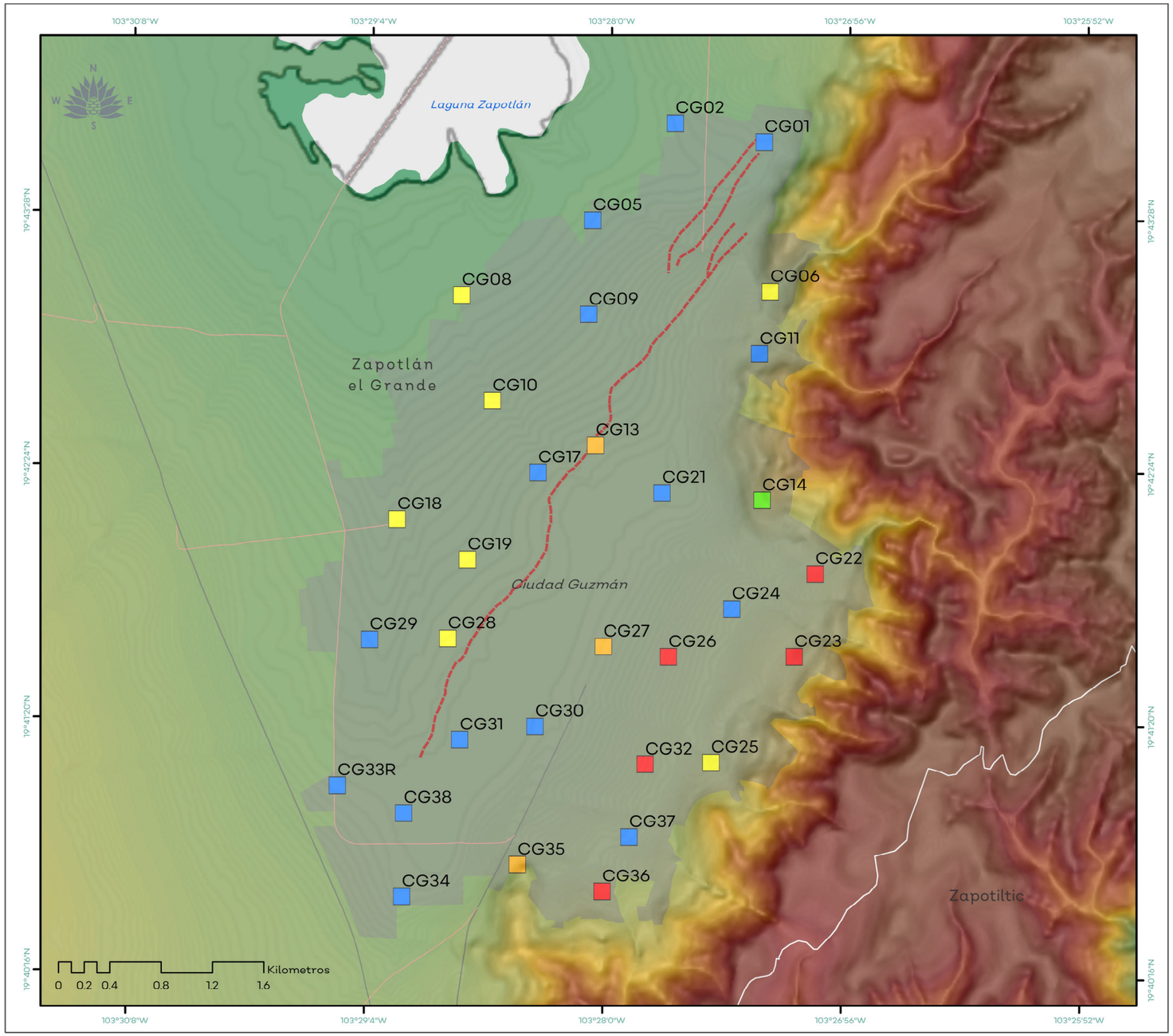
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Familias Espectrales
GEO - A - 33

Leyenda Temática

Familias

- Famila A
- Famila B
- Famila C
- Famila D
- Famila E
- Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

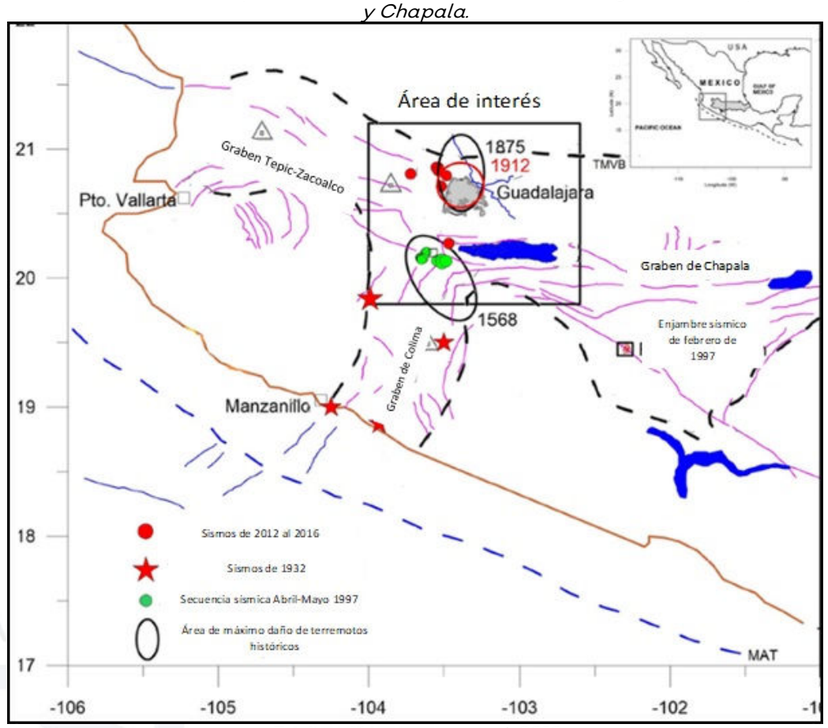
1.1.1.3.6. Escenarios Sísmicos y Estimación de la Aceleración en Superficie

El estado de Jalisco se ubica en una zona con alta actividad sísmica y ha sido afectado por sismos de distintas fuentes sismogénicas a lo largo del tiempo. En el mapa GEO-A-34, se muestra la sismicidad de la región de acuerdo a su magnitud, registrada por el Servicio Sismológico Nacional (SSN) en un periodo que comprende desde 1900 hasta la actualidad. Además, se incluyen los sismos detectados por la red sísmica administrada por la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos (UEPCB), la cual tiene a su cargo la red sísmica de Jalisco desde 2009. Esta red cuenta con 22 estaciones que proporcionan registros continuos y han permitido la localización de 4,101 sismos recientes, analizados por el área científica de la UEPCB.

La mayor parte de la sismicidad se ubica en la zona de subducción entre la Placa norteamericana y las placas de Cocos y de Rivera. En estas zonas, el día 3 de junio de 1932 ocurrió un sismo con magnitud 8.2 en las costas de Colima-Jalisco, considerado el sismo más grande del siglo XX y que causó grandes daños en ciudades del estado de Jalisco. La réplica del 22 de junio, de magnitud 6.8, causó un tsunami devastador. Así mismo, otros dos grandes sismos registrados en el estado, son el sismo del 9 de octubre de 1995 Mw 8.0 y el sismo del 19 de septiembre de 1985 Mw 8.1 (En el mapa GEO-A-34, estrellas rojas).

Por otro lado, en la zona de fallas transformantes entre las placas de Rivera y del Pacífico también se aprecian gran cantidad de sismos, aunque la distancia a Jalisco es mayor y la magnitud no es tan grande como los sismos de subducción. Hacia el continente, las zonas que muestran mayor cantidad de actividad sísmica corresponden a los rifts de Tepic-Zacoalco y Colima. En la imagen GEO-A-23, precisamente muestra esta tectónica, donde los sismos considerados como de profundidad intermedia e intraplaca, que pueden tener consecuencias importantes para las ciudades de Jalisco, provienen de los Graben que se ubican en la zona. En el límite entre los Graben de Colima y de Chapala, entre abril y mayo de 1997 ocurrió una secuencia de 230 sismos con magnitudes entre 1.5 y 3.5, con profundidades entre 10 y 18 km. En la zona de grietas del valle de Tesistán, dentro del Graben de Tepic-Zacacoalco, han ocurrido sismos importantes entre los años 2012-2016, de magnitudes entre 4 y 4.5, que pueden tener repercusiones en la ciudad de Guadalajara y la zona metropolitana.

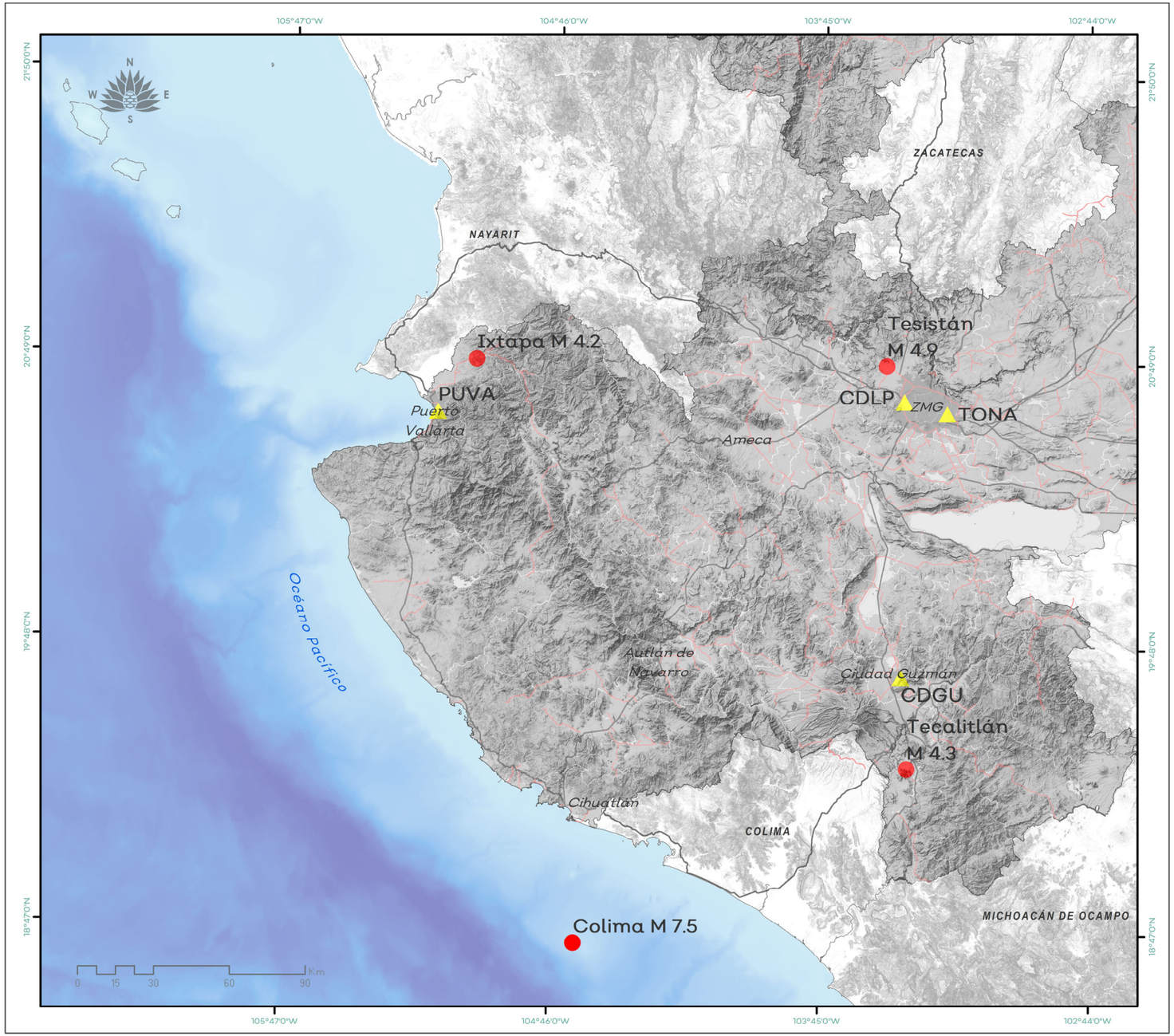
Imagen GEO-A-23. Tectónica del bloque de Jalisco, en donde destacan los graben de Tepic-Zacoalco, Colima y Chapala.



Fuente: Yamamoto et al, 2018.

Por último, los sismos locales de importancia se pueden producir por sistemas de fallas tales como la falla de Ciudad Guzmán, que cruza la ciudad del mismo nombre y la falla del Río Santiago. En esta última se produjeron los denominados sismos de 1912, que causaron graves afectaciones al poblado de San Cristóbal de la Barranca, al norte de la ciudad de Guadalajara. Además, los volcanes activos cercanos a las ciudades, como el Ceboruco en el estado de Nayarit o el volcán de Colima en el estado de Colima, también generan sismicidad local que puede llegar a ser de importancia para un análisis de peligro sísmico en dicha ciudad. Un ejemplo de esto es la sismicidad asociada a la caldera ubicada en el Bosque de la Primavera, en la parte oeste de la ciudad de Guadalajara, a un costado del municipio de Zapopan. En esta Caldera activa se ha presentado sismicidad de entre 2 y 3 de magnitud, que por la cercanía a la ciudad debe ser considerada en un análisis de peligro sísmico.

El daño asociado a los terremotos generados por las fuentes descritas anteriormente podría ser severo debido a que la mayoría de las edificaciones se construyeron sin criterios sísmicos. Por otro lado, también se han detectado enjambres sísmicos en temporadas de lluvia, este tipo de sismos son inducidos por la acumulación de agua en las partes altas de las sierras, llegando a ocurrir sismos locales con magnitudes menores a 4.7 (Rosenblueth *et al.*,1987; Lermo *et al.*, 2016).



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISO 2024

Riesgo Sísmico
Sismos Característicos y Estaciones Sísmicas
GEO - A - 34

Leyenda Temática

- Estación Sísmica
- Epicentro

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.3.7. Sismos característicos

De acuerdo con Rosenblueth *et al.* (1989), los sismos que históricamente pueden causar pérdidas humanas y económicas en la Ciudad de México se pueden dividir en cuatro tipos: de subducción, de profundidad intermedia, intraplaca y locales. Para el caso de otras ciudades importantes ubicadas dentro del denominado Cinturón Volcánico Mexicano, como es el caso de la ciudad de Guadalajara y la zona metropolitana, las fuentes sísmicas no varían, por lo que se puede utilizar la clasificación realizada por Rosenblueth *et al.*

En este apartado se describen los registros sísmicos analizados para evaluar su posible impacto en las principales zonas urbanas del estado de Jalisco, incluyendo la Zona Metropolitana de Guadalajara, la Ciudad de Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán. Estos registros sísmicos representativos proporcionan información para comprender las características del peligro sísmico en estas áreas urbanas; sin embargo, para poder utilizar registros de temblores de subducción y otro cortical y superficial asociada a los graben de Tepic-Zacacoalco, Colima y Chapala, se requieren dos condiciones importantes para disminuir las variables de la fuente sísmica y las leyes de atenuación:

1. Que se tenga una estación sísmica dentro de la ciudad que haya registrado esos temblores.
2. Que la estación sísmica se encuentre sobre una roca o sin efecto de sitio. Sin embargo, este requerimiento se puede estimar para que sea un registro sin efecto de sitio.

- Para una ***fuente de subducción*** se seleccionó el terremoto de Colima de 1995, con una magnitud de Mw 8.0, que representó un evento sísmico significativo para el estado de Jalisco. El epicentro se ubicó en las coordenadas 18.740 Lat. N, 104.670 Long. W, a una profundidad focal de 5 km. Las estaciones que se utilizaran para este análisis son:

A) Para la Zona Metropolitana de Guadalajara se utilizará la estación sísmica de la Preparatoria de la Universidad de Guadalajara, en Tonalá, Jalisco (TONA), construida sobre suelo rocoso.
B) Para la ciudad de Puerto Vallarta se utilizará la estación sísmica Puerto Vallarta (PVAL) localizada en la Unidad Deportiva del Puerto, construida sobre suelo.
C) Para Ciudad Guzmán se utilizará la estación sísmica Ciudad Guzmán (GUZM) localizada en las Instalaciones de SCT, en Ciudad Guzmán.

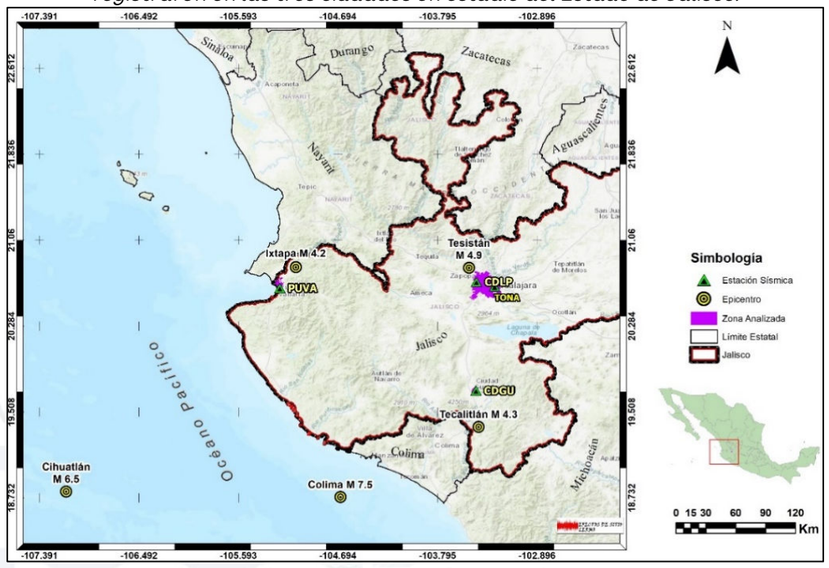
- Para una ***fuente local, cortical y superficial*** para la Zona Metropolitana de Guadalajara, se seleccionó el temblor de Tesistán, con una magnitud de Mw 4.9. El epicentro se localizó en las coordenadas 20.81 Lat. N, 103.51 Long. W, a una profundidad focal de 15 km. La estación está ubicada en la Universidad Panamericana, en Ciudad Granja, Zapopan, Jalisco, construida sobre suelo blando, nombrada con la clave GDLP.

- Para una ***fuente local, cortical y superficial*** para la ciudad de Puerto Vallarta, se seleccionó el temblor de Ixtapa de 2013, con una magnitud de Mw 4.2, su epicentro se ubicó en las coordenadas 20.82 Lat. N, 105.07 Long. W a una profundidad de 8 km. Se utilizaron los datos de la estación PUVA, ubicada en la Escuela Primaria "Basilio Vadillo". La duración del registro fue de 120 segundos. El registro sísmico muestra aceleraciones máximas de 8.71 gal (EW). Los espectros de respuesta en aceleración alcanzan valores de 15.9 gal en un periodo de 0.1 segundo para la componente EW, y de 14.7 gal para la componente NS en el mismo periodo.

- Para una ***fuente local, cortical y superficial*** para Ciudad Guzmán, se seleccionó el temblor de Tecalitlán de 2018, con una magnitud de Mw 4.3 y epicentro en las coordenadas 19.373 Lat., 103.423 Long. W, con una profundidad focal de 24.7 Km, también se registró en Ciudad Guzmán. Se utilizaron los datos de la estación CDGU, ubicada en el Parque "Las Peñas". La duración del registro fue de 135 segundos. Se registraron aceleraciones máximas de 9.36 gal (EW). Los espectros de respuesta en aceleración mostraron valores de 23 gal en un periodo de 0.1 segundo para la componente EW, y de 26 gal para la componente NS en el mismo periodo.

En la imagen GEO-A-24 se muestra la distribución espacial de la localización de los temblores de subducción y otros tres temblores locales, corticales y superficiales característicos para las tres ciudades en estudio (círculo amarillo), asi como la ubicación con un triangulo verde de cada una de las estaciones sísmicas que lo registraron.

Imagen GEO-A-23 Distribución espacial de los sismos característicos y sus estaciones sísmicas que lo registraron en las tres ciudades en estudio del Estado de Jalisco.



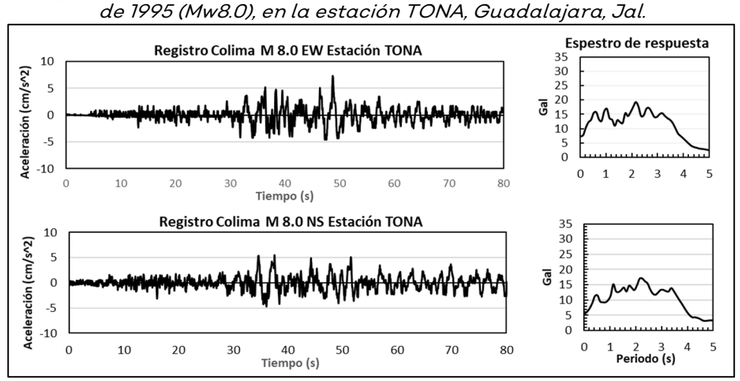
Fuente: Elaborado por Efectos de sitio Lermo.

1.1.1.3.8. El terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0).

El sismo de Colima de 1995, con una magnitud de Mw 8.0, representó un evento sísmico significativo para el estado de Jalisco. El epicentro se ubicó en las coordenadas 18.740 Lat. N, 104.670 Long. W, a una profundidad focal de 5 km. La estación de monitoreo utilizada para este registro se encuentra en la Preparatoria de la Universidad de Guadalajara, en Tonalá, Jalisco (TONA), construida sobre suelo rocoso.

En la imagen GEO-A-24, se muestra el acelerograma y su espectro de respuesta en aceleración para las componentes horizontales. Para la componente EW, se registró una aceleración pico en un periodo de 2 segundos con un valor de 19.9 gal. Para la componente NS, se registró una aceleración pico en un periodo de 2.2 segundos con un valor de 17.2 gal.

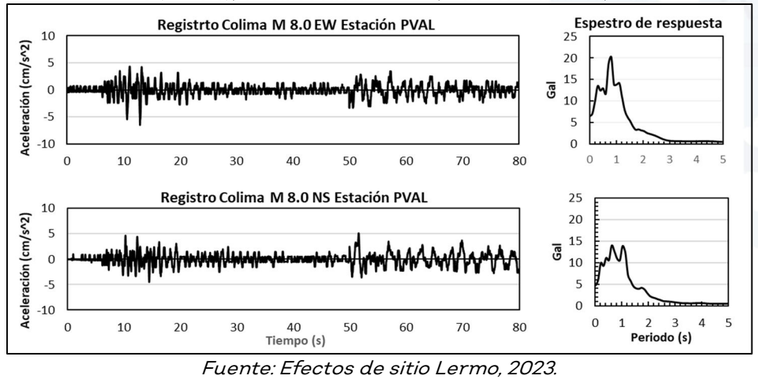
Imagen GEO-A-24. Registros horizontales (EW, NS) del terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), en la estación TONA, Guadalajara, Jal.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

El Sismo de Colima de 1995 también se registró en Puerto Vallarta. Se utilizaron los datos de la estación PVAL. Se registraron aceleraciones máximas de 6.481 gal (EW). En la imagen GEO-A-25, se muestra el acelerograma y sus espectros de respuesta, mostrando valores de 20.5 gal en un periodo de 0.8 segundos para la componente EW, y de 12.6 gal y 12.2 gal en periodos de 0.7 segundos y 1.1 segundos respectivamente para la componente NS. La duración del registro fue de 79.925 segundos.

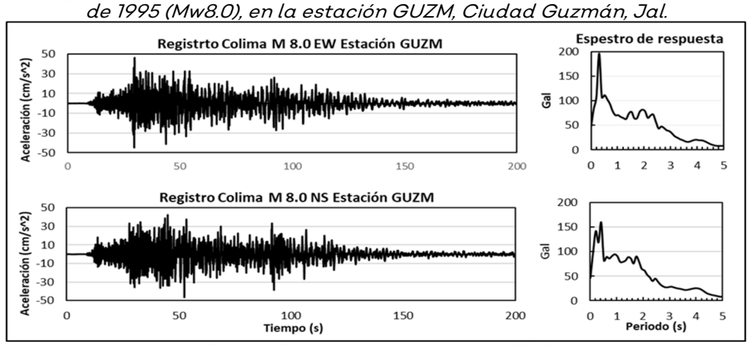
Imagen GEO-A-25 Registros horizontales (EW, NS) del terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), en la estación PVAL, Puerto Vallarta, Jal.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

El Sismo de Colima de 1995 también se registró en Ciudad Guzmán. Se utilizaron los datos de la estación GUZM, localizada en las instalaciones de la Secretaria de Comunicaciónes y Transportes (SCT), en las coordenadas 19.6 Lat. N, 103.4 Long. W. En la imagen GEO-A-2, se muestran sus acelerogramas con máximos de 46.332 gal (EW). Los espectros de respuesta en aceleración mostraron valores de 197 gal en un periodo de 0.3 segundos para la componente EW, y de 160 gal para la componente NS en un periodo de 0.4 segundos. La duración del registro fue de 225.285 segundos.

Imagen GEO-A-26. Registros horizontales (EW, NS) del terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), en la estación GUZM, Ciudad Guzmán, Jal.



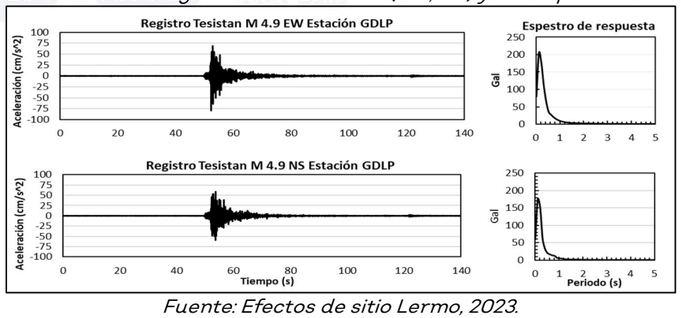
Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

1.1.1.3.9. Temblor cortical del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9).

El sismo de Tesistán, con una magnitud de Mw 4.9, también proporcionó datos relevantes para la evaluación del peligro sísmico en la Zona Metropolitana de Guadalajara. El epicentro se localizó en las coordenadas 20.81 Lat. N, 103.51 Long. W, a una profundidad focal de 15 km. La estación de monitoreo utilizada para este registro está ubicada en la Universidad Panamericana, en Ciudad Granja, Zapopan, Jalisco, construida sobre suelo blando, nombrada con la clave GDLP.

En la Imagen GEO-A-27, se muestra sus acelerogramas y el espectro de respuesta en aceleración para las componentes N00E (EW) y N90E (NS). Para la componente EW, se registró una aceleración pico en un periodo de 0.1 segundo con un valor de 204 gal. Para la componente NS, se registró una aceleración pico en un periodo de 0.1 segundo con un valor de 174 gal.

Imagen GEO-A-27. Acelerogramas horizontales (EW, NS) y sus espectros de respuesta.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

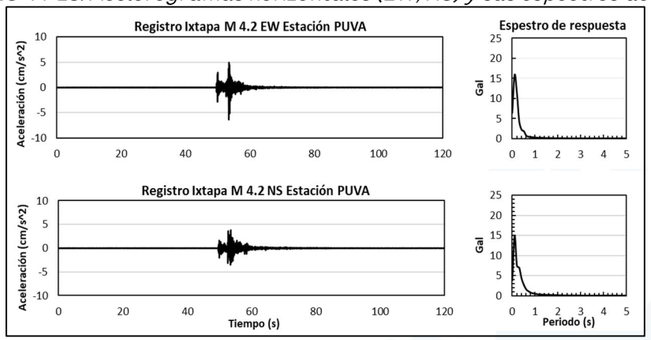
Según datos históricos de sismicidad instrumental, este sismo representa el evento más grande registrado cerca de Guadalajara, las aceleraciones fueron considerablemente mayores que las causadas por fuertes terremotos históricos. La fuente está relacionada con la actividad tectónica a lo largo de una extensión SE de las fallas que forman el muro norte del Plan de Barrancas/Santa Rosa Graben, ubicado al noroeste dentro el Rift Tepic-Zacoalco. El análisis de los dos fuertes movimientos de tierra registrados dentro de la ciudad revela considerables efectos de sitio.

1.1.1.3.10. Temblor cortical del 16 de octubre de 2013 en Ixtapa, Jalisco (Mw4.2).

El Sismo de Ixtapa de 2013, con una magnitud de Mw 4.2, se registró en Puerto Vallarta, su epicentro se ubicó en las coordenadas 20.82 Lat. N, 105.07 Long. W a una profundidad de 8 km. Se utilizaron los datos de la estación PUVA, ubicada en la Escuela Primaria "Basilio Vadillo". La duración del registro fue de 120 segundos.

En la Imagen GEO-A-28 se muestra los acelerogramas, que presentan una aceleración máxima de 8.71 gal (EW). Los espectros de respuesta en aceleración alcanzan valores de 15.9 gal en un periodo de 0.1 segundo para la componente EW, y de 14.7 gal para la componente NS en el mismo periodo.

Imagen GEO-A-28. Acelerogramas horizontales (EW, NS) y sus espectros de respuesta.

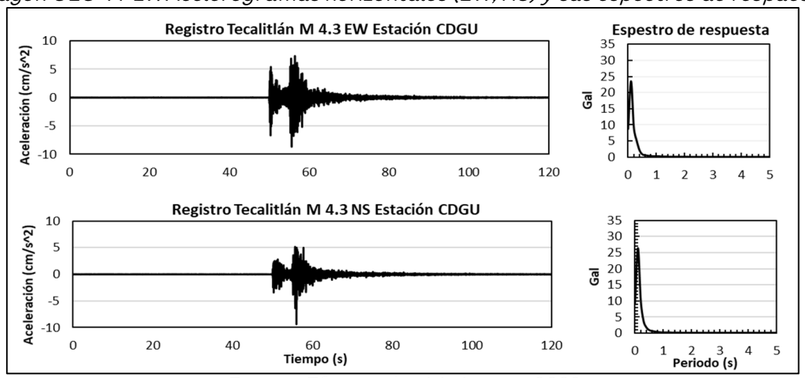


Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

1.1.1.3.11. Temblor cortical del 25 de marzo del 2018 en Tecalitlán, Jalisco (Mw4.3).

Para Ciudad Guzmán se seleccionó el sismo de Tecalitlán de 2018, con una magnitud de Mw 4.3 y epicentro en las coordenadas 19.373 Lat., 103.423 Long. W, con una profundidad focal de 24.7 Km. Se utilizaron los datos de la estación CDGU, ubicada en el Parque "Las Peñas". La duración del registro fue de 135 segundos.
En la imagen GEO-A-29, se muestran los acelerogramas, que presentan aceleraciones máximas de 9.36 gal (EW). Los espectros de respuesta en aceleración mostraron valores de 23 gal en un periodo de 0.1 segundo para la componente EW, y de 26 gal para la componente NS en el mismo periodo.

Imagen GEO-A-29. Acelerogramas horizontales (EW, NS) y sus espectros de respuesta.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

1.1.1.3.12. Corrección por efecto de sitio

Los suelos blandos presentes en áreas sísmicamente activas pueden aumentar significativamente los efectos destructivos de los terremotos a través del fenómeno de efecto de sitio. A pesar de que se trata de ubicar las estaciones sísmicas en terrenos rocosos, la presencia de suelos blandos subyacentes y la complejidad de la estratigrafía pueden dar lugar a cierto grado de amplificación en los registros sísmicos.

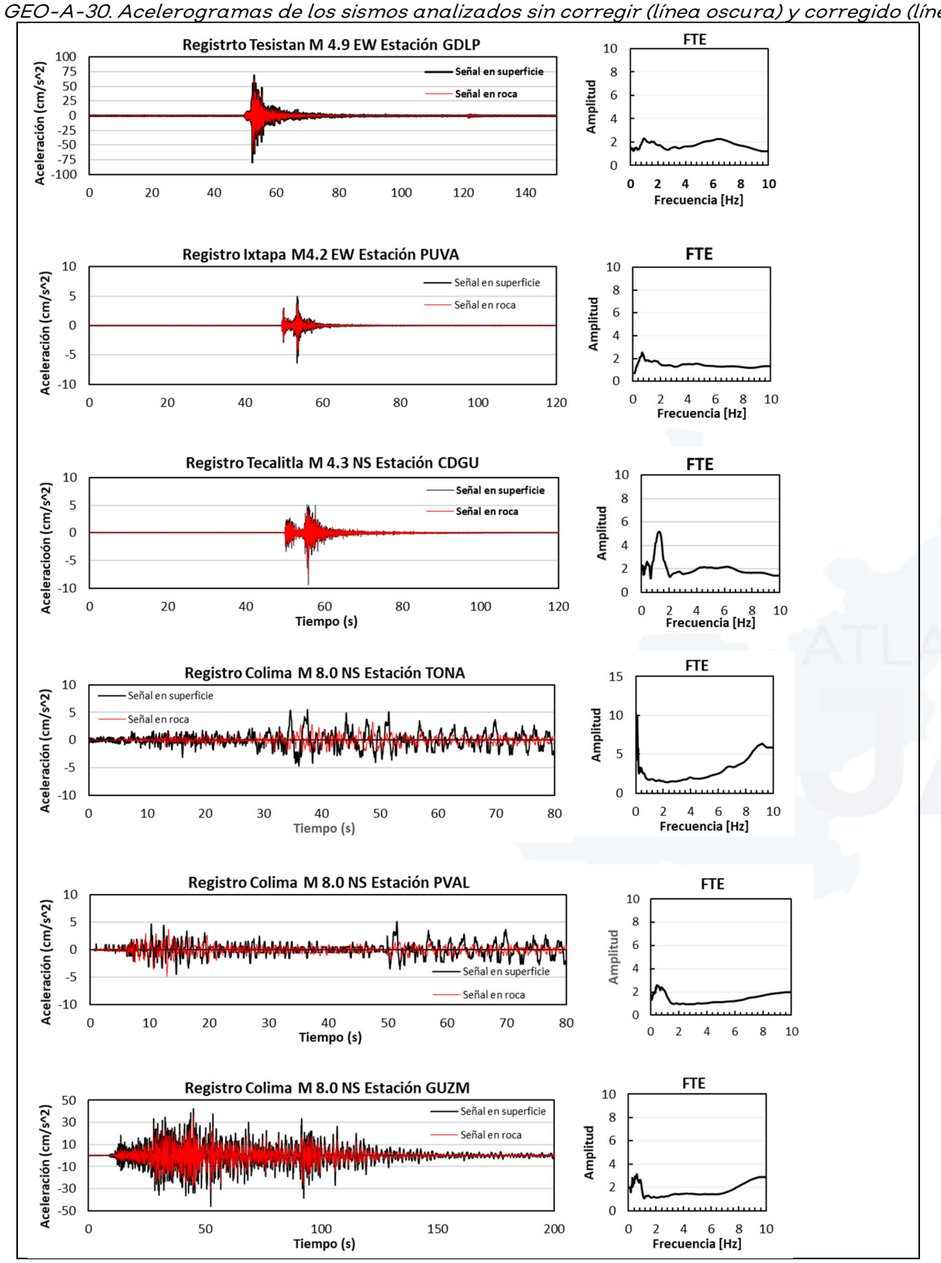
Para garantizar una evaluación precisa del peligro sísmico, es necesario corregir estos registros para restar la amplificación y obtener un registro corregido que represente las condiciones en roca. Este proceso es crucial para evitar la sobreestimación de las aceleraciones generadas por un evento sísmico. La corrección se realiza mediante el uso de funciones de transferencia empíricas que modelan la amplificación a diferentes frecuencias causada por la estratigrafía local del sitio de interés.

Después de realizar la corrección por efecto de sitio, se procede a analizar los registros sísmicos corregidos. En la imagen GEO-A-30 se muestra el resultado de este proceso, donde se comparan las señales sísmicas originales con las señales corregidas mediante el uso de funciones de transferencia empíricas. En la imagen, se observan seis registros sísmicos correspondientes a diferentes eventos sísmicos y estaciones de monitoreo. Cada registro presenta tanto la señal original, denominada "señal en superficie", representada por una línea continua de color negro en la leyenda, como la señal corregida, denominada "señal en roca", representada por una línea continua de color rojo en la leyenda.

El primer registro sísmico corresponde a la señal del sismo de Tesistán con una magnitud de Mw 4.9, capturada en la componente EW y registrada por la estación GDPL. Esta señal muestra aceleraciones que alcanzan alrededor de 75 gal, mientras que la función de transferencia utilizada para corregir la señal apenas alcanza las 2 veces de amplificación en una frecuencia de aproximadamente 1 Hz.

El siguiente registro es el del sismo de Ixtapa con una magnitud de Mw 4.2, registrado por la estación PUVA en su componente EW. En este caso, la señal apenas sobrepasa los 5 gal de aceleración, mientras que la función de transferencia apenas rebasa las 2 veces de amplificación en una frecuencia de alrededor de 0.5 Hz.

Imagen GEO-A-30. Acelerogramas de los sismos analizados sin corregir (línea oscura) y corregido (línea roja).



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Seguidamente, se muestra el registro sísmico del sismo de Tecalitlán con una magnitud de Mw 4.3, capturado en la componente NS y registrado por la estación GDGU. La función de transferencia empírica asociada a este registro muestra amplificaciones de hasta 5 veces en frecuencias comprendidas entre 1 Hz y 2 Hz.

Finalmente, se presentan las señales sísmicas del sismo de Colima con una magnitud de Mw 8.0. Se incluyen los registros de las estaciones TONA, PVAL y GUZM ubicadas en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán, respectivamente. Todos los registros corresponden a las componentes NS. Las funciones de transferencia empleadas para corregir estas señales muestran diferentes grados de amplificación en diferentes frecuencias, lo que refleja la complejidad de la estratigrafía local en cada sitio de monitoreo.

Esta comparación entre las señales sísmicas originales y las señales corregidas permite obtener una comprensión más precisa del peligro sísmico en las áreas de interés y constituye un paso fundamental en la evaluación del riesgo sísmico.

1.1.1.3.13. Procesamiento para obtener Acelerogramas sintéticos y determinar Peak Ground Acceleration (PGA)

Es posible evidenciar el efecto de sitio a través del conjunto de registros de un sismo realizados en distintos puntos de la zona de estudio, esto, al analizar en conjunto las diferencias en amplitud y duración de las señales. Sin embargo, es poco común tener un gran número de estaciones registrando la sismicidad en alguna zona en específico, por lo que se recurre a generar señales sintéticas que logren reproducir las diferencias de amplificación de las señales sísmicas; para ello se necesita de una señal libre de efecto de sitio y una función de transferencia que describa adecuadamente las propiedades dinámicas del suelo para determinar la respuesta del sitio de interés.

Para evaluar el efecto de sitio en distintos puntos de la zona de estudio, se recurre a la generación de acelerogramas sintéticos que reproduzcan las diferencias de amplificación de las señales sísmicas. Este enfoque es necesario dado que es poco común contar con un gran número de estaciones registrando la sismicidad en una zona específica. Para generar estas señales sintéticas, se requiere una señal libre de efecto de sitio y una función de transferencia que describa las propiedades dinámicas del suelo para determinar la respuesta del sitio de interés.

Nakamura, (1989) propuso un enfoque alternativo específico del sitio para evaluar los efectos del sitio, es decir, la técnica de relación espectral horizontal-vertical (H/V) (MHVSR). MHVSR no requiere un modelo de sitio y se puede aplicar en registros de ruido o terremoto Lermo and Chávez-Garcia, 1993. Por lo tanto, el método MHVSR es bastante rentable y, por lo tanto, ha sido el foco de numerosas investigaciones revisadas por muchos (Bard, 1999). Existe un consenso de opinión de que MHVSR se asemeja a la función de transferencia empírica (FTE) en forma (alineación de picos y valles) y se puede utilizar para evaluar de manera confiable la frecuencia de resonancia fundamental del sitio.

Por esta razón, en este trabajo se utilizará este cociente espectral H/V para estimar el nivel de amplificación en las señales sintéticas que se calcula con la metodología descrita en la imagen GEO-A-31. Donde se muestra paso a paso la estimación de acelerogramas sintéticos en superficie en un Punto B, a partir de las aceleraciones registradas en roca (Punto A). La metodología consiste en:

En el Punto A se cuenta con un EHVSR, que, en este caso, es el promedio de varias estimaciones de H/V obtenidas de los registros de sismos de diferente magnitud y el Registro de una señal sísmica el cual requiere estar libre de efecto de sitio.

Para corregir la señal por efecto de sitio, se aplica la transformada rápida de Fourier al registro de la señal sísmica; de esta forma, se trabaja con dos señales en el dominio de las frecuencias, el EHVSR

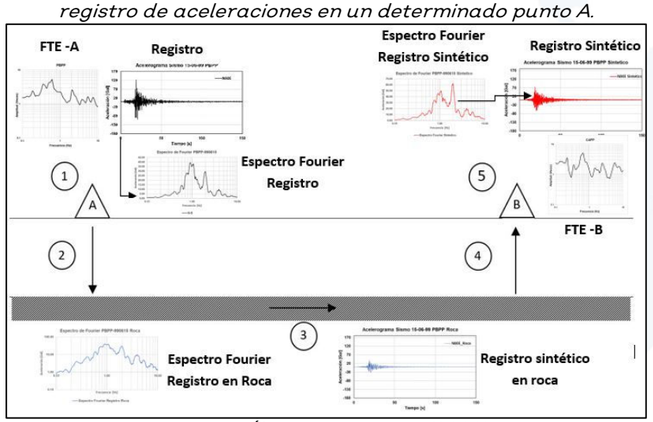
y el Espectro de Fourier del Registro, a las cuales se aplica la operación matemática de Deconvolución para así sustraer la amplificación del sitio en la señal. Es importante mencionar que el espectro de Fourier del registro toma únicamente el espectro de amplitud, dejando de lado el espectro de fase, es por ello por lo que las señales sintéticas solo varían en amplitud y no en su duración.

El resultado de la corrección por efecto de sitio es un espectro de Fourier del registro en roca; esta señal sintética, ya no cuenta con la amplificación que produce el efecto de sitio, y al aplicar la transformada inversa de Fourier se obtienen el Registro en roca del sismo.

Para mover la señal del basamento a la superficie en el punto B, nuevamente utilizamos dos señales en el dominio de las frecuencias; se requiere de un MHVSR que represente el grado de amplificación y periodo dominante característico de dicho punto y el espectro de Fourier del Registro en Roca, con estas señales se aplica la operación matemática de Convolución para esta vez sumar el efecto de sitio a la señal sísmica. De nuevo empleamos únicamente el espectro de amplitud y se deja de lado la fase.

El resultado de la convolución es un Espectro de Fourier del Registro Sintético, el cual, al aplicarle la transformada inversa de Fourier, pasamos del dominio de las frecuencias al dominio del tiempo, para obtener Registro Sintético que se estima para el punto B. Dicho registro representa las aceleraciones del registro en el punto A, pero con el efecto de sitio estimado en el punto B.

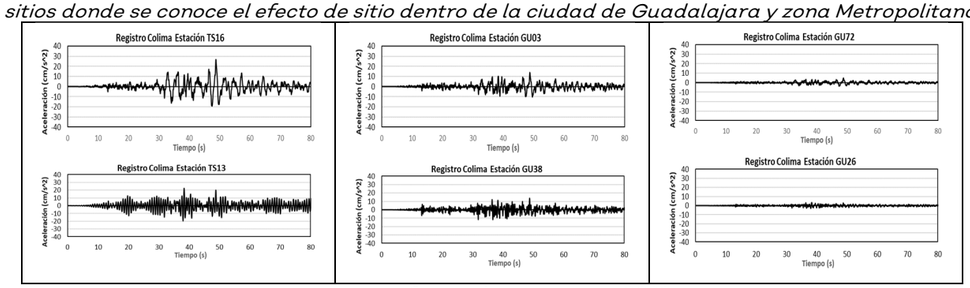
Imagen GEO-A-31. Metodología para la estimación de aceleración en superficie en un punto B a partir del registro de aceleraciones en un determinado punto A.



Fuente: Álvarez Monroy, I. (2020)

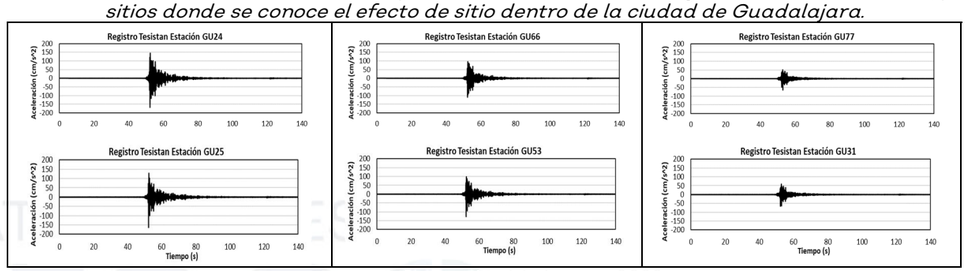
A manera de ejemplo en las siguientes Imágenes, GEO-A-32, GEO-A-33, GEO-A-34, GEO-A-35, GEO-A-36 y GEO-A-37 se muestran seis acelerogramas sintéticos para cada una de las tres ciudades analizadas, para la fuente tipo Subducción y Local cortical superficial. Aun cuando la magnitud fue pequeña de estos sismos locales, es importante observar que las máximas aceleraciones se presentan hacia altas frecuencias (3 a 10 Hz) o periodos bajos (<0.3 seg), lo que correspondería un peligro sísmico para viviendas entre 1 y 3 pisos, que corresponden a la mayoría de las viviendas de estas ciudades. Mientras que el terremoto de subducción que es el de mayor aceleración, podemos notar una gran diferencia entre estas dos fuentes, una mayor amplificación para las frecuencias bajas (0.2 a 3 Hz) o periodos altos (> 0.3 seg).

Imagen GEO-A-32. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), componente horizontal EW corregida de la estación TONA, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de la ciudad de Guadalajara y zona Metropolitana.



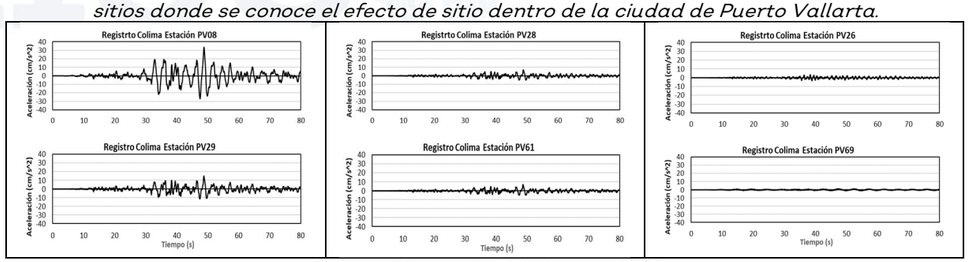
Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Imagen GEO-A-33. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor cortical del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9), componente horizontal EW corregida de la estación GDLP, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de la ciudad de Guadalajara.



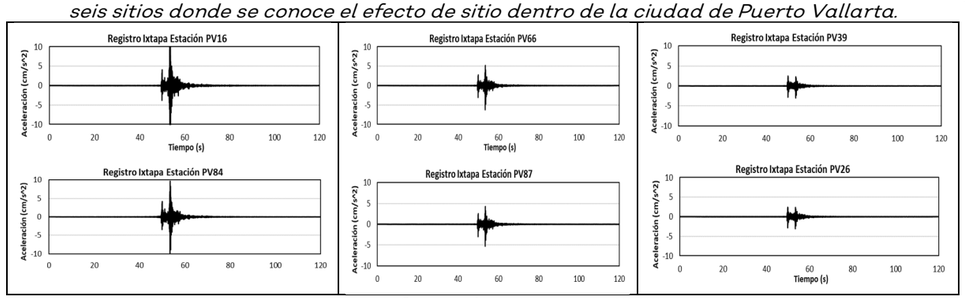
Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Imagen-GEO-A-34. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), componente horizontal EW corregida de la estación PVAL, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de la ciudad de Puerto Vallarta.



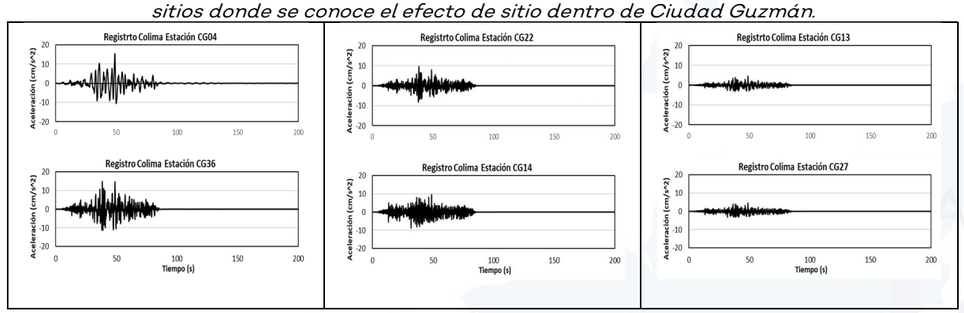
Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Imagen GEO-A-35. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor cortical del 16 de octubre de 2013 en Ixtapa, Jalisco (Mw4.2), componente horizontal EW corregida de la estación PUVA, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de la ciudad de Puerto Vallarta.



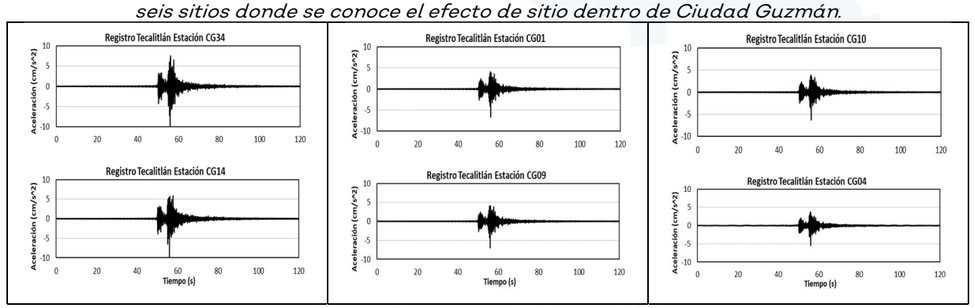
Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Imagen GEO-A-36. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0), componente horizontal EW corregida de la estación GUZM, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de Ciudad Guzmán.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

Imagen GEO-A-37. Acelerogramas sintéticos calculados a partir de la señal del temblor cortical del 25 de marzo del 2018 en Tecalitlán, Jalisco (Mw4.3), componente horizontal EW corregida de la estación CDGU, para seis sitios donde se conoce el efecto de sitio dentro de Ciudad Guzmán.



Fuente: Efectos de sitio Lermo, 2023.

1.1.1.4. Peligro Sísmico

Primero definiremos el termino de ***Peligro sísmico*** (última reunión de los diputados). Es la probabilidad de ocurrencia de un agente perturbador potencialmente dañino de cierta intensidad, durante cierto periodo y en un sitio determinado (http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPC_190118.pdf).

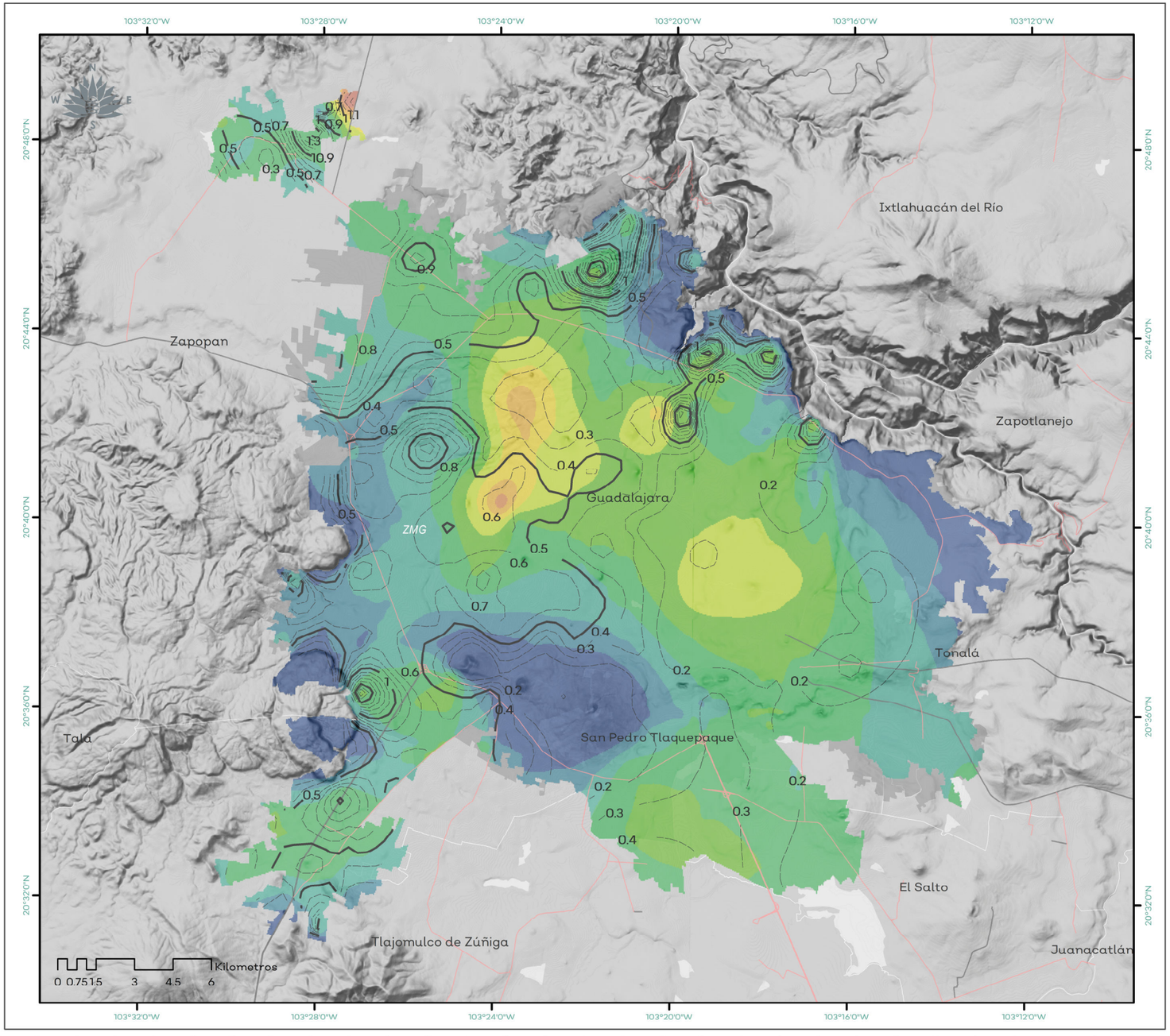
En este caso el agente perturbador sería los SISMOS. Ante este hecho lo inmediato a analizar es la repuesta de suelo ante este agente, por lo tanto, se utilizó una herramienta que ya mundialmente es reconocido y utilizado, me refiero a la ***técnica de Nakamura*** (Lermo et al, 1993, 1994), como ya se ha discutido en el capítulo 3. Por lo tanto, en esta capitulo, se darán los resultados al aplicarlo a las tres ciudades en estudio y serán comparados con trabajo anteriores.

Como se podrán dar cuenta, en estos resultados hemos incluido no solamente mapas con el efecto de sitio en cada ciudad (curvas de igual periodo), el cual es el primer factor que se tiene que analizar cuando se va a construir una infraestructura o vivienda cualquiera, ya que su modo de vibrar de ésta no debe coincidir con el modo de vibrar del suelo (si es así, nos podría llevaría al fenómeno de la doble resonancia). Aún más, en estos resultados hemos incluido otro factor que es la amplificación relativa, para ver el grado de peligrosidad de esas curvas; por ejemplo, si observamos los tres mapas de peligro sísmico, podemos concluir que los suelos de Ciudad Guzmán son de mayor peligrosidad, en segundo lugar, estaría Guadalajara y su zona metropolitana y tercer lugar Puerto Vallarta.

1.1.1.4.1. Mapa de Peligro Sísmico de los Suelos en la Ciudad de Guadalajara y Zona Metropolitana

Por medio de las familias se identificó la frecuencia dominante y se tomó el inverso para obtener el periodo dominante del suelo en 66 sitios en la zona metropolitana de Guadalajara. Considerando los 134 datos de periodo dominante del estudio de Ramírez-Centeno *et al.* (1997), se realizó un mapa con curvas de igual periodo dominante con 200 datos que abarcan a la ciudad y a la zona conurbada (Mapa GEO-A-01). Además, este mapa tiene como complemento, en colores que van de azul oscuro a rojo, el grado de amplificación relativa de esos suelos, como se puede observar en el mapa GEO-A-01, considerando únicamente los 66 datos obtenidos en este estudio, ya que no se cuenta con información de amplificación del estudio de Ramírez-Centeno *et al.* (1997).

Si ahora observamos este mapa GEO-A-01, y lo comparamos con los mapas también con curvas de igual periodo del trabajo de Ramírez-Centeno *et al.* (1997) y Hernández-Estrada et al. (2013), vemos un gran parecido en cuanto al aumento de sus valores de este a oeste; sin embargo, este nuevo resultado, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo, sobre todo en la zona que limita con la Caldera de la Primavera, donde se presentan los mayores depósitos de sedimentos. Así mismo, podemos observar que existe dos zonas de mayor amplificación relativa: a) uno hacia el este de la ciudad, donde el modo de vibrar es de 0.1 y 0.2 segundos, lo que muestra que viviendas de menos de 3 pisos (que es la mayoría de esa zona) se encuentran en peligro sísmico por sus modos de vibrar de viviendas de uno y dos pisos son aproximadamente 0.1 y 0.2 segundos, respectivamente; b) la segunda zona, se encuentra hacia el oeste de la ciudad, donde las curvas de igual periodos de 0.3 a 0.7 segundos resaltan, siendo las viviendas y edificios de 3 a 10 pisos los que sufrirían daño por el fenómeno de la doble resonancia.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo Sísmico
Periodo y Amplitud
GEO - A - 01

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Amplitud [Veces]

0 - 1	3 - 4	6 - 7	9 - 10
1 - 2	4 - 5	7 - 8	
2 - 3	5 - 6	8 - 9	

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

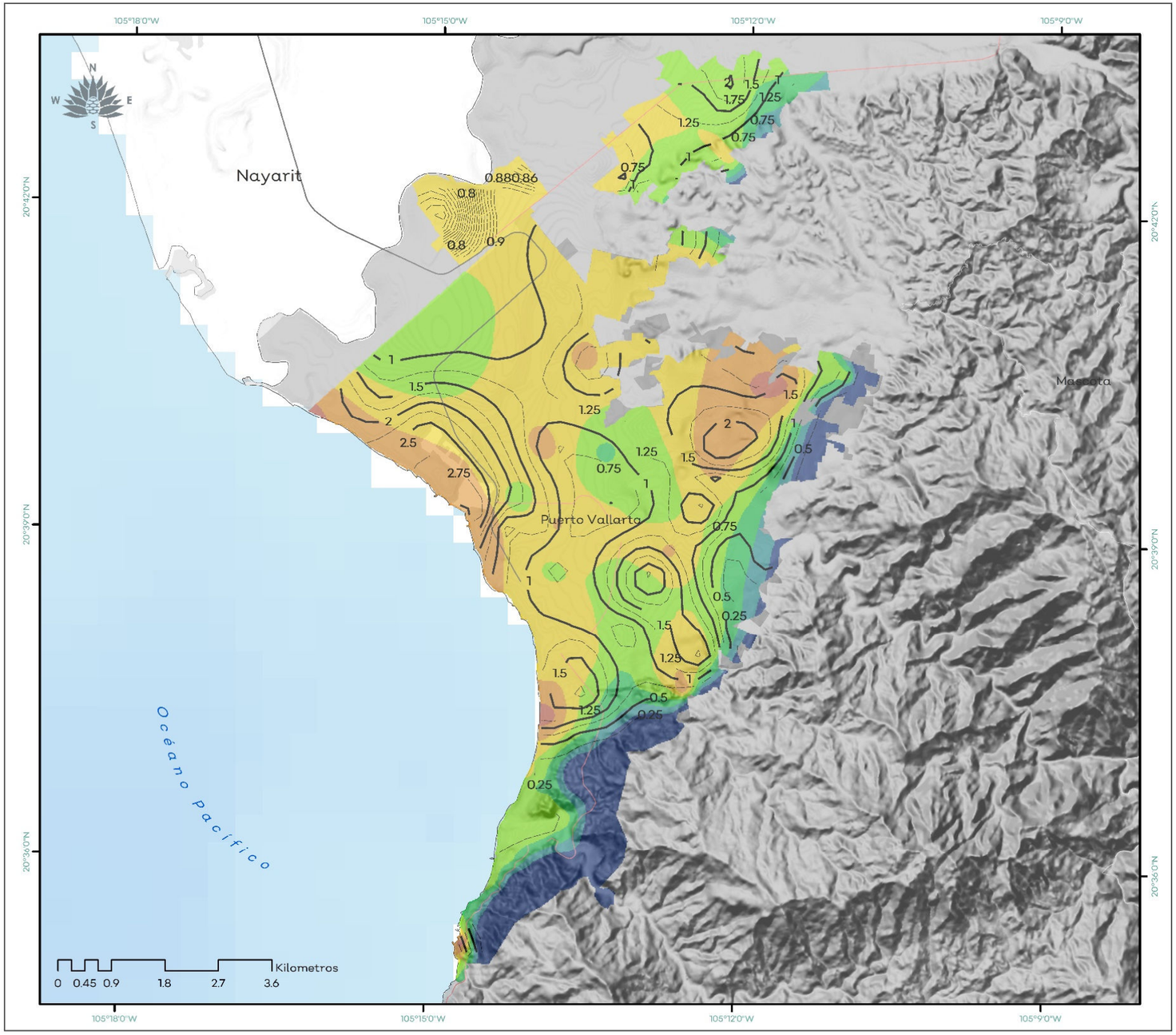
Junio 2024

1.1.1.4.2. Mapa De Peligro o Susceptibilidad Sísmica de los Suelos en Puerto Vallarta, Jalisco

Por medio de las familias se identificó la frecuencia dominante y se tomó el inverso para obtener el periodo dominante del suelo en 45 sitios en Puerto Vallarta. Considerando los 52 datos de periodo dominante del estudio de Escudero *et al.* (2022), se realizó un mapa con curvas de igual periodo dominante con 97 datos que abarcan a la ciudad (Mapa GEO-A-02). Además, este mapa tiene como complemento, en colores que van de azul oscuro a rojo, el grado de amplificación relativa de esos suelos, como se puede observar en el mapa GEO-A-02, considerando únicamente los 45 datos obtenidos en este estudio, ya que no se cuenta con información de amplificación del estudio de Escudero *et al.* (2022).

Si ahora observamos en este mapa (Mapa GEO-A-02), y lo comparamos con el mapa de periodos dominantes del suelo, pero dividido en tres sectores del trabajo de Escudero *et al.* (2022), vemos una coincidencia en la parte sur de la ciudad valores menores a >0.5 segundos; sin embargo, este nuevo resultado, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo casi en toda la ciudad, variando sus valores de 0.7 hasta los 2.5 segundos principalmente en la zona de la Marina, donde los depósitos de sedimentos deben ser grandes; donde también coinciden con valores de amplificación que llegan hasta los 6 veces, donde precisamente también coinciden edificios mayores a los 7 pisos, como veremos en el siguiente capítulo.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Periodo y Amplitud
GEO - A - 02

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

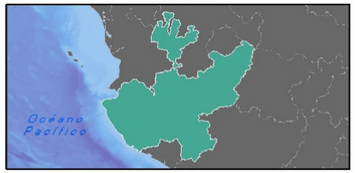
Amplitud [veces]

0 - 0.5 | 1 - 2 | 3 - 4 | 5 - 6
0.5 - 1 | 2 - 3 | 4 - 5

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

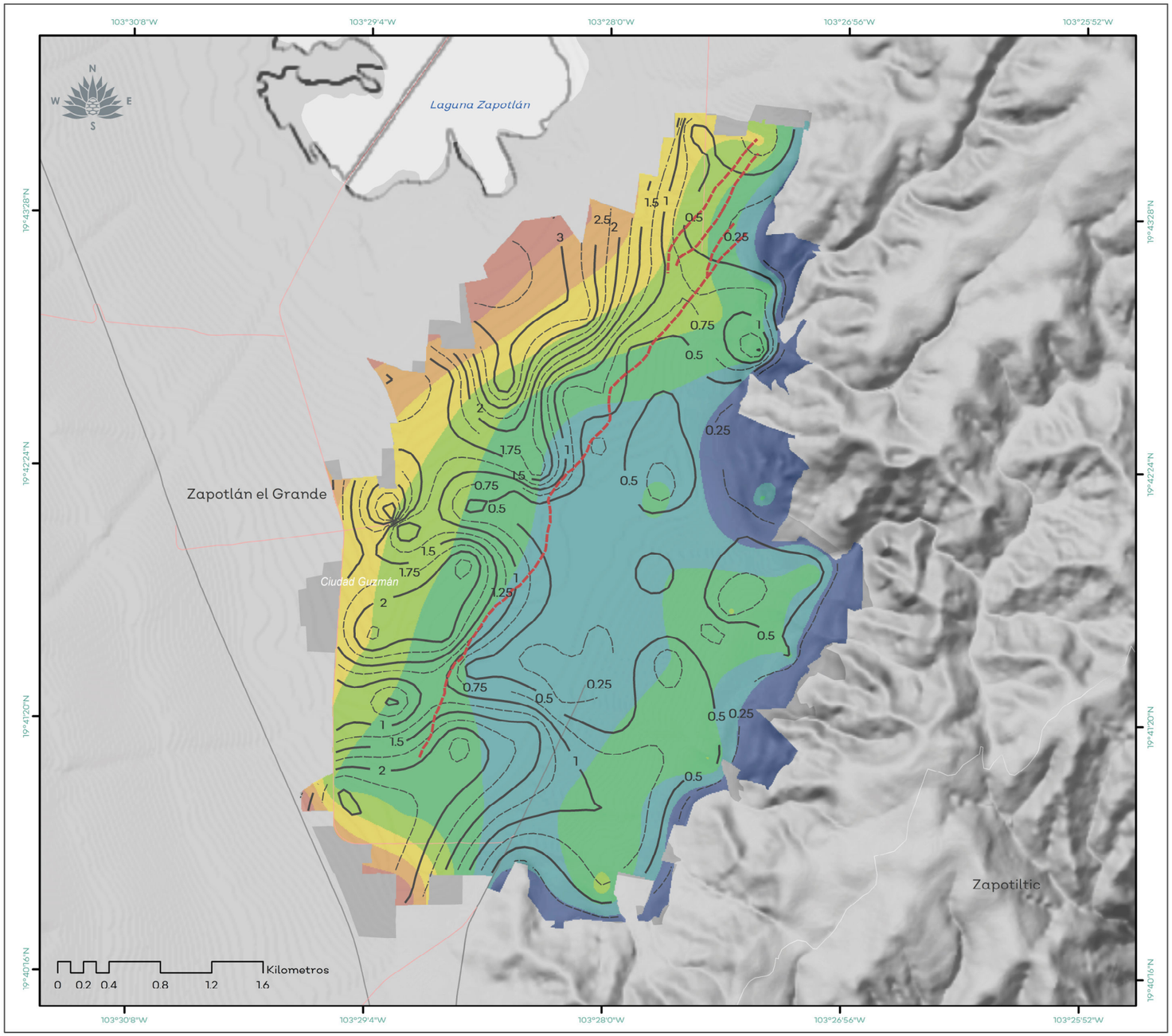
Junio 2024

1.1.1.4.3. Mapa De Peligro o Susceptibilidad Sísmica de los Suelos en Ciudad De Guzmán, Jalisco

Por medio de las familias se identificó la frecuencia dominante y se tomó el inverso para obtener el periodo dominante del suelo en 30 sitios en Ciudad Guzmán. Considerando los 50 datos de periodo dominante del estudio de Lermo *et al.* (1989), se realizó un mapa con curvas de igual periodo dominante con 80 datos que abarcan toda ciudad (Mapa GEO-A-03). Además, este mapa tiene como complemento, en colores que van de azul oscuro a rojo, el grado de amplificación relativa de esos suelos, como se puede observar en el mapa GEO-A-03, considerando únicamente los 30 datos obtenidos en este estudio, ya que no se cuenta con información de amplificación del estudio de Lermo *et al.* (1989).

Si ahora observamos el mapa GEO-A-03, y lo comparamos con el mapa de curvas de igual periodos dominantes del suelo, desarrollado por Lermo et al. (1989), vemos una coincidencia en las dos zonas de la ciudad dividida por el agrietamiento que apareció después del terremoto del 19 de septiembre de 1985 (Mw8.1); sin embargo, este nuevo resultado, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo casi en toda la ciudad, variando sus valores de 0.2 hasta los 0.5 segundos desde las estribaciones de la Sierra del Tigre hasta las grietas, y a partir de ella se incrementan sus valores hasta los 3 segundos, así como sus valores de amplificación relativa que llegan hasta los 15 veces.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Peligro Sísmico
Periodo y Amplitud
GEO - A - 03

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Amplitud [veces]

0 - 2 | 4 - 6 | 8 - 10 | 12 - 15
2 - 4 | 6 - 8 | 10 - 12

Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.5. Vulnerabilidad Sísmica

En el estudio del peligro y la vulnerabilidad sísmica, se exploran las complejas interacciones entre los fenómenos naturales y el entorno construido, con el objetivo de evaluar la susceptibilidad de las estructuras y la población a los impactos sísmicos. El peligro, entendido como la probabilidad de ocurrencia de eventos sísmicos potencialmente dañinos de cierta magnitud e intensidad en áreas específicas durante periodos definidos, constituye un elemento central en la evaluación del riesgo sísmico. Por otro lado, la vulnerabilidad, que refleja la propensión de un sistema expuesto a sufrir daños o pérdidas frente a un fenómeno perturbador, emerge como una dimensión fundamental que abarca aspectos físicos, sociales, económicos y ambientales.

El análisis de la intensidad sísmica mediante la aceleración que genera cada evento sísmico analizado, nos proporciona una idea del peligro sísmico en las diferentes zonas de estudio. Al enfocarnos en los ***sismos característicos***, podemos evaluar el fenómeno físico de los terremotos con datos deterministas. Las fuentes que generan estos sismos están evaluadas con base en los catálogos sísmicos y están registradas dentro de cada zona de estudio gracias a la red de sensores instalada en la ciudad. Este enfoque nos permite evaluar terremotos que representan peligro para la zona de estudio, ya que son eventos que han ocurrido previamente y han generado movimientos perceptibles en cada área. Las características de ***magnitud, distancia y contenido de frecuencias*** se evalúan al considerar diferentes tipos de fuentes y conocer la intensidad que generaron en cada zona dentro de la ciudad.

Para evaluar la vulnerabilidad de las estructuras, se utilizan los periodos estructurales representados en el ***espectro de respuesta***, los cuales ofrecen información sobre cómo las estructuras responden a las fuerzas sísmicas. El periodo estructural se define como el tiempo que tarda una estructura en completar una oscilación bajo la acción de una fuerza sísmica, y varía según las características de cada edificación. Por ejemplo, un periodo estructural de 0.1 segundos podría afectar principalmente a estructuras de baja altura, mientras que periodos más largos podrían influir en edificaciones de mayor altura. Esta consideración ayuda a comprender la vulnerabilidad física y social de las áreas urbanas y forma parte integral del análisis de peligro y vulnerabilidad sísmica.

Utilizando ***imágenes satelitales*** del programa de análisis de información geográfica Google Earth, se ***identificaron zonas con una alta concentración de edificaciones y se delimitaron áreas con edificios de distintas alturas***. Por ejemplo, en la Ciudad de Guadalajara y Zona Metropolitana se identificaron zonas con una alta densidad de edificios de más de 3 pisos, mientras que en Puerto Vallarta se delimitaron áreas con edificios de 3 a 5 pisos y zonas con edificaciones de más de 5 pisos. Estas delimitaciones son fundamentales para comprender la distribución de la vulnerabilidad física y social en cada zona de estudio y forman parte integral del análisis de peligro y vulnerabilidad sísmica.

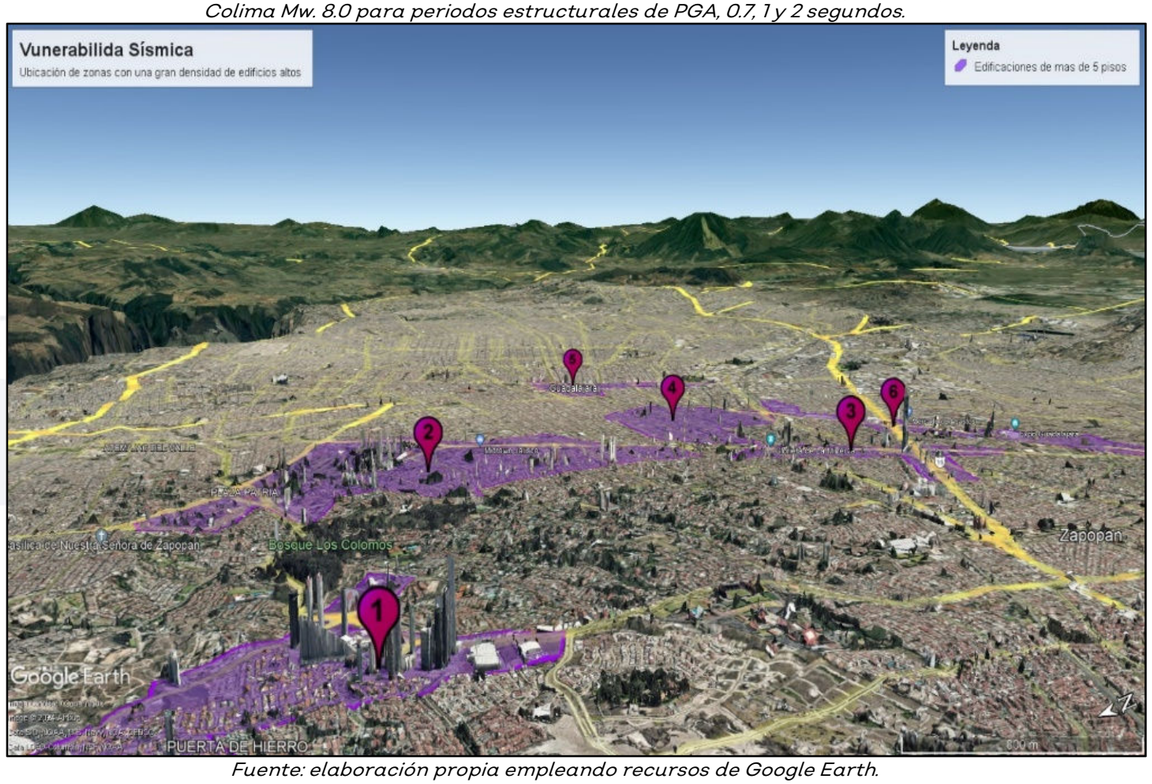
Además de delimitar zonas de alta densidad de edificios altos, se integraron las líneas de igual periodo que representan el periodo fundamental del suelo. Esto se realizó con la finalidad de evaluar conjuntamente el periodo dominante del suelo, el periodo dominante del edificio, con la intensidad con que las estructuras son afectadas por los sismos analizados; esto nos permitirá reconocer si en algunos lugares se pueden dar el fenómeno de la ***doble resonancia***.

Este enfoque multidisciplinario nos permite obtener una visión integral de los riesgos sísmicos en cada área estudiada, lo que a su vez facilita la implementación de medidas de mitigación y preparación adecuadas para reducir el impacto de futuros eventos sísmicos en la población y las estructuras.

1.1.1.5.1. Mapa de Vulnerabilidad Sísmica Para la Ciudad de Guadalajara Y Zona Metropolitana

Para el análisis de vulnerabilidad en la Zona Metropolitana de Guadalajara, se han identificado ***seis sectores*** con una alta densidad de edificios de más de cinco pisos de altura, los cuales han sido marcados en polígonos de color morado. En la Imagen GEO-A-38, mediante una imagen en tres dimensiones, se visualiza la disparidad en alturas entre las estructuras dentro de estos polígonos y el resto de la ciudad, lo que resalta la importancia de evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones frente a eventos sísmicos.

Imagen GEO-A-38. Análisis de vulnerabilidad para la zona metropolitana de Guadalajara, empleando zonas de edificaciones mayores a 5 pisos, periodo fundamental del suelo y la intensidad generado por el sismo de Colima Mw. 8.0 para periodos estructurales de PGA, 0.7, 1 y 2 segundos.



Fuente: elaboración propia empleando recursos de Google Earth.

En la tabla GEO–A–03 se describe los elementos sociales y estructurales que se encuentran dentro de los seis sectores seleccionados en la imagen Geo- A- 38

Tabla GEO-A-3. Zonificación de la ZMG basada en el periodo dominante del suelo.

Elemento	Cantidad	Descripción
1	63828	Habitantes
2	28403	Viviendas
3	67	Escuelas
4	9	Hospitales

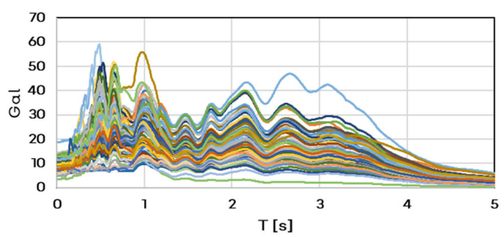
5	2	Centros comerciales
6	13558	Establecimientos Económicos

Fuente: Efecto de sitio Lermo elaborado a partir de los datos abiertos de INEGI. (2024). Censo de Población y Vivienda

1.1.1.5.2. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0)

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, que incluye también la zona de Tesistán, se utilizaron alrededor de 77 funciones de transferencia empírica (FTE) para estimar las aceleraciones generadas por el sismo de Colima de magnitud Mw8.0. Estas FTE representan la respuesta del suelo en diferentes puntos de la zona de estudio. La Imagen GEO-A-39 muestra los 77 espectros de respuesta, graficados bajo la misma escala y en líneas continuas de diferentes colores. Cada espectro corresponde a un punto donde se aplicó una FTE para estimar las aceleraciones de los registros sintéticos. Se observa que algunos valores de periodo alcanzan aceleraciones de hasta 60 gal, destacándose entre los periodos de 0.4 y 1.5 segundos, así como entre 2 y 3 segundos. De los periodos identificados con las mayores aceleraciones en los espectros de respuesta, se seleccionaron los de 0.7 s, 1.0 s y 2.0 s, así como la aceleración pico del suelo (PGA, por sus siglas en inglés).

Imagen GEO-A-39. Espectros de respuesta simulados para el terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0).



Fuente: Elaboración propia.

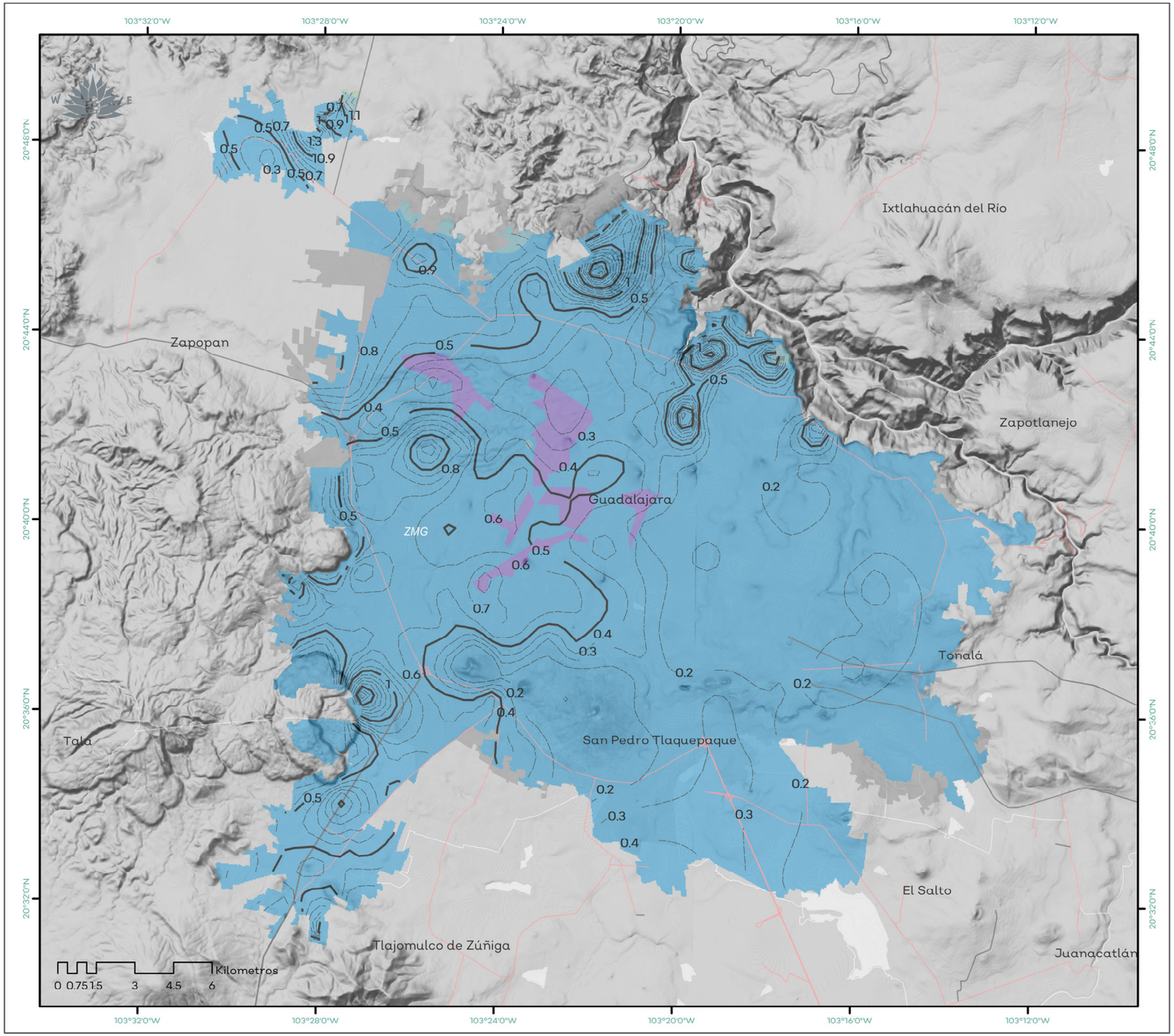
Para analizar la vulnerabilidad sísmica para las dos fuentes sísmicas en la Zona Metropolitana de Guadalajara, utilizaremos mapas con los escenarios sísmicos generados para esta ciudad, para los periodos estructurales seleccionados (PGA, 0.7 s, 1.0 s y 2.0 s).

En los mapas GEO-A-04, GOE-A-05, GEO-A-06 y GEO-A-07 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente de subducción, ósea para el temblor del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0). Primero, en el mapa GEO-A-04, se muestra las aceleraciones a nivel del suelo (PGA) para el temblor de subducción de Colima, la cual como se observa solo llegó a una aceleración de 10 gales en toda el área de estudio; sin embargo, para periodos estructurales de 0.7, 1.0 y 2.0 segundos (mapas GEO-A-05, GEO-A-06 y GEO-A-07 respectivamente), se observa que las aceleraciones máximas se concentran en la parte central de la metrópoli, desde el centro histórico hasta la parte sur del Periférico, así como en la frontera con el municipio de Tesistán.

Esta vulnerabilidad sísmica no solo se relaciona con el periodo estructural de las edificaciones, sino también con el periodo fundamental del suelo, que puede dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, ya comentada, si coincide con el periodo de la estructura. Se destaca que las zonas de edificios altos en la parte oeste y centro de la ciudad (identificadas en los polígonos morados) caen en periodos del suelo que superan los 0.5 segundos, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad para construcciones de entre cinco y diez pisos.

Por lo tanto, este análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica en la Zona Metropolitana de Guadalajara permite identificar áreas específicas con mayor riesgo ante eventos sísmicos de diferente fuente, lo que proporciona información valiosa para la planificación urbana, la implementación de medidas de mitigación y la reducción del impacto de futuros sismos en las edificaciones y la población.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de PGA
GEO - A - 04

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

5 - 10	21 - 25	36 - 40	51 - 55
11 - 15	26- 30	41 - 45	
16- 20	31 - 35	46 - 50	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



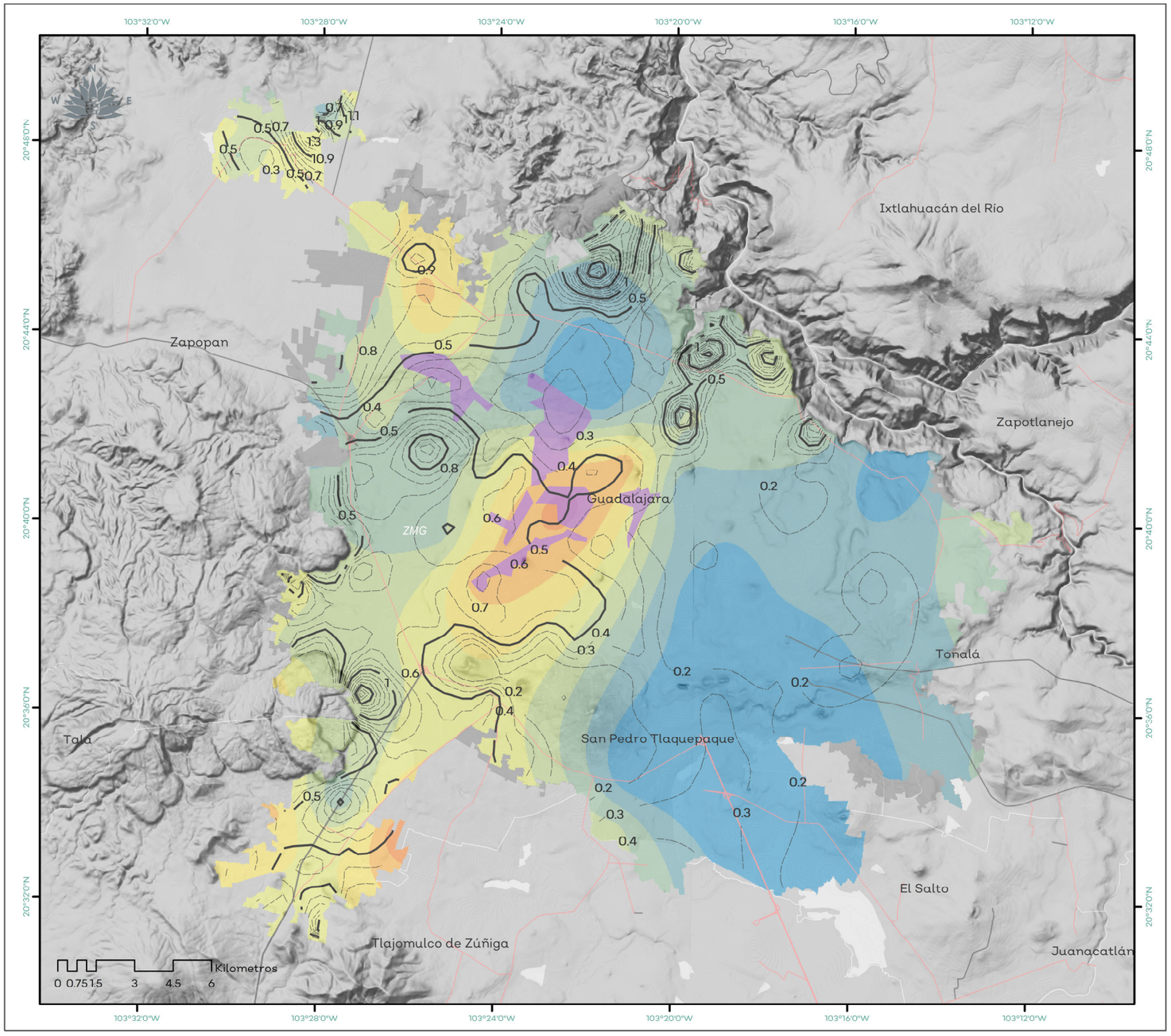
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de 0.7 s
GEO - A - 05

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

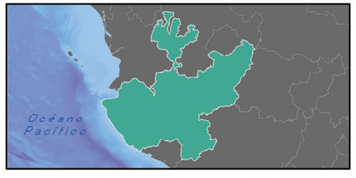
5 - 10	21 - 25	36 - 40	51 - 55
11 - 15	26- 30	41 - 45	
16- 20	31 - 35	46 - 50	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



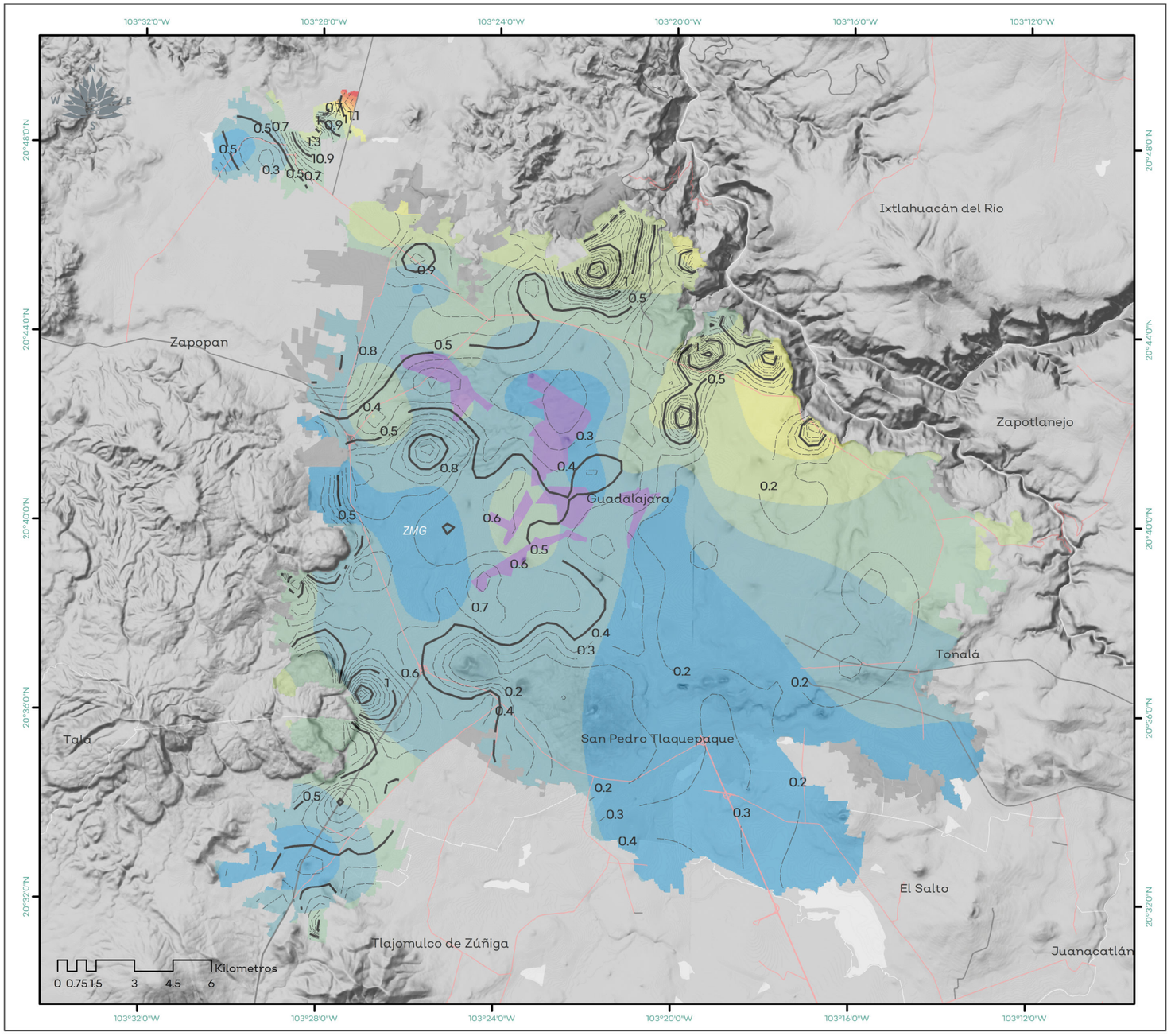
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de 2 s
GEO - A - 07

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

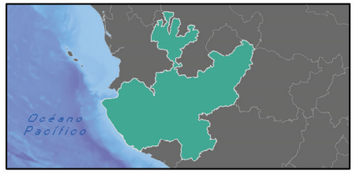
5 - 10	21 - 25	36 - 40	51 - 55
11 - 15	26- 30	41 - 45	
16- 20	31 - 35	46 - 50	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

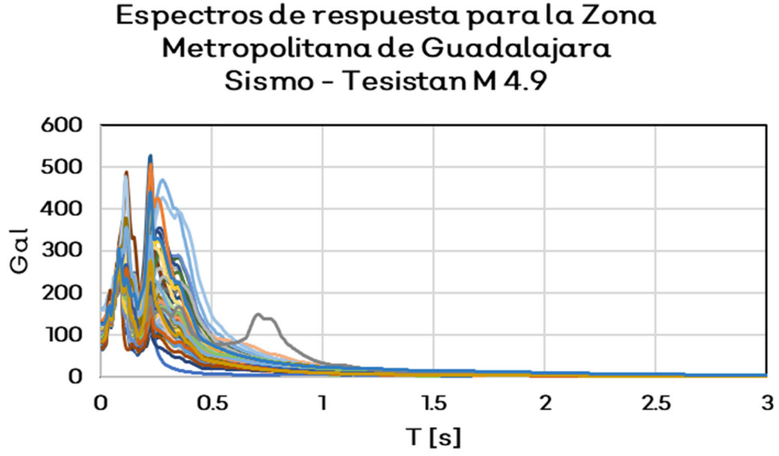
Junio 2024

1.1.1.5.3. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Temblor cortical del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9)

Continuando con el análisis de vulnerabilidad en la Zona Metropolitana de Guadalajara, se evalúa la intensidad generada por el sismo de Tesistán. Este tipo de sismo muestra escenarios sísmicos más intensos en periodos estructurales bajos, menores a 0.4 segundos, lo que sugiere que no representaría un gran peligro para edificaciones de gran altura (identificadas en los polígonos morados). Sin embargo, es importante destacar que gran parte de la ciudad está conformada por casas humildes de autoconstrucción y residencias de entre uno y tres pisos, lo que las hace vulnerables a las intensidades generadas por este tipo de sismos locales y corticales, caracterizados por altas frecuencias.

Nuevamente, para este sismo de Tesistán, se utilizarán también las 77 funciones de transferencia empírica (FTE) previamente mencionadas, para el desarrollo de mapas de escenarios sísmicos en la Zona Metropolitana de Guadalajara. En la Imagen GEO-A-40 se muestran los espectros de respuesta para este sismo. A diferencia del sismo de Colima de fuente de subducción analizado anteriormente, en este caso, los máximos de aceleración se concentran en los periodos bajos, siendo menores a 0.5 segundos. Otra diferencia notable radica en los valores de aceleración alcanzados, donde en algunos puntos de la ciudad se percibieron hasta 500 gal. Se observa que las máximas aceleraciones se encuentran en los periodos de 0.1 y 0.2 segundos, disminuyendo exponencialmente hasta prácticamente alcanzar valores nulos. Por esta razón, se seleccionaron los periodos de PGA, 0.1, 0.2 y 0.4 segundos para analizar la distribución de aceleraciones en la Zona Metropolitana de Guadalajara y Tesistán.

Imagen GEO-A-40. Espectros de respuesta simulados para el temblor cortical del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9).



Fuente: Elaboración propia.

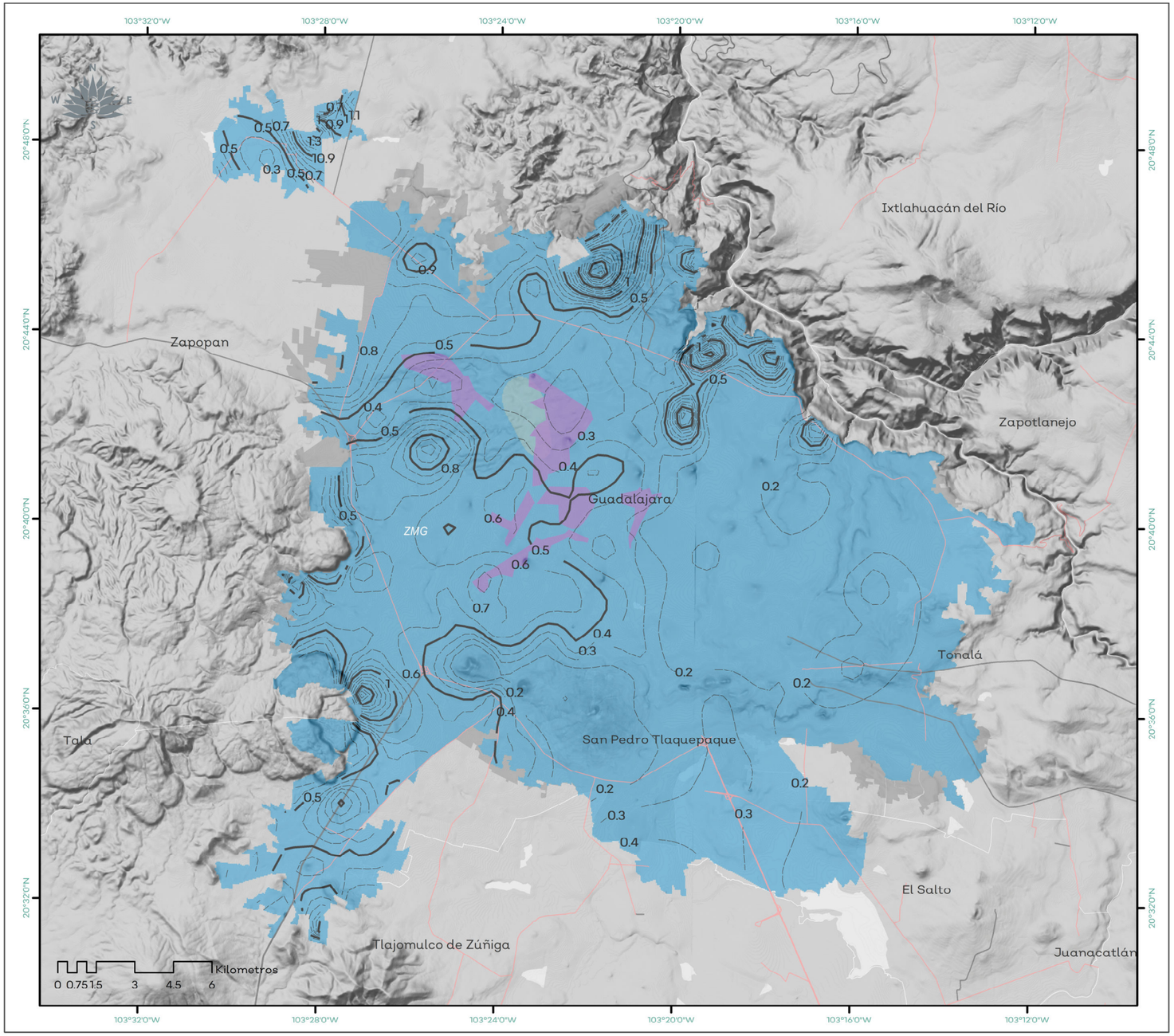
En los mapas GEO-A-08, GEO-A-09, GEO-A-10 y GEO-A-11 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para los tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente cortical, ósea para el temblor del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9). Primero, la Imagen GEO-A-08, muestra las aceleraciones a nivel del suelo (PGA), la cual como se observa llega a una aceleración de 95 gales en toda el área de estudio; sin embargo, para el periodo estructural de 0.1 segundos (mapa GEO-A-09), se observa que las aceleraciones máximas de 276 hasta 500 gales se concentran para las curvas de igual periodo dominante del suelo entre 0.1 y 0.2 segundos al poniente de la metrópoli, en la parte norte de Tlaquepaque y rumbo a Tonalá.

Mientras que para un periodo estructural de 0.2 s (Mapa GEO-A-10), estas aceleraciones mayores a los 276 hasta 500 gales se localizan en la parte norte y sur de la ciudad. En particular, en la parte norte, inicia alrededor de la frontera de Guadalajara con Zapopan en el río San Juan y se extiende hacia Tesistán, donde también se observan aceleraciones máximas (alrededor de los 400 gales) en su parte norte y central. Además, en la parte sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, se registran también estos mismos valores de aceleración, especialmente en la zona de Santa María Tequepexpan.

Esta vulnerabilidad sísmica no solo se relaciona con el periodo estructural de las edificaciones, sino también con el periodo fundamental del suelo, que puede dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, ya comentada, si coincide con el periodo de la estructura. Se destaca que las zonas de vivienda económica y de autoconstrucción hacia el este o poniente de la ciudad, así como en la parte central de la ciudad caen en periodos del suelo que se encuentran entre 0.1 a 0.3 segundos, lo que sugiere una mayor revisión para construcciones de entre uno y tres pisos.

Por lo tanto, este análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica en la Zona Metropolitana de Guadalajara permite identificar áreas específicas con mayor riesgo ante eventos sísmicos de diferente fuente, lo que proporciona información valiosa para la planificación urbana, la implementación de medidas de mitigación y la reducción del impacto de futuros sismos en las edificaciones y la población.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerbilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de PGA
GEO - A - 08

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

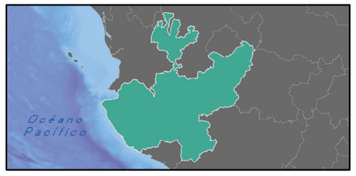
50 - 95	186 - 230	321 - 365	456 - 500
96 - 140	231 - 275	366 - 410	
141- 185	276 - 320	411 - 455	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



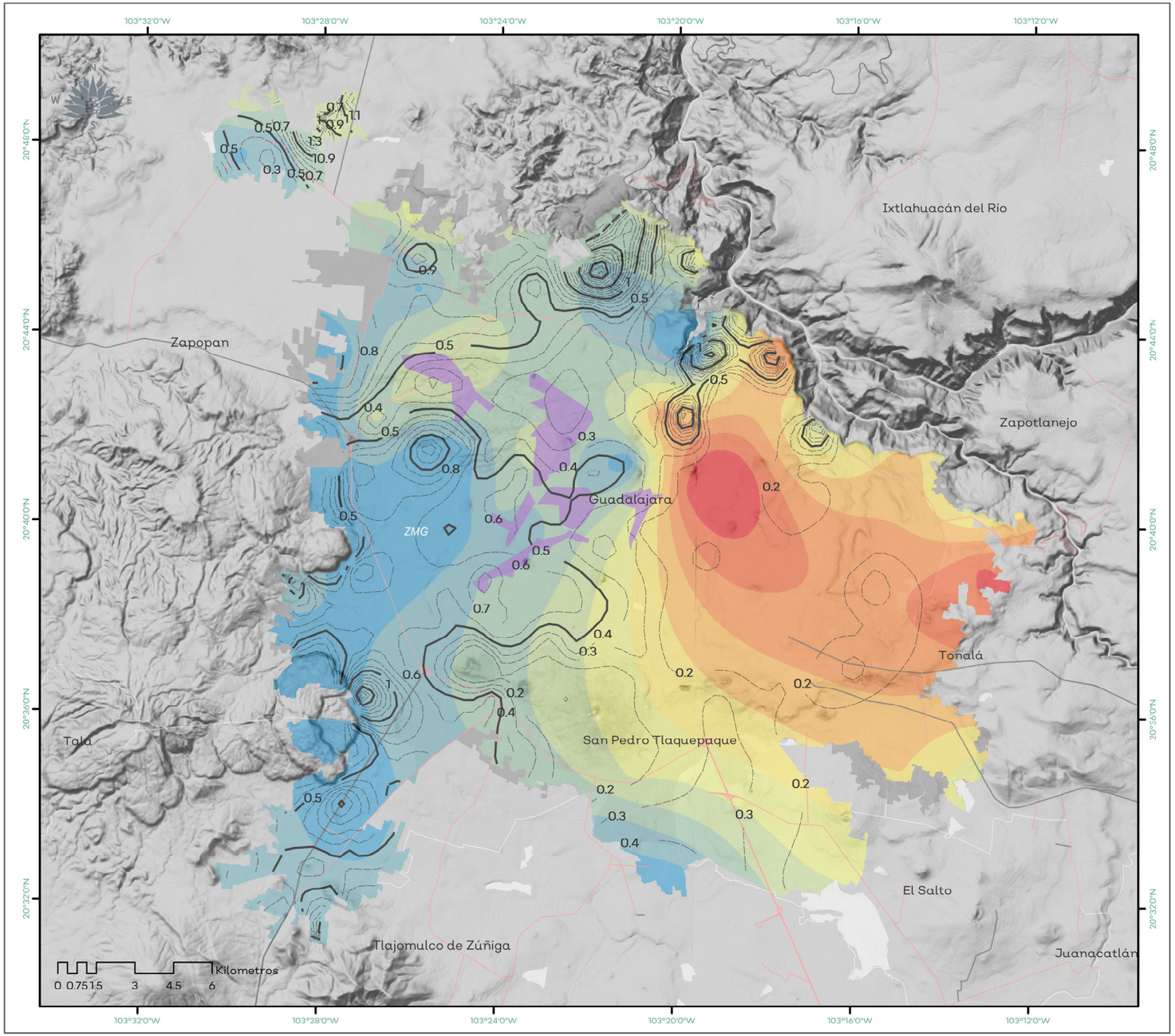
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerbilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.1 s
GEO - A - 09

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

50 - 95	186 - 230	321 - 365	456 - 500
96 - 140	231 - 275	366 - 410	
141- 185	276 - 320	411 - 455	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

Carretera Estatal
Carretera Federal
Cuerpos de Agua
Zonas Urbanas
Límite de Estudio
Limite Estatal

Ubicación



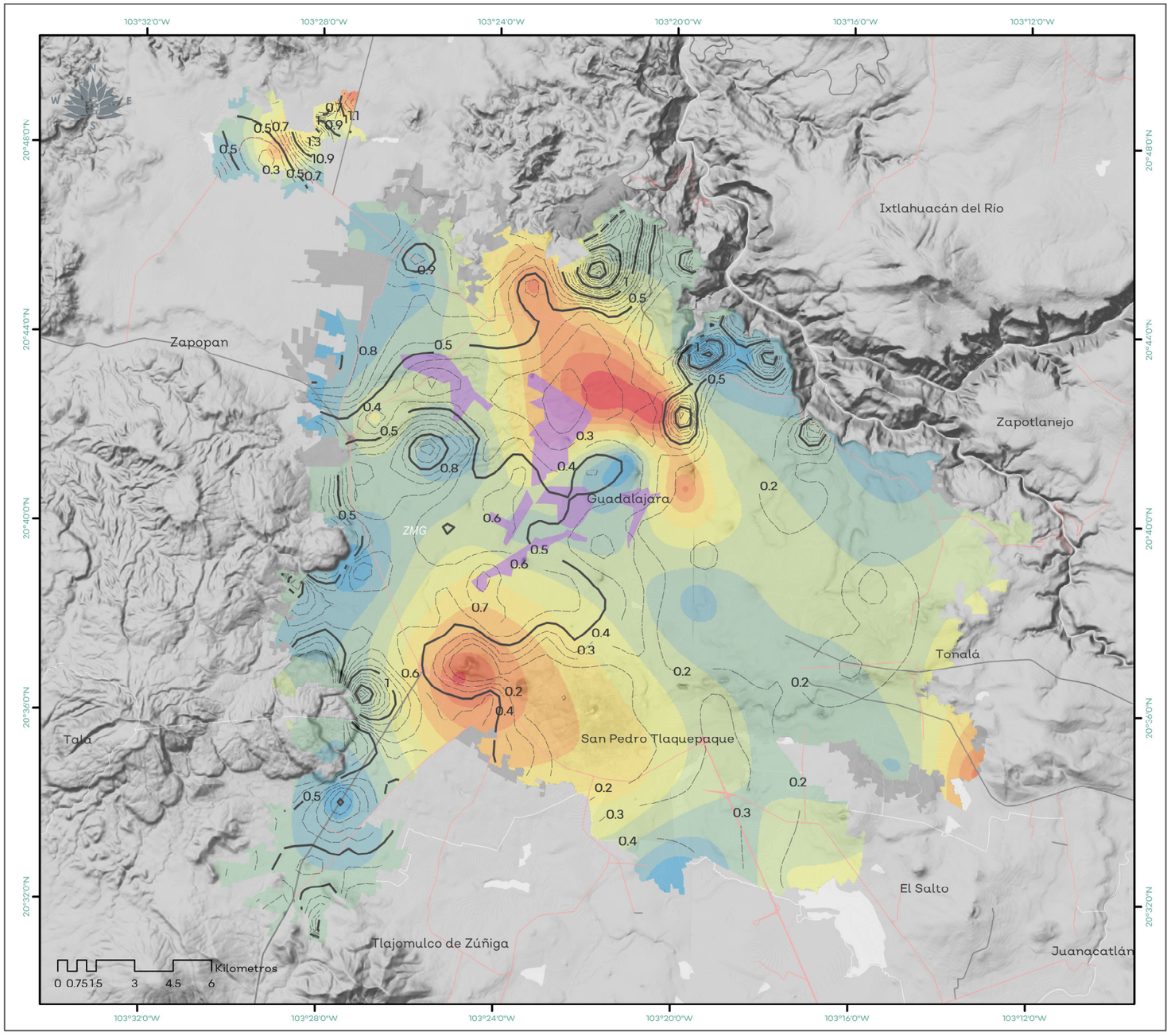
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerbilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.2 s
GEO - A - 10

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

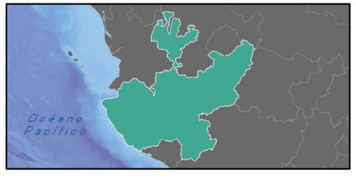
50 - 95	186 - 230	321 - 365	456 - 500
96 - 140	231 - 275	366 - 410	
141- 185	276 - 320	411 - 455	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



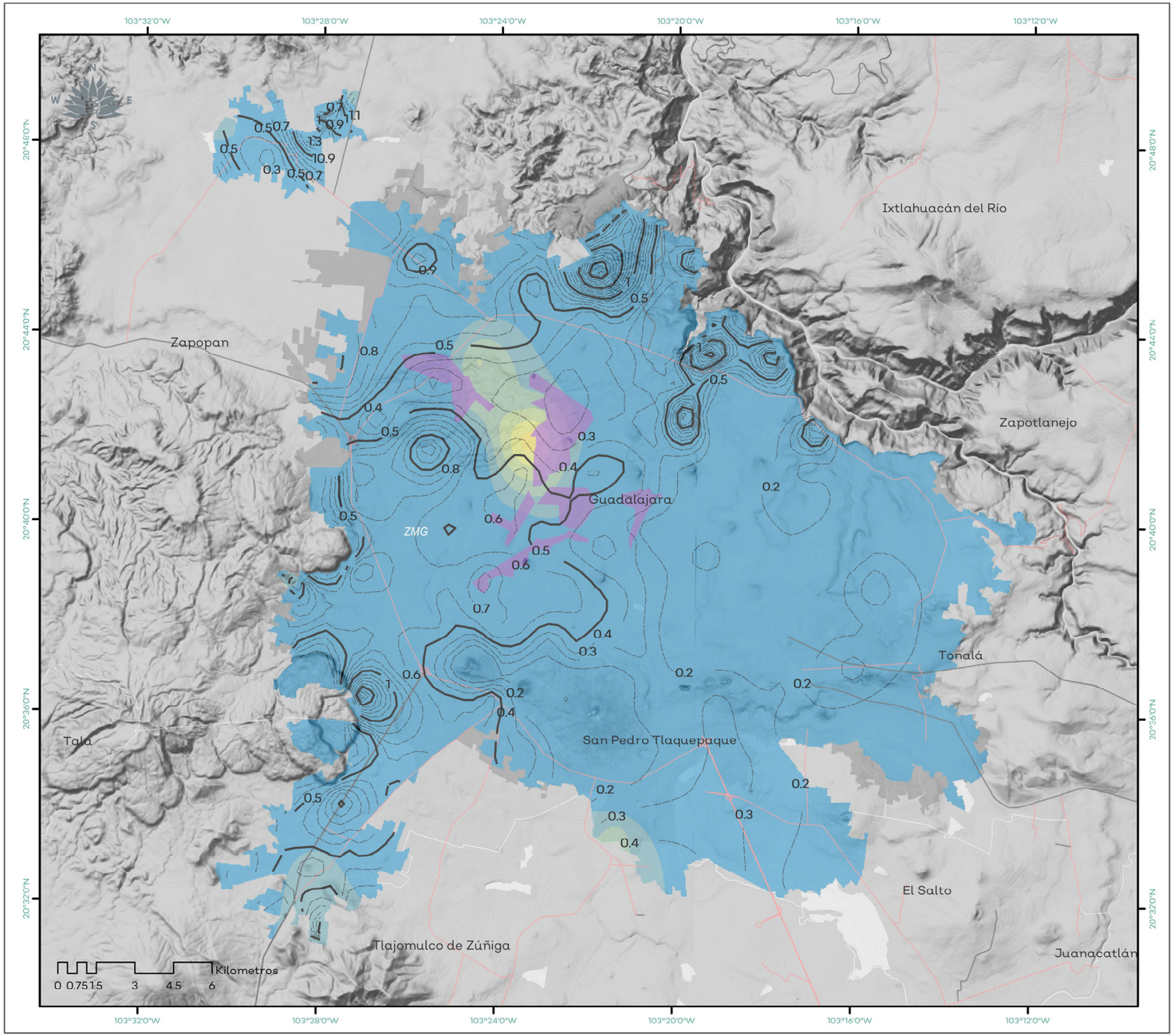
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerbilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.4 s
GEO - A - 11

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

50 - 95	186 - 230	321 - 365	456 - 500
96 - 140	231 - 275	366 - 410	
141- 185	276 - 320	411 - 455	

Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.5.4. Mapa De Vulnerabilidad Sísmica Para La Ciudad De Puerto Vallarta, Jalisco

Siguiendo con el estudio de vulnerabilidad sísmica, nos enfocamos ahora en la zona de Puerto Vallarta. Después de haber evaluado detalladamente la vulnerabilidad en la Zona Metropolitana de Guadalajara, es crucial extender este análisis a otras áreas de interés. Puerto Vallarta, ubicada en la costa del Pacífico mexicano, presenta características geográficas y urbanas distintas a las de Guadalajara, lo que podría influir en su vulnerabilidad ante eventos sísmicos.

En primer lugar, se realizó una delimitación de las áreas con mayor concentración de edificaciones de altura en Puerto Vallarta, con el objetivo de identificar los puntos críticos en términos de vulnerabilidad estructural. Al igual que en Guadalajara, se emplearon imágenes satelitales y herramientas de análisis geoespacial para este fin. Se identificaron polígonos que representan las zonas con mayor densidad de edificaciones altas, las cuales serán objeto de análisis detallado en relación con la vulnerabilidad sísmica.

Además de la delimitación de las áreas con alta concentración de edificaciones de más de 5 pisos de altura, es importante considerar el perfil turístico de Puerto Vallarta. Esta ciudad costera es reconocida como un destino vacacional popular, lo que ha impulsado la construcción de numerosos complejos turísticos a lo largo de la costa. En la Imagen GEO-A-41, se muestran estas zonas en tres dimensiones, donde se concentran importantes complejos hoteleros y residenciales de gran altura. Se identificaron tres áreas principales con una alta densidad de edificaciones de estas características, las cuales fueron delimitadas mediante polígonos de color morado. Además, se observaron otras dos zonas con edificaciones que superan los 3 pisos de altura, y no sobrepasan los 5 pisos de altura en su mayoría, las cuales fueron también delimitadas mediante polígonos de color verde.

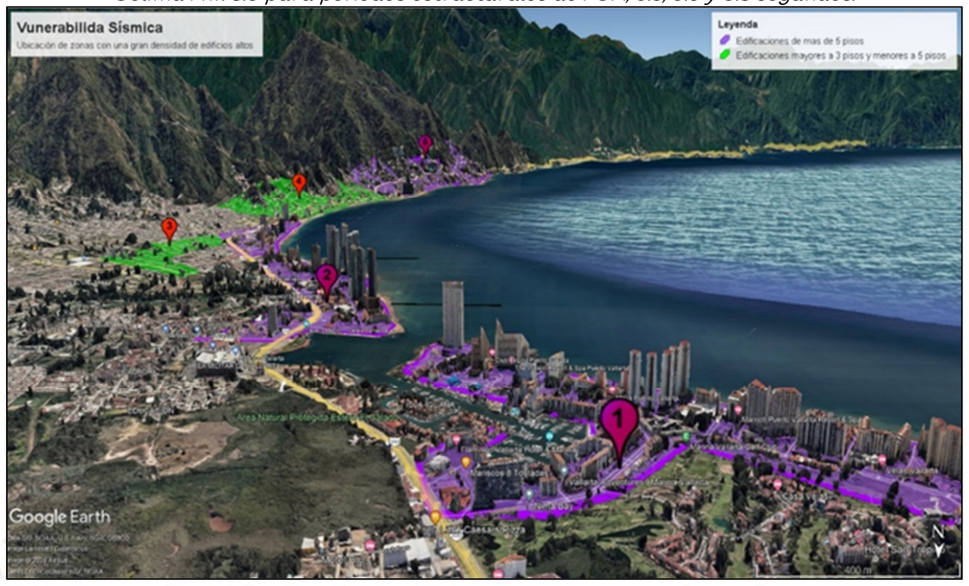
En la tabla GEO – A – 04 se describe los elementos sociales y estructurales que se encuentran dentro de los seis sectores seleccionados en la imagen GEO- A- 41

Tabla GEO-A-4. Zonificación del municipio de Puerto Vallarta basada en el periodo dominante del suelo.

Elemento	Cantidad	Descripción
1	15504	Habitantes
2	18407	Viviendas
3	14	Escuelas
4	5	Hospitales
5	17	Plazas Comerciales
6	3878	Establecimientos Económicos

Fuente: Efecto de sitio Lermo elaborado a partir de los datos abiertos de INEGI. (2024). Censo de Población y Vivienda

Imagen GEO-A-41. Análisis de vulnerabilidad sísmica para la ciudad de Puerto Vallarta, empleando zonas de edificaciones mayores a 5 pisos (polígonos de color morado 1, 2 y 6) y zonas de edificaciones entre 3 y 5 pisos (polígonos de color verde 2 y 3), periodo fundamental del suelo y la intensidad generado por el sismo de Colima Mw. 8.0 para periodos estructurales de PGA, 0.3, 0.6 y 0.8 segundos.



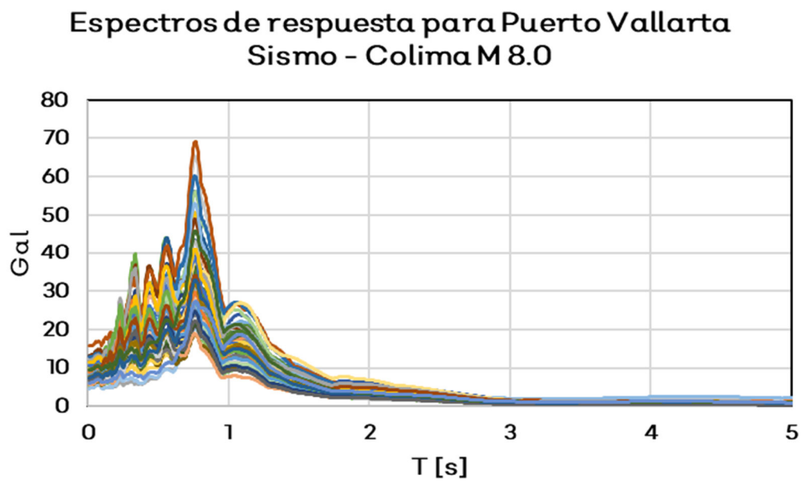
Fuente: Elaboración propia empleando recursos de Google Earth.

1.1.1.5.5. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0)

El sismo de Colima de 1995, con una magnitud de 8.0, dejó una huella histórica en el estado de Jalisco. Este evento fue perceptible en diversas zonas del estado y pudo registrarse en la estación PVAL, ubicada en Puerto Vallarta. A partir de este registro, se estimaron las aceleraciones percibidas en diferentes puntos de la ciudad mediante al menos 67 FTE, que ayudaron a comprender la respuesta en aceleración de este sismo para distintos periodos estructurales, utilizando también sus respectivos espectros de respuesta. La Imagen GEO-A-42 muestra el conjunto de 67 espectros de respuesta graficados con colores distintos, donde se destacan picos de aceleraciones máximas en periodos entre 0.3, 0.6 y 0.8 segundo.

Para evaluar la vulnerabilidad en este puerto, se emplearon los escenarios sísmicos generados a partir del sismo de Colima de magnitud 8.0. Estos escenarios consideran el PGA y los periodos estructurales de 0.3, 0.6 y 0.8 segundos.

Imagen GEO-A-42. Espectros de respuesta simulados para el terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0).

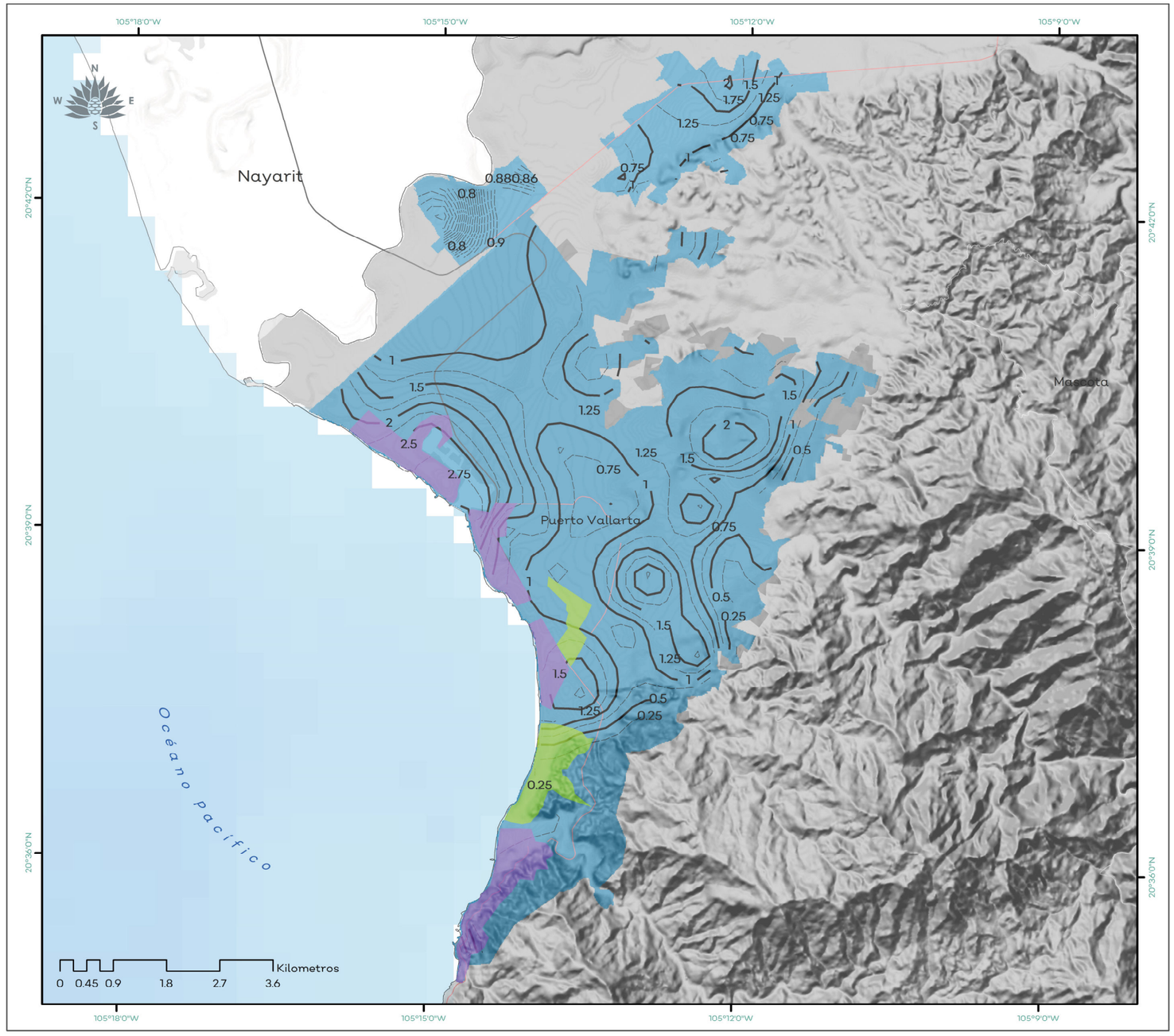


Fuente: Elaboración propia.

En los mapas GEO-A-12, GEO-A-13, GEO-A-14 y GEO-A-15 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente de subducción, ósea para el temblor del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0). En el mapa GEO-A-12, se muestra las aceleraciones a nivel del suelo (PGA) y 0.1 gales para el temblor de subducción de Colima, la cual como se observa una distribución uniforme de aceleraciones que no superan los 22 gal; sin embargo, para el periodo estructural de 0.6 y 0.8 segundos (Mapas GEO-A-14 y GEO-A-15 respectivamente), se observa que las aceleraciones máximas entre 30 y 50 gales se concentran en la parte central y sur de la ciudad, precisamente donde se encuentran los polígonos de color verde y morado, los cuales agrupan estructuras entre 3 a 5 pisos y mayores a los 5 niveles, respectivamente. Si ahora observamos las curvas de igual periodo de estas zonas, vemos valores de 0.25 a 0.5 segundos, los cuales pueden dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, si coincide con los periodos de las estructuras.

Esto es cierto, si tomamos en cuenta la gran distancia de este temblor que estamos analizando (más de 200 km); sin embargo, en un futuro, se puede repetir un terremoto como el del 3 de junio de 1932 Mw8.2 que ocurrió a menor distancia u otro en la zona de subducción frente al puerto de Vallarta, las aceleraciones serían mucho más grandes.

Por lo tanto, uno de los aspectos fundamentales en el análisis de vulnerabilidad en Puerto Vallarta es la consideración de la interacción entre la intensidad del sismo y las características del suelo en la zona. Esta integración proporciona una visión más completa de la vulnerabilidad, ya que no solo se consideran las características de las edificaciones, sino también las condiciones del terreno sobre el cual están construidas.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subdcción en un Periodo de PGA
GEO - A - 12

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

10 - 14	23 - 26	35 - 38	47 - 50
15 - 18	27 - 30	39 - 42	
19 - 22	31 - 34	43 - 46	

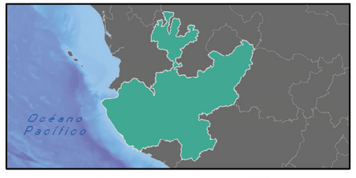
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



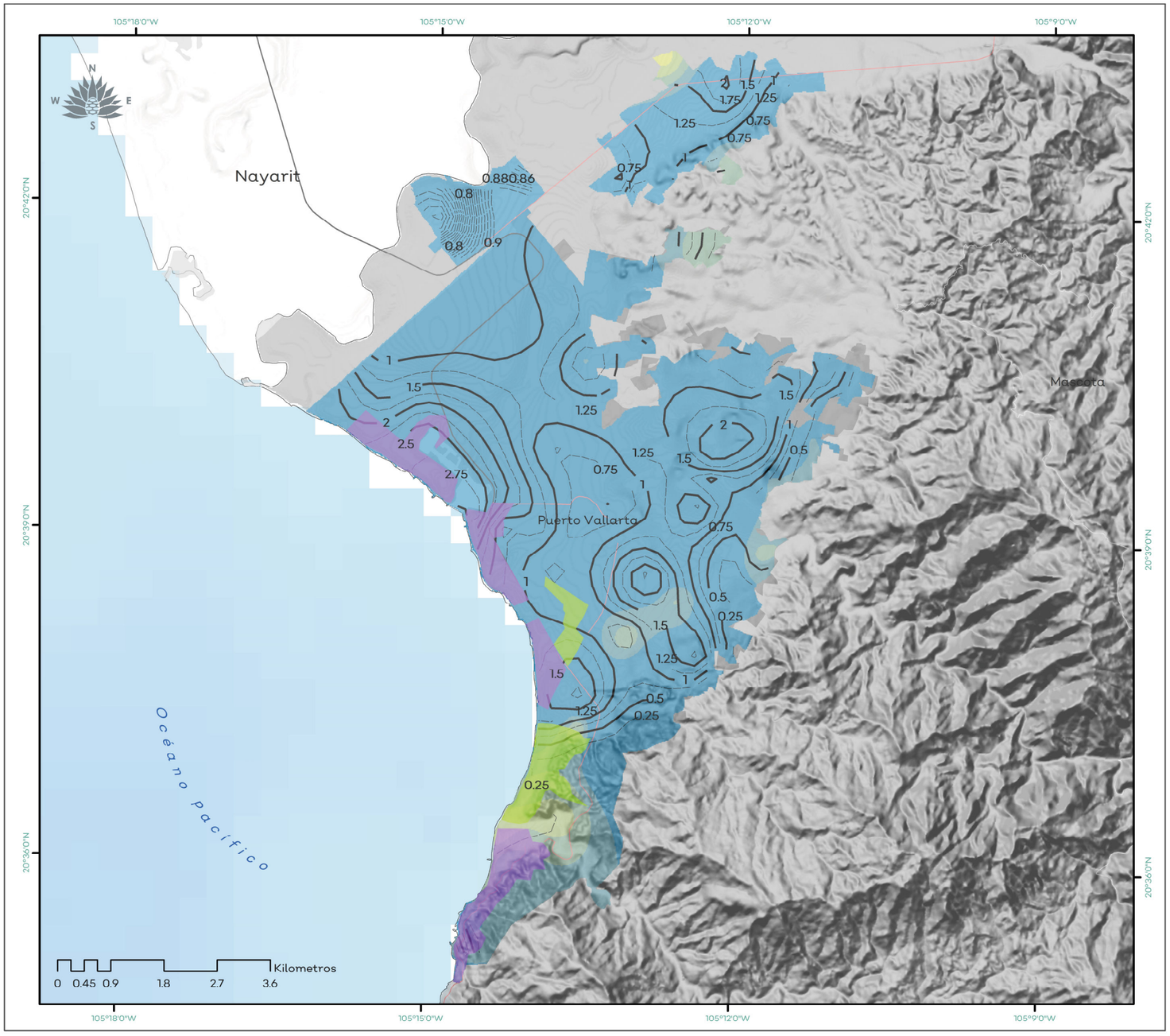
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subdcción en un Periodo de 0.3 s
GEO - A - 13

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

10 - 14	23 - 26	35 - 38	47 - 50
15 - 18	27 - 30	39 - 42	
19 - 22	31 - 34	43 - 46	

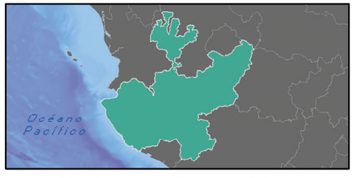
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



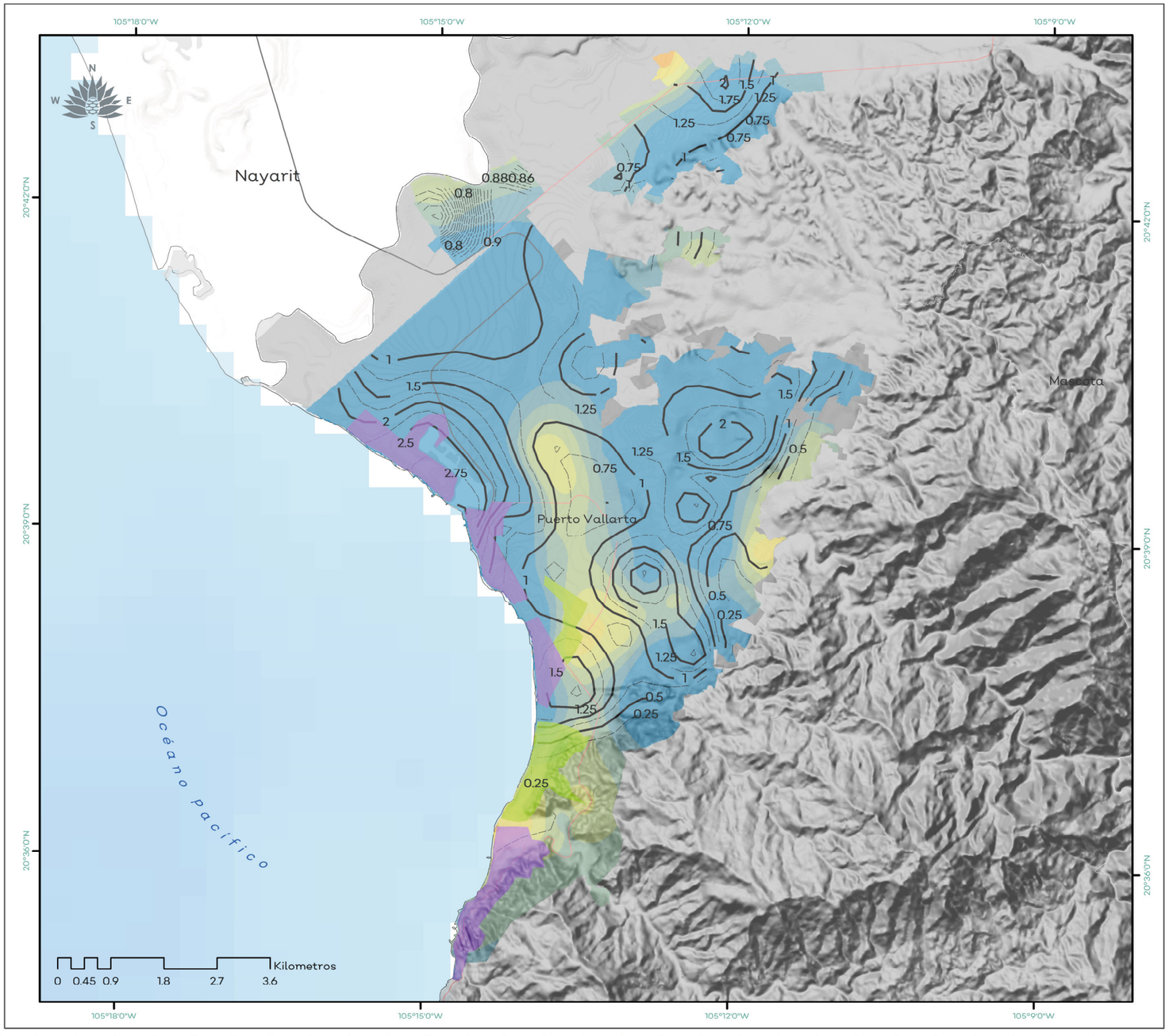
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subdcción en un Periodo de 0.6 s
GEO - A - 14

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

10 - 14	23 - 26	35 - 38	47 - 50
15 - 18	27 - 30	39 - 42	
19 - 22	31 - 34	43 - 46	

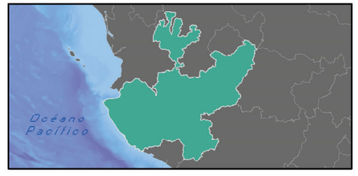
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



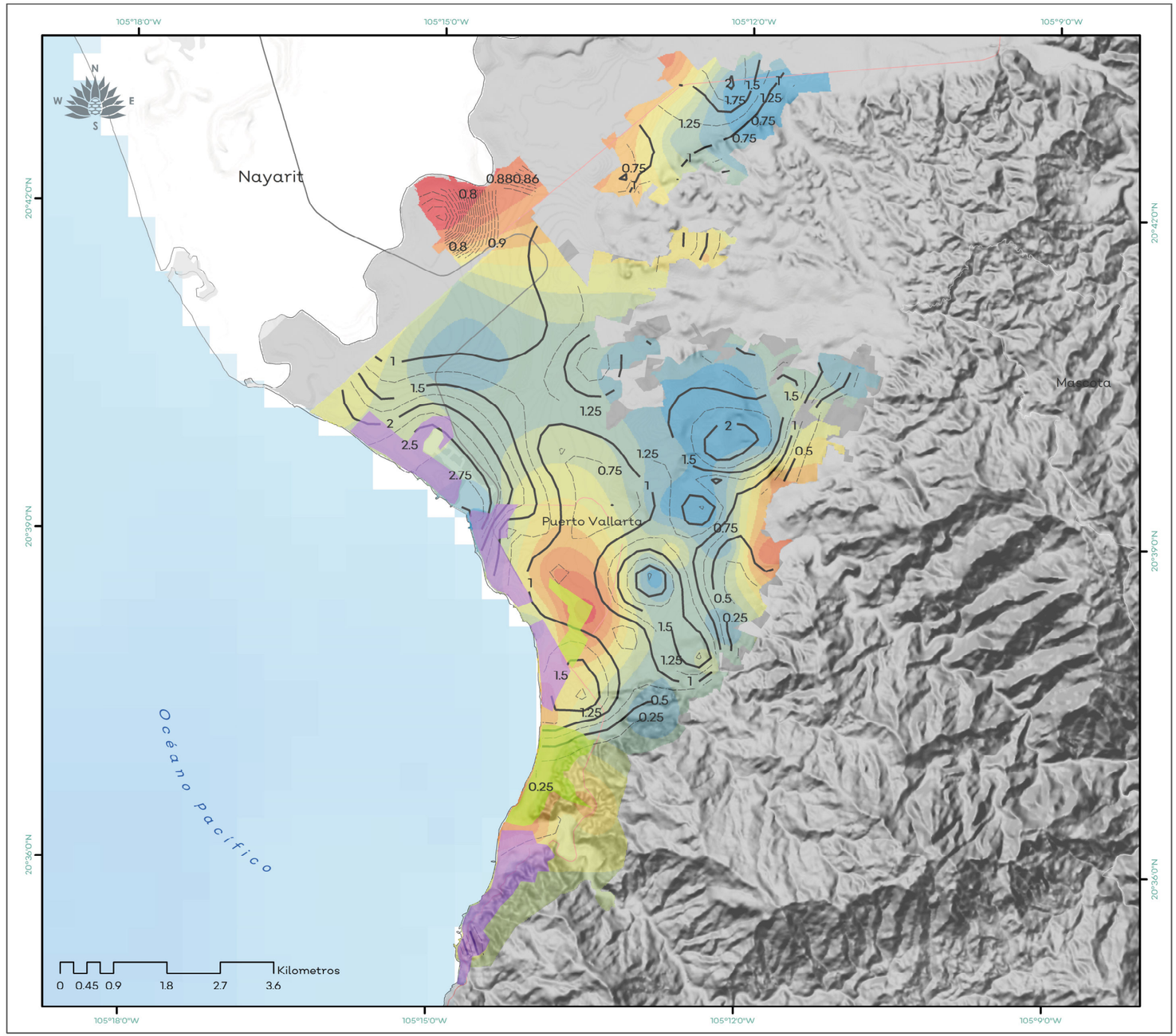
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subdcción en un Periodo de 0.8
GEO - A - 15

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

10 - 14	23 - 26	35 - 38	47 - 50
15 - 18	27 - 30	39 - 42	
19 - 22	31 - 34	43 - 46	

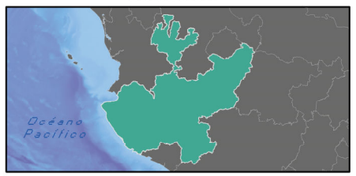
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

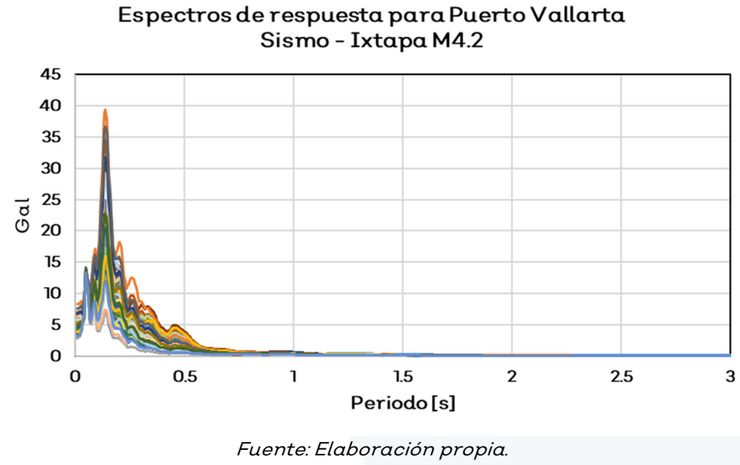
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INFGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.5.6. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Temblor cortical del 16 de octubre de 2013 en Ixtapa, Jalisco (Mw4.2)

El sismo de Ixtapa, con una magnitud de 4.2, exhibe en sus espectros de respuesta una concentración de aceleraciones máximas en periodos bajos, todos inferiores a 0.5 segundos. El valor máximo alcanzado es de 40 gal en aproximadamente 0.1 segundos. La Imagen GEO-A-50 muestra el conjunto de 67 espectros de respuesta graficados con colores distintos, donde se43picos de aceleraciones máximas en periodos entre 0.1, 0.2 y 0.3 segundo.

Imagen GEO-A-43. Espectros de respuesta simulados para el temblor cortical del 16 de octubre de 2013 en Ixtapa, Jalisco (Mw4.2).

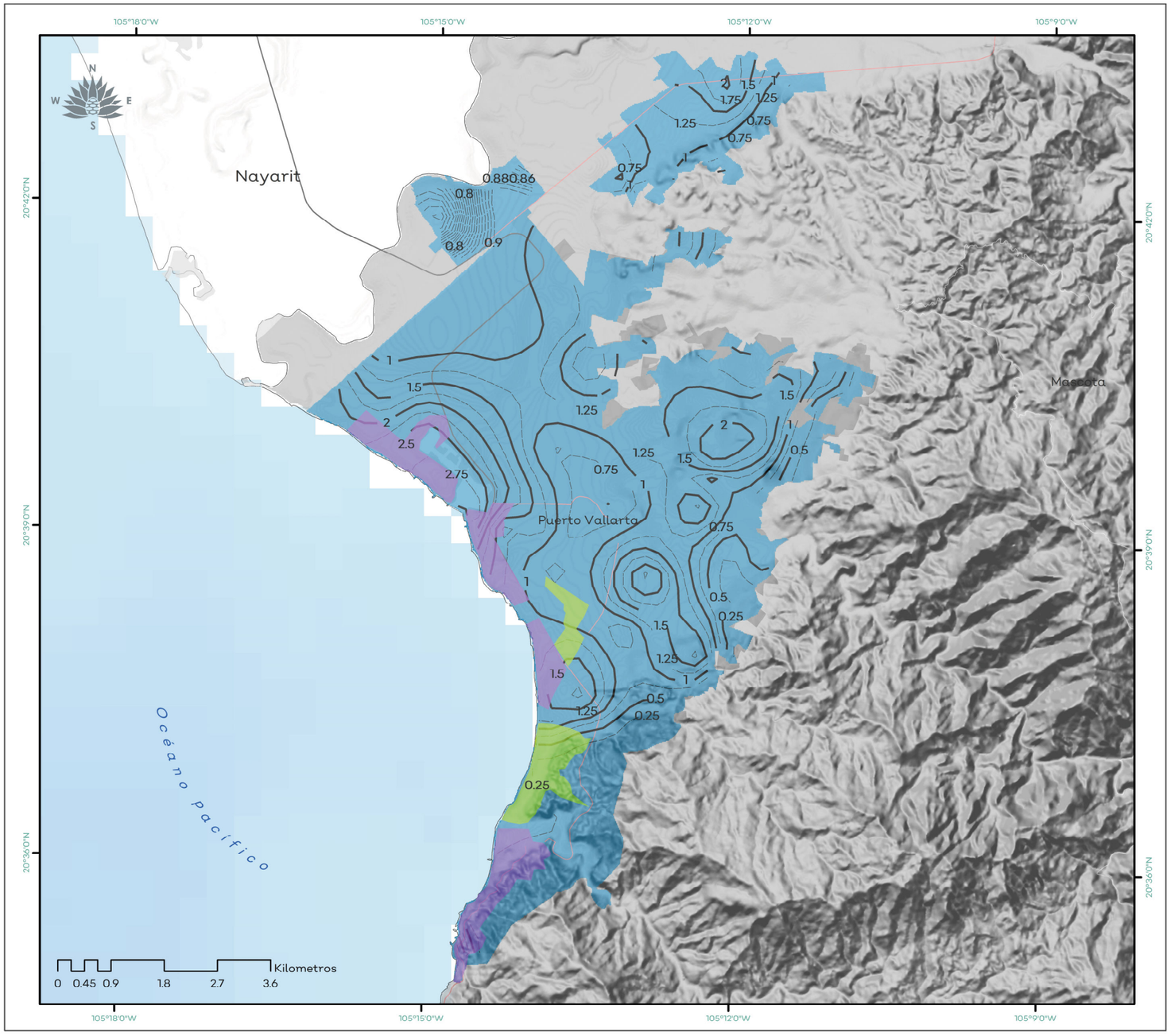


Fuente: Elaboración propia.

Nuevamente en los mapas GEO-A-16, GEO-A-17, GEO-A,18 y GEO-A-19 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para los tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente cortical, ósea para el temblor del 16 de octubre de 2013 en Ixtapa, Jalisco (Mw4.2). De las cuatro imágenes, se observa claramente que el periodo estructural más intenso se registra en 0.1 segundos (Mapa GEO-A-17). Se destaca que la zona de Ixtapa y toda la parte sur de la ciudad son las que presentan las mayores aceleraciones, llegando a alcanzar hasta los 50 gal. En cuanto al segundo escenario más intenso, para un periodo de 0.2 segundos, se observa que la parte sur de la ciudad registra aceleraciones de entre 20 y 30 gal. (Mapa GEO-A-18).

Se puede considerar que la zona más vulnerable ante sismos de estas características es la parte sur de Puerto Vallarta. En esta zona, no solo se registra un periodo fundamental del suelo bajo, sino que también se presentan importantes valores de intensidad, lo que incrementa el riesgo para las estructuras presentes en esta área.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de PGA
GEO - A - 16

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

0 - 5	16 - 20	31 - 35	46 - 50
6 - 10	20 - 25	36 -40	
11 - 15	26 - 30	41 - 45	

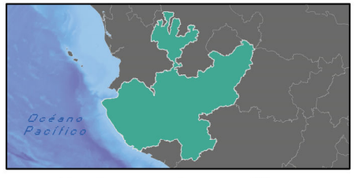
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



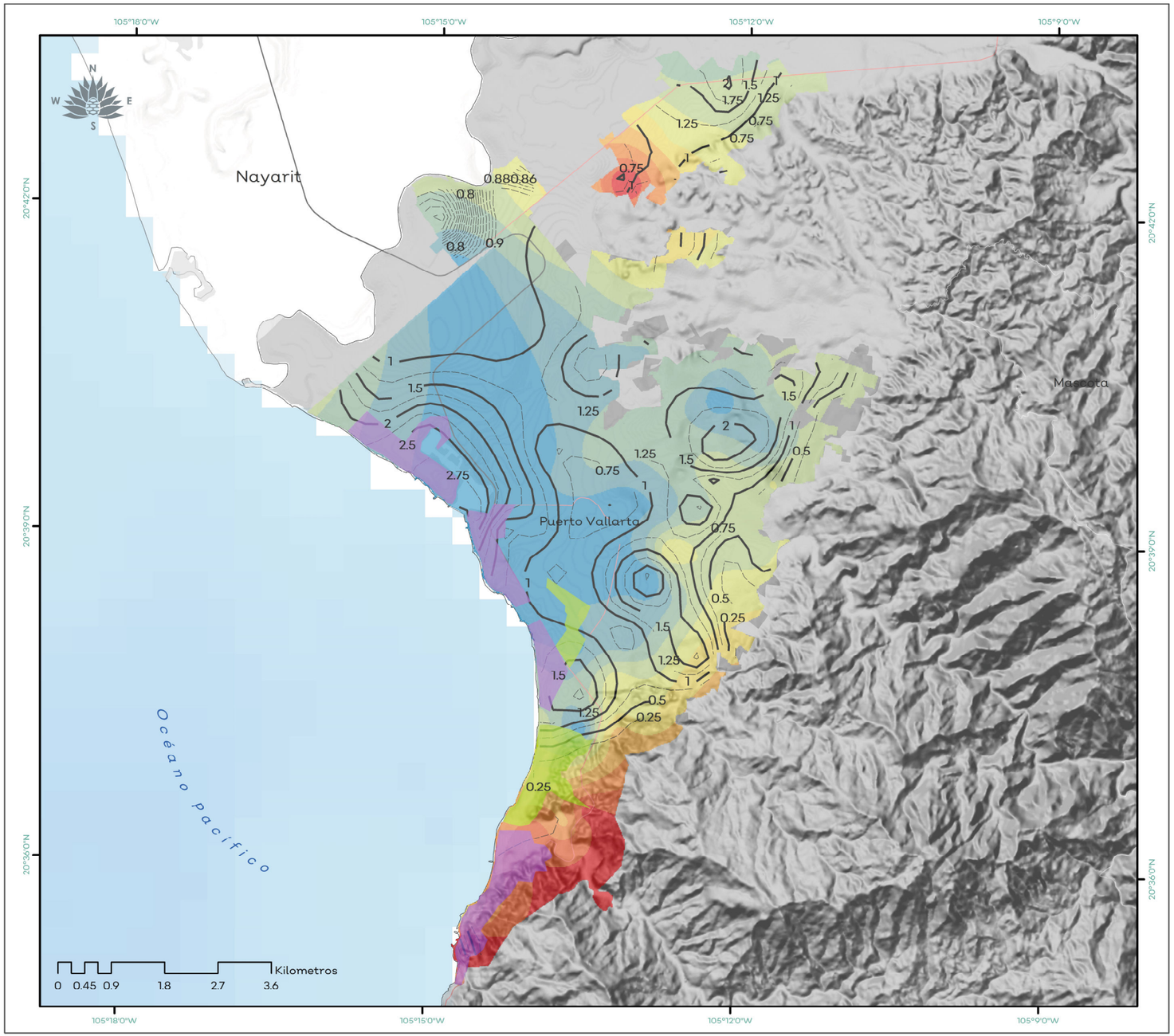
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.1 s
GEO - A - 17

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

0 - 5	16 - 20	31 - 35	46 - 50
6 - 10	20 - 25	36 -40	
11 - 15	26 - 30	41 - 45	

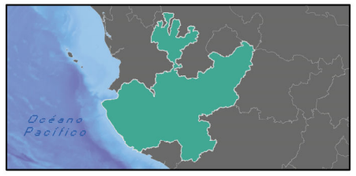
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



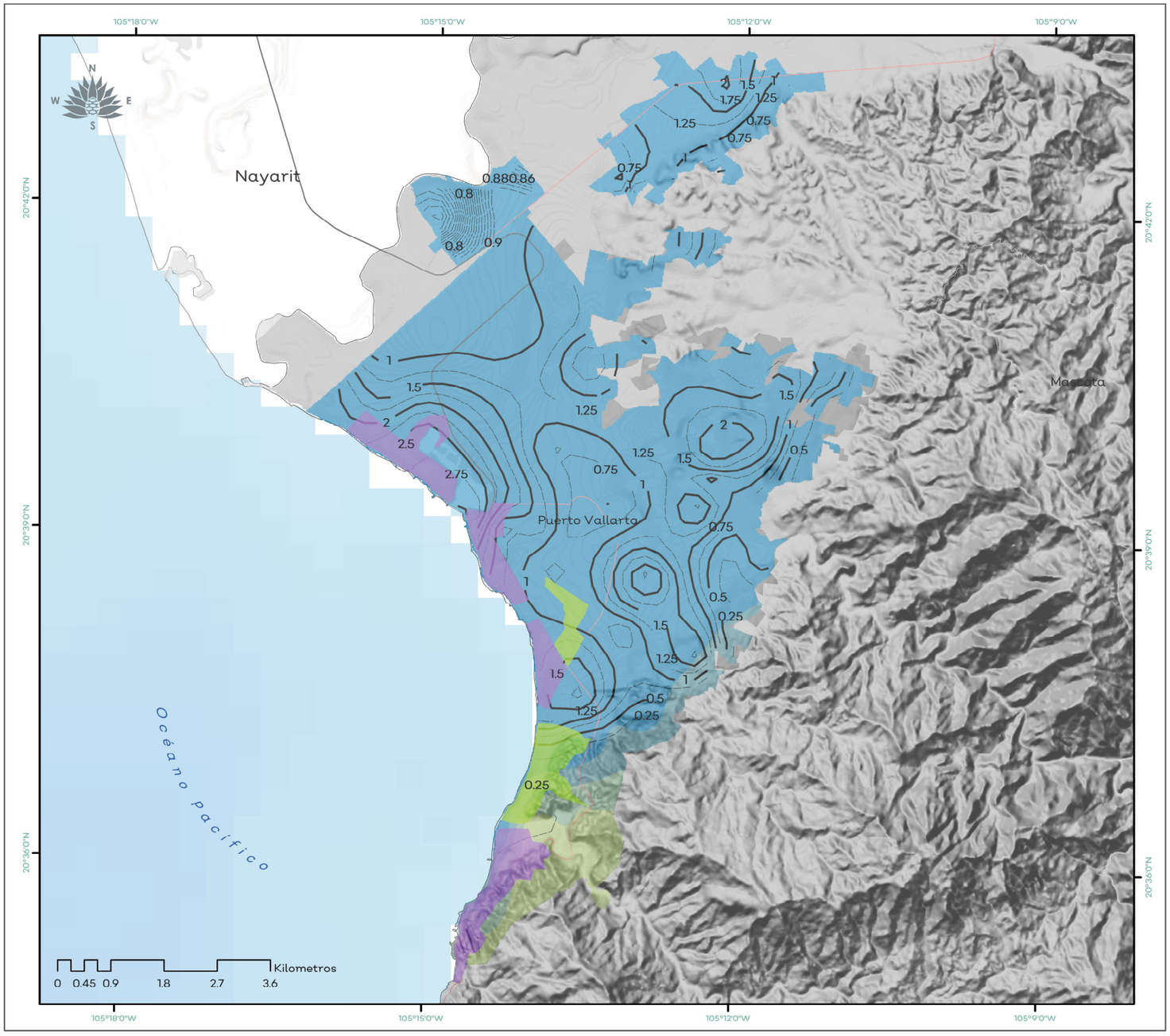
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.2 s
GEO - A - 18

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

0 - 5	16 - 20	31 - 35	46 - 50
6 - 10	20 - 25	36 -40	
11 - 15	26 - 30	41 - 45	

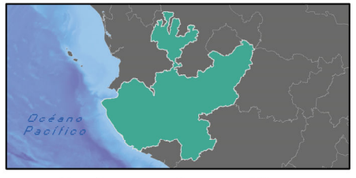
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



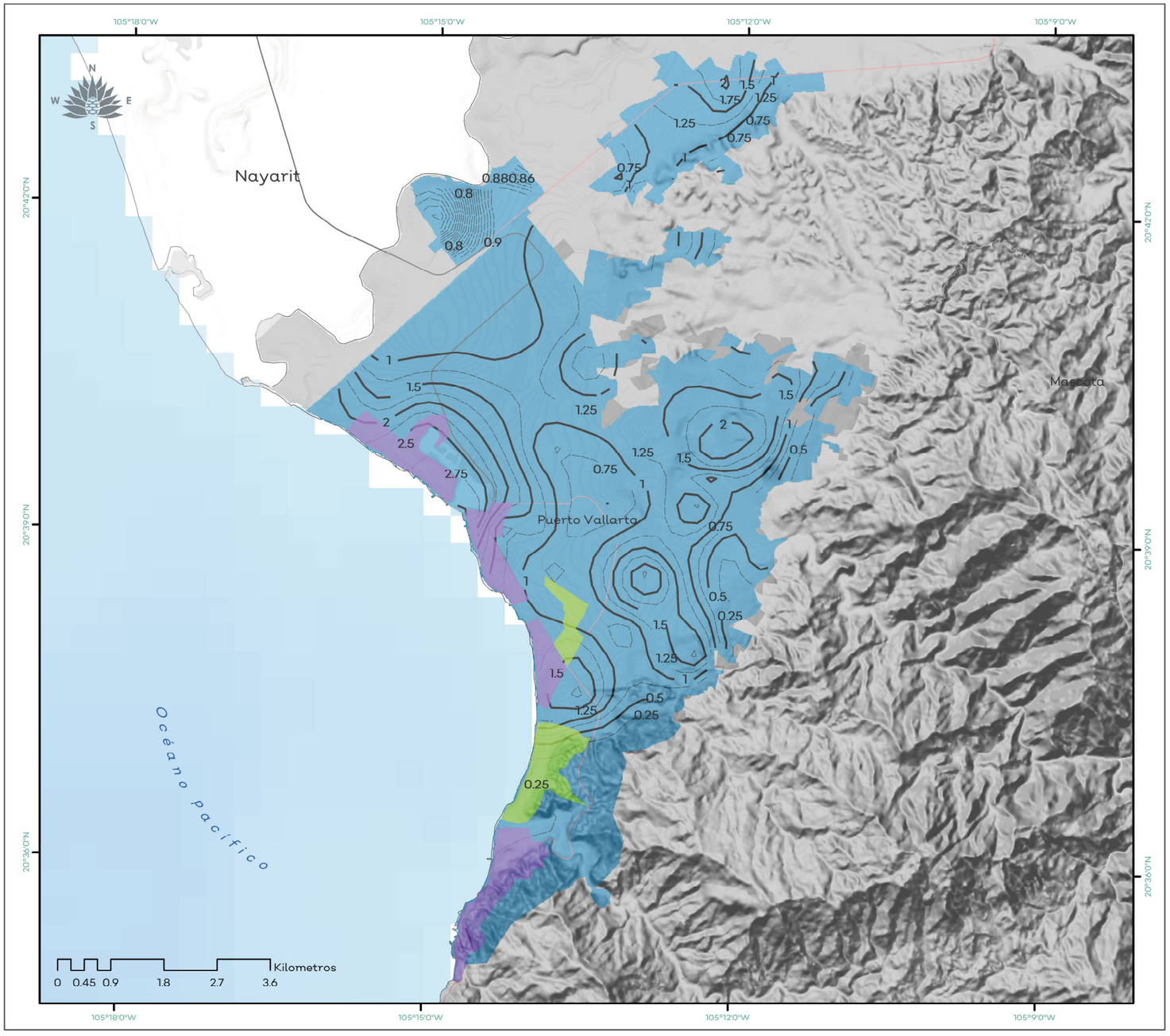
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.3 s
GEO - A - 19

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Limite Periodo

Aceleración [Gal]

0 - 5	16 - 20	31 - 35	46 - 50
6 - 10	20 - 25	36 -40	
11 - 15	26 - 30	41 - 45	

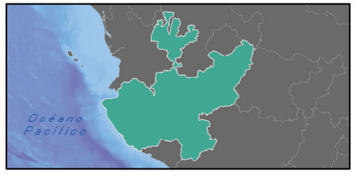
Zona con Edificaciones de más de 5 pisos

Zona con Edificaciones de entre 3 y 5 pisos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:65,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.5.7. Mapa de Vulnerabilidad Sísmica Para Ciudad Guzmán, Jalisco

En esta sección, se analizará la vulnerabilidad sísmica en Ciudad Guzmán, una zona que se caracteriza por la ausencia de edificaciones mayores a 5 pisos. En su lugar, predominan edificaciones y viviendas que no superan los 3 pisos de altura. Sin embargo, a diferencia de otras zonas, en lugar de centrarnos en la altura de las estructuras, nos enfocaremos en evaluar la vulnerabilidad sísmica a partir del mapa de peligro sísmico analizado en la sección anterior. En el mapa de la Figura GEO-A-03 muestra las curvas de igual periodo dominantes del suelo, que divide a la ciudad en dos zonas, resaltando la curva de 1.0 segundos que aproximadamente coincide con la distribución de grietas que apareció después del terremoto del 19 de septiembre de 1985 (Mw8.1). El origen de las grietas y su distribución puede ser explicado por la geología de esta ciudad (Imagen GEO-A-21), la cual también está limitada hacia el este por la Sierra del Tigre, formada por plegamientos volcánicos, cuyos derrames volcánicos precisamente llegan a este limite y hacia el oeste por la laguna Zapotlán constituida por suelos aluviales y lagunares (Lermo et al., 1989). Regresando al mapa con las curvas de igual periodo, vemos que sus valores varían hacia el este de 0.2 a 0.75 segundos desde la estribación de la Sierra del Tigre hasta las grietas, y a partir de ella se incrementan sus valores hasta los 3 segundos, así como sus valores de amplificación relativa que llegan hasta los 15 veces, en la zona lagunar.

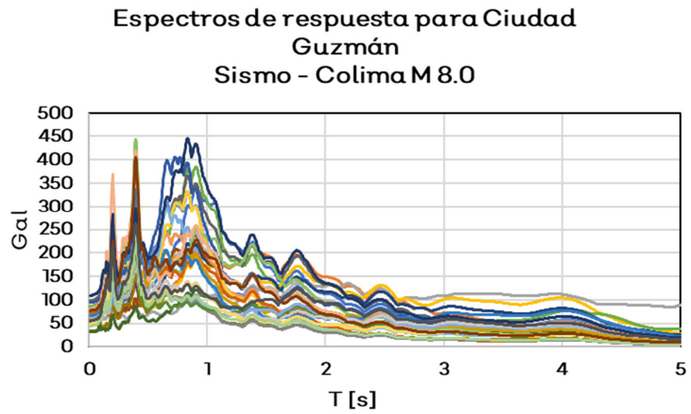
Nuevamente, para poder analizar la vulnerabilidad sísmica en Ciudad Guzmán, será la interacción entre la intensidad del sismo y las características del suelo en la zona, como son la distribución de las grietas que revelan el cambio lateral de la estratigrafía, así como la distribución de los daños en la red de agua potable (que en las figuras 63 y 64, están representadas por cuadritos de color morado), cuya distribución se publicó en el trabajo de Lermo et al.1989; que también fue provocado por las grietas y la intensidad sísmica de terremoto de 1985.

1.1.1.5.8. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0)

Se llevaron a cabo análisis detallados de escenarios sísmicos para evaluar el peligro sísmico asociado al sismo de Colima en Ciudad Guzmán. Inicialmente, se generaron espectros de respuesta utilizando datos provenientes de al menos 40 Funciones de Transferencia de Estaciones (FTE) ubicadas en la zona de interés. Estos espectros se pueden observar en la Imagen GEO-A-44, que exhibe los niveles de aceleración en diferentes colores bajo una misma escala. Se observaron picosde aceleración que superan los 400 gal, concentrados principalmente en un rango de 0.1 a 2 segundos.

Basándose en estos máximos de aceleración, se seleccionaron cuatro periodos estructurales clave: 0.2, 0.4, 0.8 segundos, además del pico a nivel del suelo (PGA). Estos períodos estructurales representan puntos críticos en la respuesta sísmica del suelo en Ciudad Guzmán.
En los mapas GEO-A-20, GEO-A-21, GEO-A-22 y GEO-A-23 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente de subducción, ósea para el temblor del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0).

Imagen GEO-A-44. Espectros de respuesta simulados para el terremoto de subducción de Colima del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0).

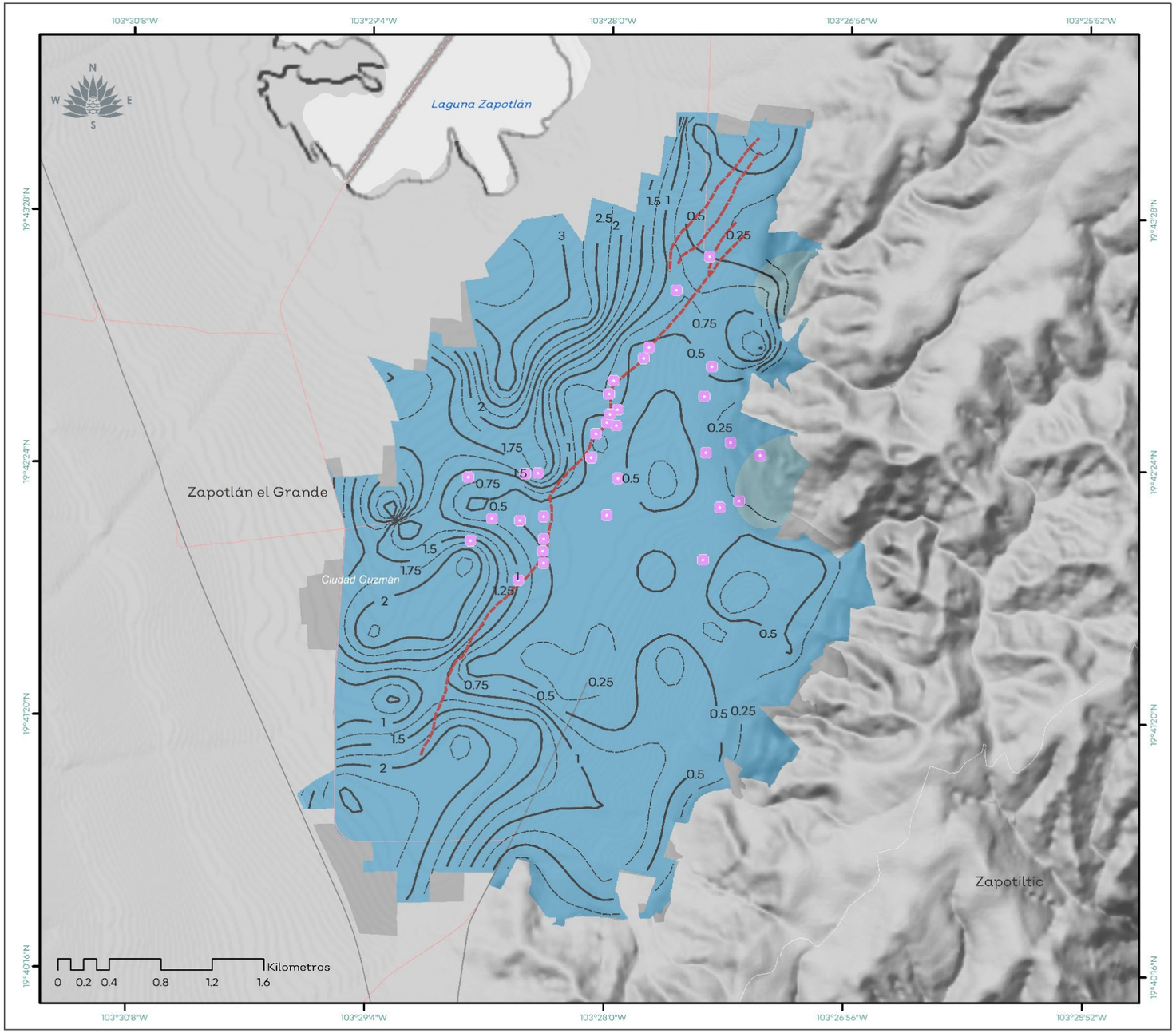


Fuente: Elaboración propia.

Primero en la parte superior del mapa GEO-A-20, se muestra las aceleraciones a nivel del suelo (PGA) para el temblor de subducción de Colima, la cual como se observa una distribución uniforme de aceleraciones que no superan los 85 gales; sin embargo, para el periodo estructural de 0.2 y 0.4 segundos (Mapas GEO-A-21 y GEO-A-22 respectivamente), se observa que las aceleraciones máximas entre 226 a 400 gales se concentran en la zona este o poniente de la ciudad, precisamente donde las curvas de igual periodo presentan valores bajos (0.1 a 0.5 segundos), los cuales pueden dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, ya comentada, si coincide con los periodos de las estructuras, que en la mayoría de los casos son vivienda de 1 y 2 pisos.

En el periodo de 0.8 segundos (Mapa GEO-A-23), se evidenciaron máximas aceleraciones mayores a los 300 gales en la parte oeste de la ciudad, donde estos últimos años se han incrementado la agricultura, siendo menos las construcciones mayores a los 3 pisos.

Este análisis nos permitirá comprender mejor la vulnerabilidad sísmica de Ciudad Guzmán y brindará información valiosa para la planificación y mitigación de riesgos en esta zona.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de PGA
GEO - A - 20

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

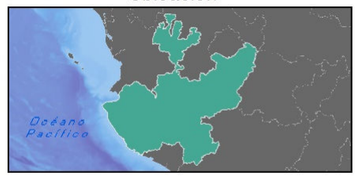
50 - 85	156 - 190	261 - 295	366 - 400
86 - 120	191 - 225	296 - 330	
121 - 155	226 - 260	331 - 365	

Daños Sismo 1985 — Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



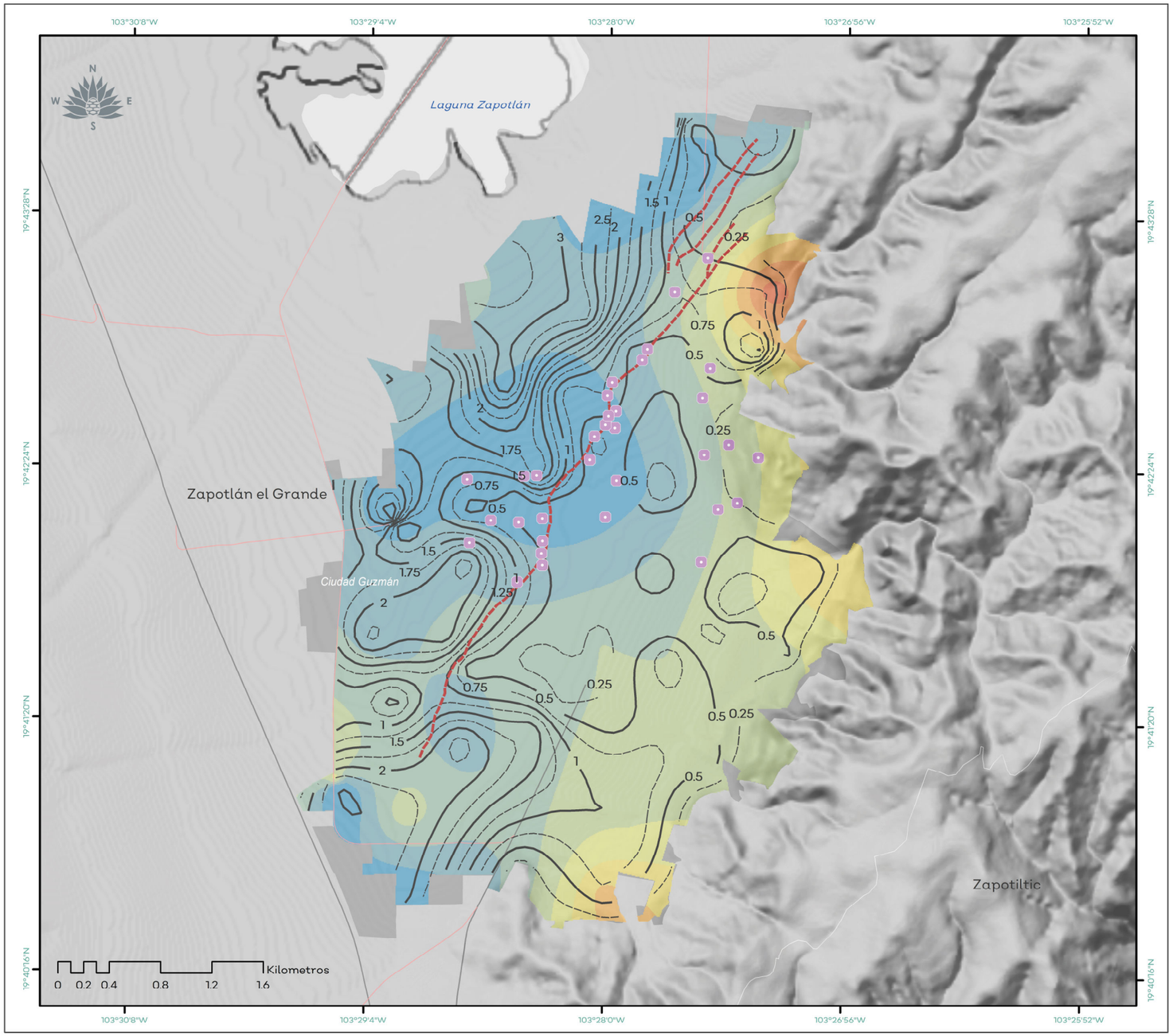
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de 0.2 s
GEO - A - 21

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

50 - 85	156 - 190	261 - 295	366 - 400
86 - 120	191 - 225	296 - 330	
121 - 155	226 - 260	331 - 365	

Daños Sismo 1985 — Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



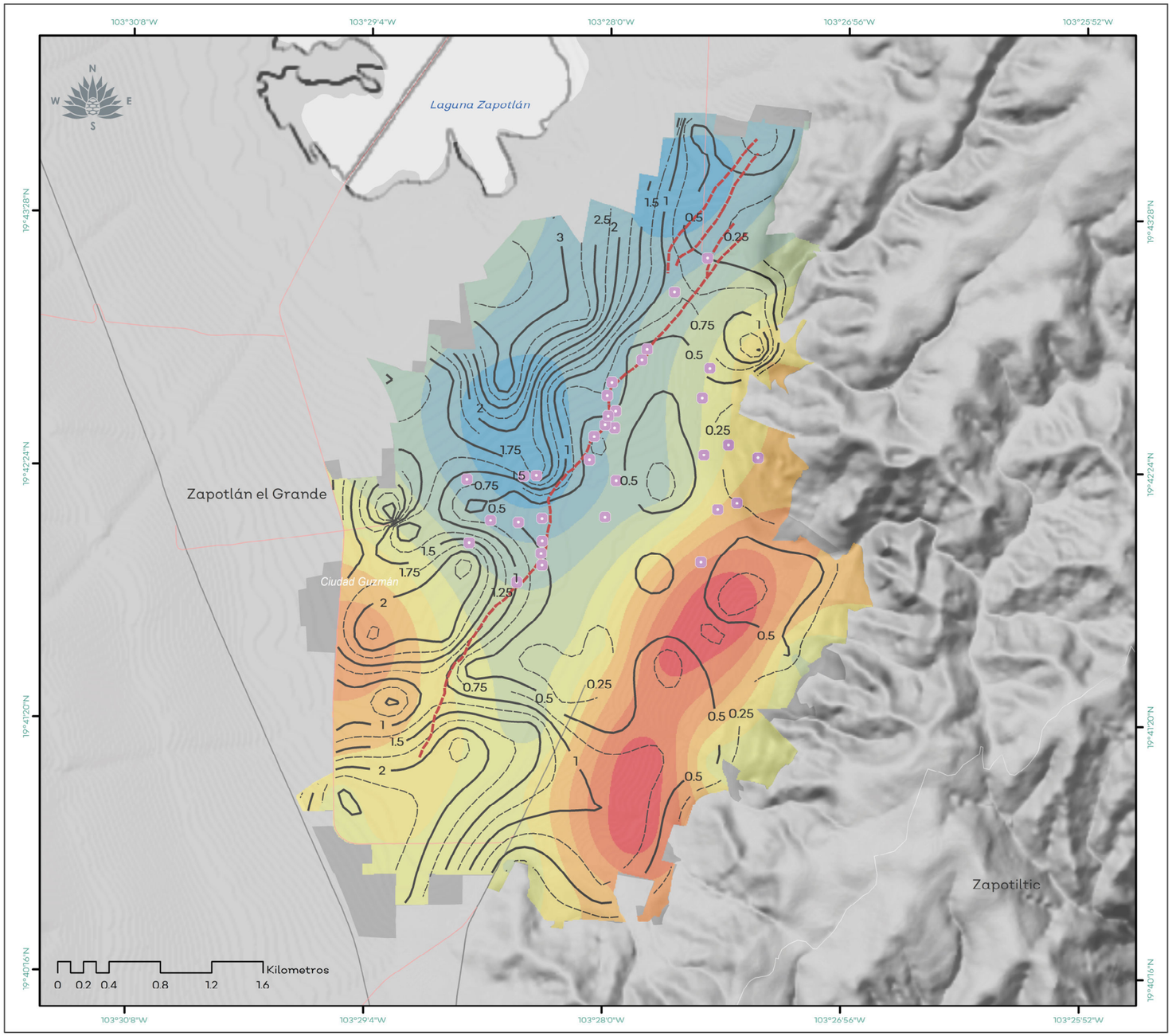
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreterias, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de 0.4 s
GEO - A - 22

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

50 - 85	156 - 190	261 - 295	366 - 400
86 - 120	191 - 225	296 - 330	
121 - 155	226 - 260	331 - 365	

Daños Sismo 1985 — Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



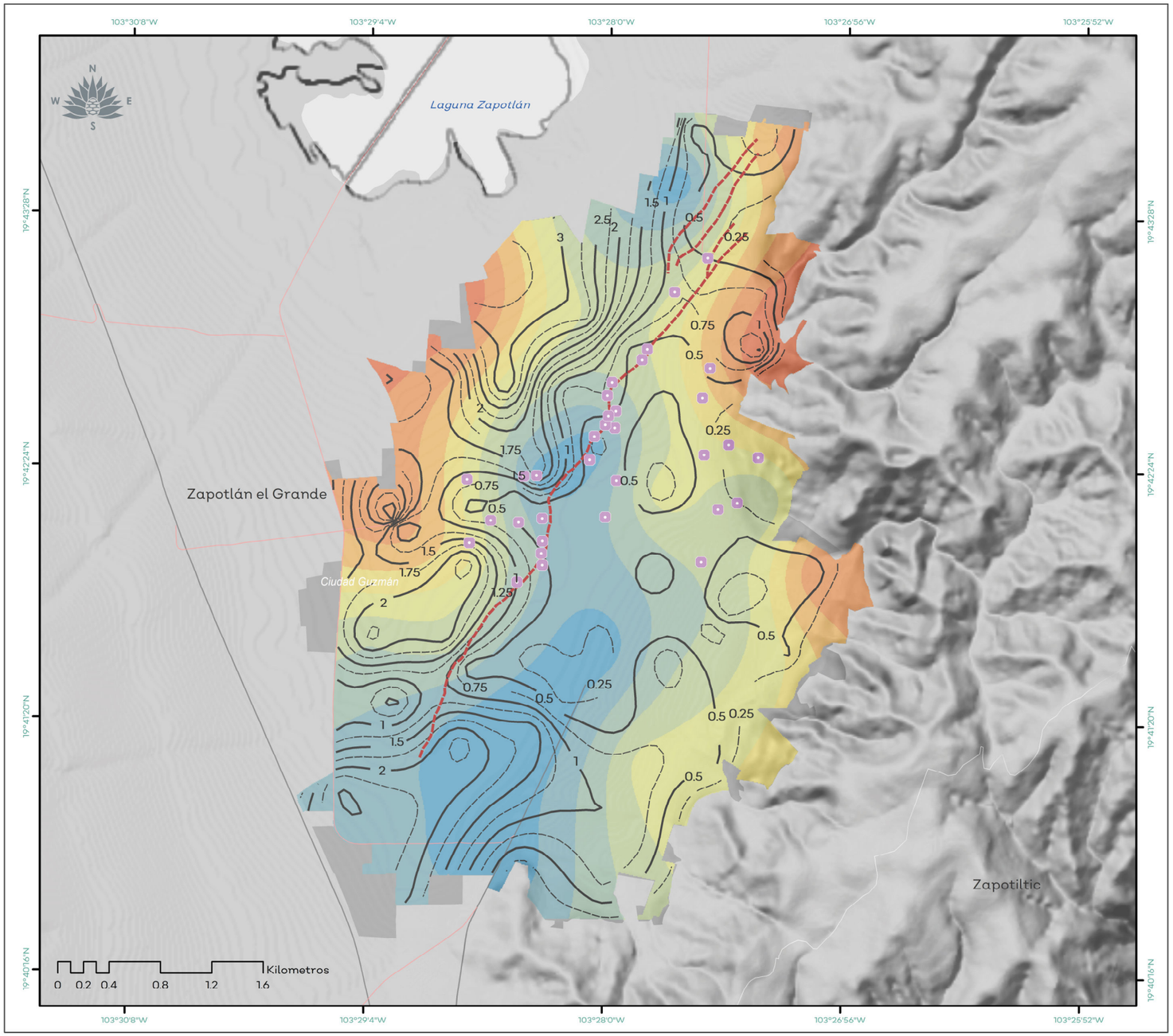
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo de Subducción en un Periodo de 0.8 s
GEO - A - 23

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

50 - 85	156 - 190	261 - 295	366 - 400
86 - 120	191 - 225	296 - 330	
121 - 155	226 - 260	331 - 365	

Daños Sismo 1985 — Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

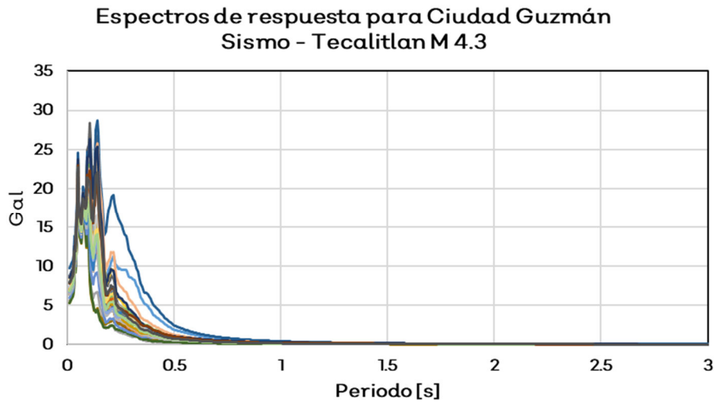
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreterias, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.5.9. Mapas de vulnerabilidad sísmica - Temblor cortical del 25 de marzo del 2018 en Tecalitlán, Jalisco (Mw4.3)

Se realizó un análisis detallado de escenarios sísmicos para evaluar el impacto del sismo local y cortical en Ciudad Guzmán. Estos espectros se calcularon empleando información de al menos 40 Funciones de Transferencia de Estaciones (FTE) medidas y calculadas en diferentes puntos de la ciudad (Imagen GEO-A-45). Los espectros de respuesta revelaron que las máximas aceleraciones se concentran en un rango de periodos mucho más estrecho en comparación con el sismo de Colima. Específicamente, se observaron máximas aceleraciones en periodos estructurales de entre 0 y 0.3 segundos.

Imagen GEO-A-45. Espectros de respuesta simulados para el temblor cortical del 25 de marzo del 2018 en Tecalitlán, Jalisco (Mw4.3).



Fuente: Elaboración propia.

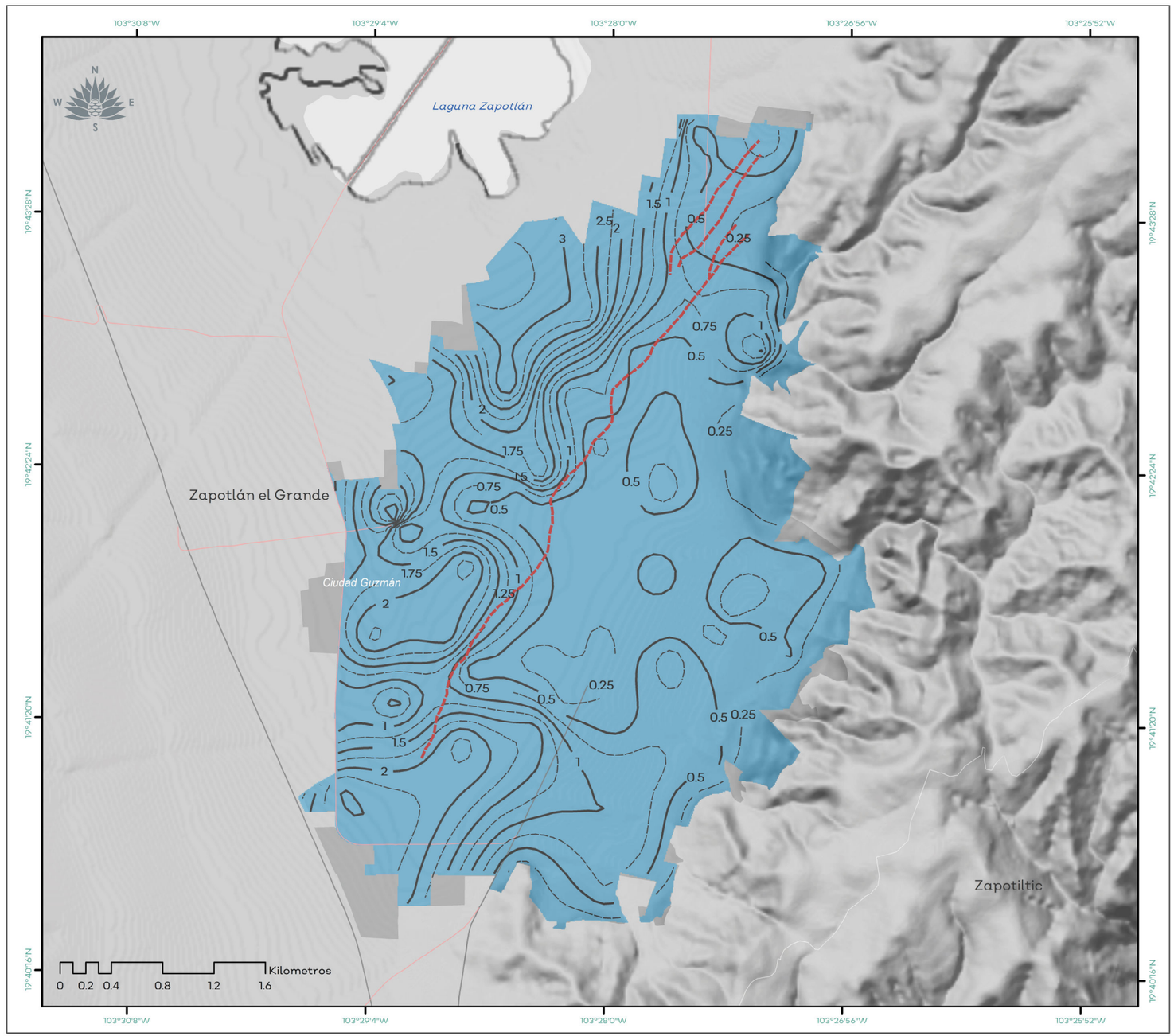
Para este sismo, las máximas aceleraciones apenas alcanzaron los 30 gal. Esta baja magnitud de aceleración sugiere una respuesta sísmica menos pronunciada en comparación con eventos de mayor magnitud, como el sismo de Colima. Sin embargo, es importante considerar que incluso pequeños eventos sísmicos pueden tener impactos significativos en la vulnerabilidad de las estructuras y la seguridad de la población, especialmente si no se toman medidas adecuadas de preparación y mitigación del riesgo sísmico. Considerando el corto rango de periodo en el que se presentan estas máximas aceleraciones, se seleccionaron los periodos de PGA, 0.1, 0.2 y 0.3 segundos para representar los diferentes escenarios de este evento sísmico.

En los mapas GEO-A-24, GEO-A-25, GEO-A26 y GEO-A-27 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para tres periodos estructurales seleccionados, para la fuente local y cortical. Para periodos de 0.1 segundos (Mapa GEO-A-25), se observó que gran parte de la ciudad experimentó intensidades de aceleraciones entre 20 a 35 gales.

Nuevamente, las aceleraciones mayores se concentran en la parte este de la ciudad, donde las curvas de igual periodo presentan valores bajos (0.1 a 0.5 segundos), los cuales pueden dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, ya comentada, si coincide con los periodos de las estructuras, que en la mayoría de los casos son vivienda de 1 piso.

Finalmente, es importante destacar que la mayoría de las construcciones en Ciudad Guzmán no superan los 3 niveles, lo que indica que los sismos locales, con frecuencias altas de vibración, representan también gran peligro para la zona. Como se observa en el caso del sismo de Tecalitlán, el escenario más intenso se presenta en 0.1 segundos, un periodo estructural que podría afectar principalmente a estructuras de uno y dos pisos, como la mayoría de las que conforman la ciudad.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de PGA
GEO - A - 24

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

5 - 8	15 - 17	24 - 26	34 - 35
9 - 11	18 - 20	27 - 30	
12 - 14	21 - 23	31 - 33	

Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



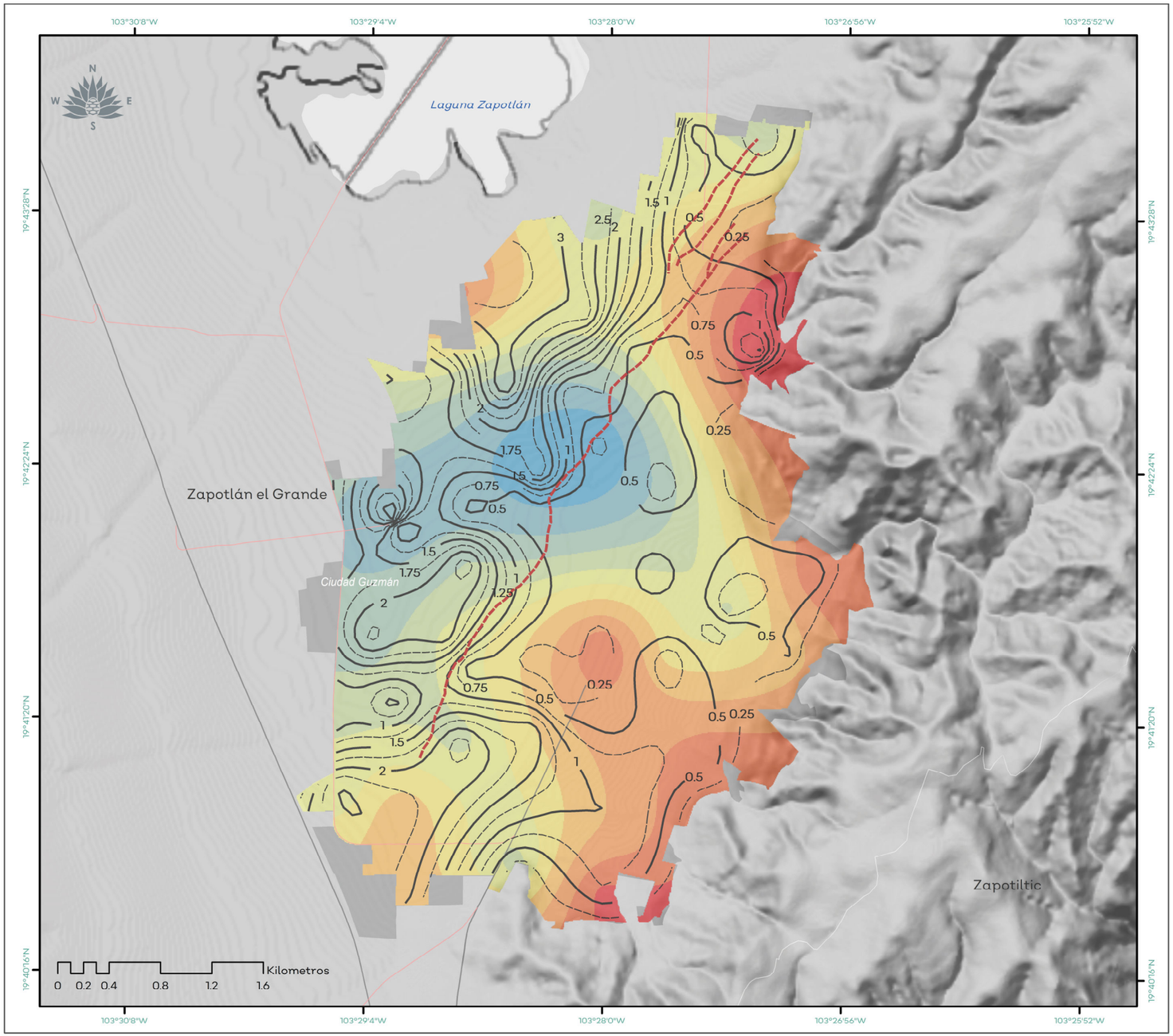
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INFGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.1 s
GEO - A - 25

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

5 - 8	15 - 17	24 - 26	34 - 35
9 - 11	18 - 20	27 - 30	
12 - 14	21 - 23	31 - 33	

Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



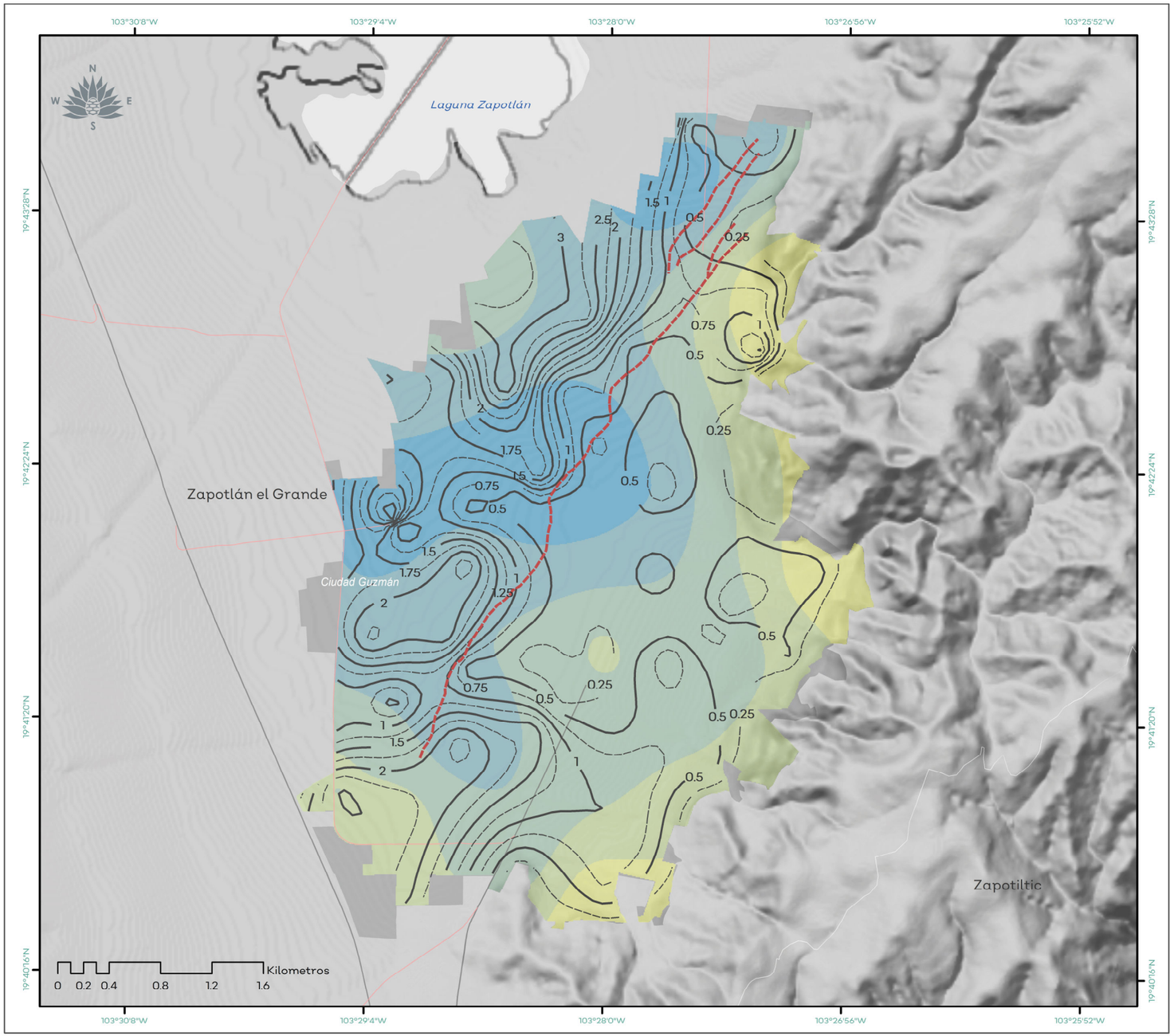
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.2 s
GEO - A - 26

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

5 - 8	15 - 17	24 - 26	34 - 35
9 - 11	18 - 20	27 - 30	
12 - 14	21 - 23	31 - 33	

Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



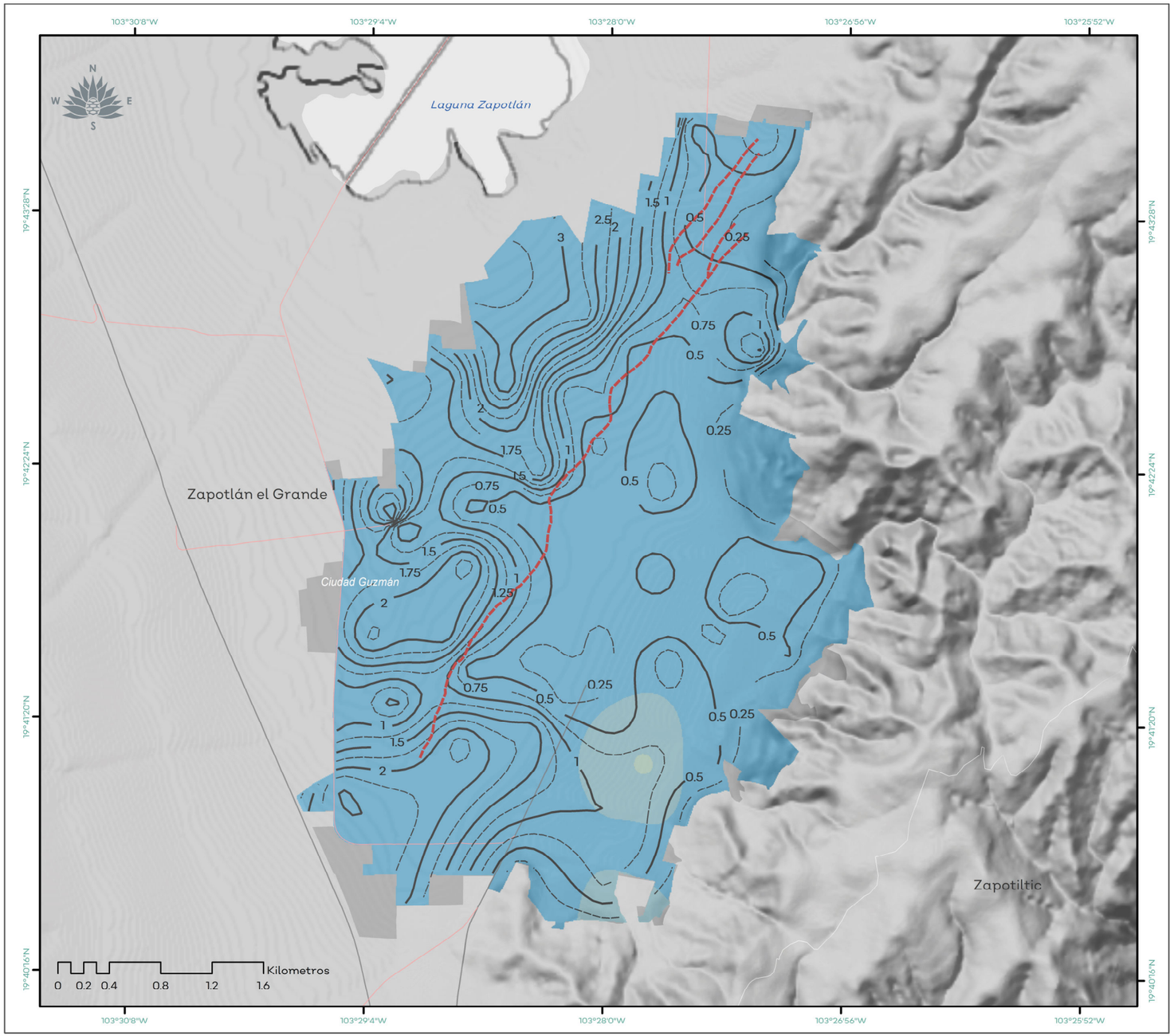
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2000
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreterias, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Sísmica
Sismo Cortical en un Periodo de 0.3 s
GEO - A - 27

Leyenda Temática

Periodo [s]

Igual Periodo — Límite Periodo

Aceleración [Gal]

5 - 8	15 - 17	24 - 26	34 - 35
9 - 11	18 - 20	27 - 30	
12 - 14	21 - 23	31 - 33	

Agrietamiento

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2000
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INFGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.1.6. Conclusiones

Siendo el objetivo principal de este estudio desarrollar mapas de peligro y vulnerabilidad sísmica en las tres ciudades principales del estado de Jalisco: Guadalajara y su zona metropolitana, Puerto Vallarta y Ciudad Guzmán; en primer lugar, se realizó la evaluación del ***efecto de sitio*** en cada una de estas ciudades, utilizando mediciones de ruido sísmico para obtener el cociente espectral H/V y con información geológica y geotécnica del lugar, caracterizar este efecto de sitio con curvas de igual periodo y su amplificación relativa, las cuales constituyen una manera de evaluar el peligro sísmico.

Como segunda parte, para evaluar la vulnerabilidad física en cada una de estas tres ciudades, utilizamos los cocientes espectrales H/V, para desarrollar acelerogramas sintéticos, para dos fuentes sismogénicas típicas de la tectónica del estado de Jalisco (sismos de subducción y sismos locales corticales), y generar espectros de respuesta para diferentes periodos estructurales y con ellos desarrollar mapas de intensidad sísmica para cada fuente sísmica; los cuales también serán correlacionados con curvas de igual periodo y zonas marcadas con número de pisos mayores y menores a los 3 niveles de construcción. Esto se realizó con la finalidad de evaluar conjuntamente el periodo dominante del suelo, el periodo dominante de la estructura, con la intensidad con que las estructuras son afectadas por los sismos analizados; esto nos permitirá reconocer si para ciertos lugares, tipos de estructuras y sobre todo el número de pisos se pueda dar el fenómeno de la ***doble resonancia***.

Por lo tanto, este análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica permite identificar áreas específicas con mayor riesgo ante eventos sísmicos de diferente fuente, lo que proporciona información valiosa para la planificación urbana, la implementación de medidas de mitigación y la reducción del impacto de futuros sismos en las edificaciones y la población.

1. Se desarrollo un mapa con curvas de igual periodo dominante con 200 datos que abarcan la ciudad de Guadalajara y zona Metropolitana (Mapa GEO-A-01). Además, este mapa tiene como complemento, en colores que van de azul oscuro a rojo, el grado de amplificación relativa de esos suelos. Este nuevo mapa, comparada con otros trabajos, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo, sobre todo en la zona que limita con la Caldera de la Primavera, donde se presentan los mayores depósitos de sedimentos. Así mismo, podemos observar que existe dos zonas de mayor amplificación relativa: a) Uno hacia el este o poniente de la ciudad, donde el periodo dominante del suelo es de 0.1 y 0.2 segundos, lo que muestra que viviendas de menos de 3 pisos (que es la mayoría de esa zona) se encuentran en peligro sísmico por el fenómeno de la doble resonancia; b) La segunda zona, se encuentra hacia el oeste de la ciudad, donde en algunos sitios, los periodos dominantes del suelo se encuentran entre 0.3 a 0.7 segundos, presentan peligro sísmico, si sus viviendas o edificios son de 3 a 10 pisos, por el fenómeno de la doble resonancia.

2. Se desarrollo un mapa con curvas de igual periodo dominante con 97 datos que abarcan la ciudad de Puerto Vallarta (Mapa GEO-A-02). Además, este mapa tiene como complemento, en colores que van de azul oscuro a rojo, el grado de amplificación relativa de esos suelos. Este nuevo mapa, comparada con otros trabajos, vemos una coincidencia en la parte sur de la ciudad; sin embargo, este nuevo resultado, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo casi en toda la ciudad, variando sus valores de 0.7 hasta los 2.5 segundos principalmente en la zona de la Marina, donde precisamente también coinciden edificios mayores a los 7 pisos, y donde el fenómeno de la resonancia estaría presente para un temblor de subducción futuro frente a las costas del pacífico, y en esta zona.

3. Se desarrollo un mapa con curvas de igual periodo dominante con 80 datos que abarcan Ciudad Guzmán (Mapa GEO-A-03). Gracias a la amplificación relativa de estos suelos que se le ha agregado a este mapa, nos advierte donde habrá mayor peligro sísmico, para una zona que tiene ese mismo periodo. Este nuevo mapa, comparada con otros trabajos, vemos una coincidencia, que resalta las dos zonas de la ciudad dividida por el agrietamiento que apareció después del terremoto del 19 de septiembre de 1985 (Mw8.1); sin embargo, este nuevo resultado, presenta mayores detalles en las curvas de igual periodo casi en toda la ciudad, variando sus valores de 0.2 hasta los 0.5 segundos desde las estribaciones de la Sierra del Tigre hasta las grietas, y a partir de ella se incrementan sus valores hasta los 3 segundos, así como sus valores de amplificación relativa que llegan hasta los 15 veces.

4. Se desarrollaron mapas de vulnerabilidad sísmica para un sismo de subducción y para un sismo local y cortical en la ***Ciudad de Guadalajara y zona Metropolitana.***

    a. En los mapas GEO-A08, GEO-A-09, GEO-A-10 y GEO-A-10 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para los periodos estructurales de 0.7, 1.0 y 2.0 segundos, para el temblor de subducción del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0). Resaltando las aceleraciones máximas de 50 gales que se concentraron para periodos estructural de 0.7, 1.0 y 2.0 segundos, en la parte central de la ciudad, desde el centro histórico hasta la parte sur del Periférico, así como en la frontera con el municipio de Tesistán. Esta vulnerabilidad sísmica no solo se relaciona con el periodo estructural de las edificaciones, sino también con el periodo fundamental del suelo, que puede dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, si coincide con el periodo de la estructura. Se destaca que las zonas de edificios altos en la parte oeste y centro de la ciudad (identificadas en los polígonos morados) caen en periodos del suelo que superan los 0.5 segundos, lo que sugiere una mayor vulnerabilidad para construcciones de entre cinco y diez pisos.

    En los mapas GEO-A-08, GEO-A-09, GEO-A-10 y GEO-A-11 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para los periodos estructurales de 0.1, 0.2 y 0.4 segundos, para la fuente cortical, ósea para el temblor del 11 de mayo de 2016 en Tesistán, Jalisco (Mw4.9). Resaltando, el periodo estructural de 0.1 y 0.2 segundos, donde se observa que las aceleraciones máximas de 410 hasta 500 gales se concentran en las curvas de igual periodo dominante del suelo entre 0.1 y 0.2 segundos al poniente de la ciudad, en la parte norte de Tlaquepaque y rumbo a Tonalá, en la parte norte, alrededor de la frontera de Guadalajara con Zapopan en el río San Juan y se extiende hacia Tesistán, donde también se observan aceleraciones máximas en su parte norte y central. Además, en la parte sur de la Zona Metropolitana de Guadalajara, se registran grandes valores de aceleración, especialmente en la zona de Santa María Tequepexpan. Esta vulnerabilidad sísmica no solo se relaciona con el periodo estructural de las edificaciones, sino también con el periodo fundamental del suelo, que puede dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***, si coincide con el periodo de la estructura.

Por lo tanto, este análisis detallado de la vulnerabilidad sísmica en la Zona Metropolitana de Guadalajara permite identificar áreas específicas con ***mayor riesgo*** ante ***eventos sísmicos de una fuente local y superficial,*** que eventos de subducción, ya que como se vio tanto en el trabajo de Chávez et al.2014, las aceleraciones máximas observadas para periodos de 0.7, 1.0 y 2.0 segundos no rebasan los 50 gales; sin embargo los de una fuente local y superficial como el analizado, presentan valores de 500 gales, para estructura de 0.1 y 0.2 segundos, la cuales son vulnerables en las zonas de vivienda económica y de autoconstrucción hacia poniente y parte central de la ciudad, donde los periodos del suelo se encuentran entre 0.2 a 0.4 segundos.

5. Se desarrollaron mapas de vulnerabilidad sísmica para un sismo de subducción y otros para un sismo local y cortical en la ***Ciudad de Puerto Vallarta.***

    a. En los mapas GEO-A-12, GEO-A-13, GEO-A-14 y GEO-A-15 se muestran la distribución espacial de las aceleraciones para nivel del suelo (PGA) y para los periodos

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS

estructurales de 0.3, 0.6 y 0.8 segundos, para el temblor de subducción del 9 de octubre de 1995 (Mw8.0). Resaltando las aceleraciones máximas de 60 gales que se concentraron para periodos estructural de 0.3 a 0.8 segundos, sobre la costa, en la marina y precisamente donde se encuentran los polígonos de color morado y verde, los cuales agrupan estructuras mayores y menores a los 5 pisos, respectivamente. Si ahora observamos las curvas de igual periodo de los suelos para estas zonas, vemos que varían entre 0.3 a 30 segundos, los cuales pueden dar lugar a ***fenómenos como la doble resonancia***.

Esto es cierto, si tomamos en cuenta la gran distancia de este temblor que estamos analizando (más de 200 km); sin embargo, en un futuro, se puede repetir el terremoto del 3 de junio de 1932 Mw8.2 que ocurrió a menor distancia u otro en la zona de subducción frente al puerto de Vallarta, las aceleraciones serían mucho más grandes. Por lo tanto, uno de los aspectos fundamentales en el análisis de vulnerabilidad en Puerto Vallarta es la consideración de la interacción entre la intensidad del sismo y las características del suelo en la zona. Al igual que en el caso de Guadalajara, se integran las líneas de igual periodo que representan el periodo fundamental del suelo, lo que permite evaluar conjuntamente el movimiento natural del suelo y la respuesta de las estructuras ante eventos sísmicos. Esta integración proporciona una visión más completa de la vulnerabilidad, ya que no solo se consideran las características de las edificaciones, sino también las condiciones del terreno sobre el cual están construidas.

6. Se desarrollaron mapas de vulnerabilidad sísmica para un sismo de subducción y para otro sismo local y cortical en Ciudad Guzmán.

En los Mapas GEO-A-20, GEO-A-21 y GEO-A-22 y GEO-A-23 se muestran mapas con aceleraciones entre 300 y 400 gales para periodo estructural de 0.2 y 0.4 segundos, que se concentran en la zona este o poniente de la ciudad, precisamente donde las curvas de igual periodo presentan valores bajos (0.1 a 0.5 segundos), los cuales pueden dar lugar al fenómeno de la doble resonancia, si coincide con los periodos de las estructuras, que en la mayoría de los casos son vivienda de 1 y 3 pisos.Este análisis nuevamente, permitirá comprender mejor la vulnerabilidad sísmica de Ciudad Guzmán y brindará información valiosa para la planificación y mitigación de riesgos en esta zona.

La Zona Metropolitana de Guadalajara presenta un comportamiento sísmico particular debido a su geología y a la presencia de suelos firmes como el batolito. Estos suelos tienden a atenuar las ondas sísmicas de eventos de subducción, lo que resulta en menores aceleraciones percibidas durante estos eventos. Sin embargo, los sismos locales, como el de Tesistán (Mw 4.9), generan altas aceleraciones debido a la proximidad y la tectónica activa de la región. En los mapas de aceleraciones para el sismo local de Tesistán, se observan valores máximos de hasta 500 gales para periodos estructurales de 0.1 y 0.2 segundos. Estas aceleraciones afectan significativamente las viviendas de uno a tres pisos, que predominan en la ciudad. Las zonas más afectadas son el poniente de la ciudad, la parte norte de Tlaquepaque, y áreas cercanas a Tesistán y Santa María Tequepexpan. La presencia de suelos firmes no amortigua lo suficiente las aceleraciones generadas por estos sismos locales, lo que, combinado con la alta vulnerabilidad de las viviendas de baja altura, hace que los sismos locales representen el mayor riesgo para la Zona Metropolitana de Guadalajara.

En Puerto Vallarta, debido a su ubicación costera y a la presencia de numerosos edificios altos, enfrenta un mayor riesgo ante sismos de subducción. Aunque los sismos locales, como el de Ixtapa (Mw 4.2), generan aceleraciones significativas, no alcanzan la magnitud de impacto que podría tener un sismo de subducción.

El sismo de Colima (Mw 8.0) sirve como un buen ejemplo, donde las aceleraciones máximas alcanzaron 60 gales para periodos estructurales de 0.3 a 0.8 segundos. Estos periodos son críticos para los edificios altos que predominan en la costa y en la zona de la Marina, cuyos periodos de vibración son similares a los generados por los sismos de subducción.

La interacción entre la intensidad del sismo y las características del suelo, especialmente en la Marina, sugiere que un sismo de subducción con una menor distancia epicentral que el de Colima podría causar daños significativos. Además, el fenómeno de la doble resonancia aumenta el riesgo para edificios de más de cinco pisos. Por lo tanto, un sismo de subducción representa el mayor escenario de riesgo para Puerto Vallarta.

Con lo que respecta a Ciudad Guzmán, esta se caracteriza por la presencia de suelos muy blandos que amplifican las ondas sísmicas, alcanzando periodos de vibración de hasta 3 segundos. Esta amplificación es particularmente peligrosa para sismos de subducción, como el de Colima (Mw 8.0), que genera grandes aceleraciones incluso a distancias significativas.

Durante el análisis del sismo de Colima, se observaron aceleraciones de hasta 400 gales para periodos estructurales de 0.4 segundos en la parte este de la ciudad. Las zonas con periodos de vibración del suelo entre 0.1 y 0.75 segundos, rodeadas de suelos con periodos más altos y mayores intensidades, mostraron una alta vulnerabilidad, como se evidenció en el sismo de 1985. Aunque la mayoría de las construcciones en Ciudad Guzmán no superan los tres pisos de altura, lo que podría parecer que disminuye el riesgo ante sismos de alta frecuencia, la realidad es que la amplificación del suelo para sismos de subducción genera mayores aceleraciones y, por ende, mayores daños. Por lo tanto, un sismo de subducción similar al de Colima representa el mayor riesgo para Ciudad Guzmán.

1.1.2. Inestabilidad de laderas

1.1.2.1. Introducción

Los procesos geodinámicos producen cambios internos y externos, algunos como la tectónica, sismicidad, meteorización o gravedad producen procesos de remoción de masa. Estos procesos se dan para alcanzar un punto de equilibrio ante las condiciones geológicas o climáticas, de esta manera la morfología de las laderas se va modificando con el tiempo para ajustarse a los constantes cambios. Los sitios con mayor tendencia a movimientos de laderas son regiones con altas pendientes, meteorización y erosión intensa, zonas sísmicas, sitios con litología blanda o poco competente, por citar algunos.

Los Procesos de Remoción en Masa (inestabilidad de laderas, flujos y derrumbes) son peligros que pueden afectar a zonas urbanas y localidades rurales, teniendo influencia sobre infraestructura y asentamientos humanos. Estos fenómenos se han incrementado en los últimos siglos a causa de la sobrepoblación, la expansión de la zona urbana y la deforestación causada por la obtención de recursos naturales o para expandir las áreas para uso habitacional.

El constante cambio de uso de suelo y la presencia de fenómenos hidrometeorológicos como la precipitación facilitan la movilización superficial o profunda de la capa alterada del suelo, desencadenando movimientos de tierra o bloques de roca ladera abajo.

Los principales factores que intervienen en la inestabilidad de laderas son los antrópicos, morfológicos, biológicos, geológicos y físicos. En la siguiente tabla se pueden observar algunos de los elementos involucrados por cada factor.

Tabla GEO-A-1. Principales causas de un movimiento de ladera.

Causas	Ejemplos
Geológicas	Litología, fracturas, intemperismo y erosión.
Morfológicas	Altura e inclinación del terreno que definen la geomorfología de la región.

Biológicos	Presencia de vegetación escasa o densa.
Antrópicas	Deforestación, expansión de la zona urbana, incendios y modificación del relieve (minas, cortes para carretera, etc.).
Físicas	Saturación e infiltración de agua en las laderas. Lluvias intensas

Fuente: Soluciones SIG.

La inestabilidad de laderas está condicionada, tanto en su origen y desarrollo, por diferentes mecanismos, los cuales ayudan a clasificar los tipos de procesos de ladera existentes; siguiendo estos parámetros, dichos procesos se agrupan en cuatro categorías principales y una derivada de la combinación de éstas.

Según ***Alcántara-Ayala, 2010*** existen cinco tipos principales de procesos de remoción en masa: caídos o derrumbes, deslizamientos, flujos, expansiones o desplazamientos laterales, y movimientos complejos.

Los caídos o derrumbes son muy perceptibles en las carreteras ya que son movimientos repentinos de suelos y/o fragmentos de roca que ocurren en pendientes abruptas, acantilados, y con mucha frecuencia en cortes artificiales.

Los deslizamientos son movimientos de masas de suelo y roca que deslizan, moviéndose relativamente respecto al sustrato, sobre una o varias superficies de rotura netas al superarse la resistencia al corte de estas superficies; la masa generalmente se desplaza en conjunto, comportándose como una unidad en su recorrido; la velocidad puedes ser muy variable, pero suelen ser procesos rápidos y alcanzar grandes volúmenes. (González de Vallejo et al., 2002).

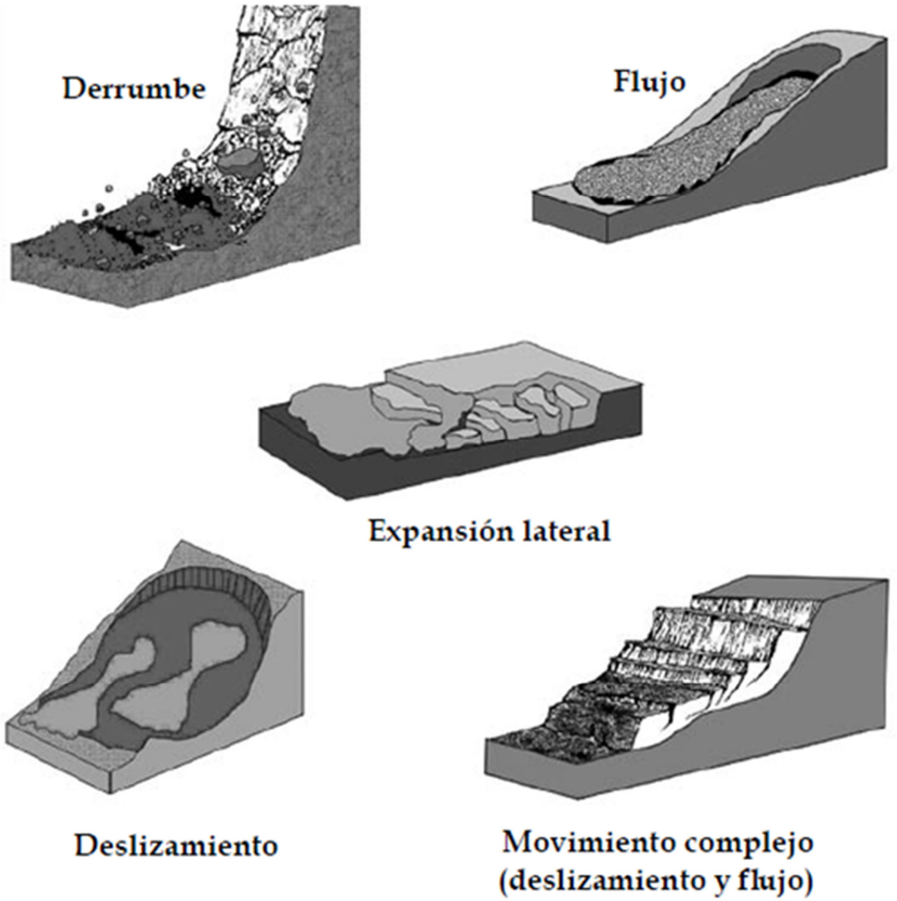
- Rotacionales: Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. A menudo estos deslizamientos rotacionales ocurren en suelos arcillosos blandos, aunque también se presentan en formaciones de rocas blandas muy intemperizadas.

- 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 se determinan deslizamientos someros en suelos granulares, o bien se definen 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, 2002).

Los flujos son movimientos de suelo o roca, en los cuales las partículas, granos o fragmentos se mueven en forma de fluido. Los flujos pueden ser de muy lentos a muy rápidos, e inclusive secos o húmedos. En el caso de México, la mayor parte son rápidos y húmedos (Alcántara-Ayala, 2000).

Los PRM también se producen en pendientes planas conocidos como expansión lateral, se produce por la licuefacción de suelos durante los sismos. A los movimientos que combinan más de un proceso se les denomina movimiento complejo.

Imagen GEO-B-1 Esquema de los diferentes tipos de remoción en masa

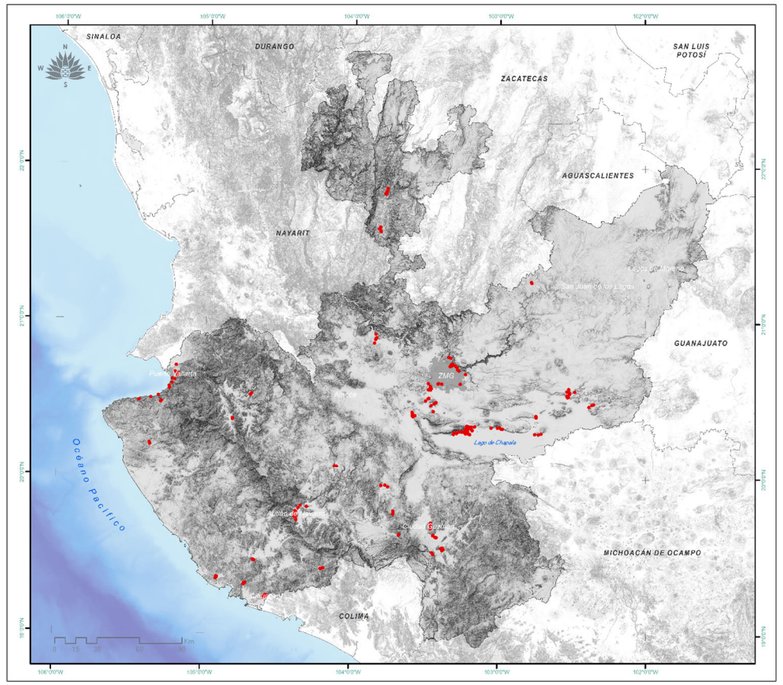


Fuente: Derrumbes: una luz al final del túnel. Alcántara-Ayala, 2010.

.

1.1.2.2. Antecedentes del Fenómeno

De Acuerdo a la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco, al 2022, se ha tenido un registro de 669 incidencias por derrumbes, deslizamientos y flujos de lodo, enmarcados en los procesos de remoción de masas.





El método consiste en formalizar la comprensión intuitiva de un problema multicriterio complejo mediante la construcción de un modelo jerárquico, que le permite al decisor estructurar el problema en forma visual y asignar valores numéricos a las preferencias mediante comparaciones pareadas.

En la metodología se identifican los factores que condicionan la ocurrencia de procesos de remoción en masa y asignar niveles de importancia, valores y pesos específicos que serán procesados con álgebra de mapas. Para el análisis se consideraron los siguientes agentes condicionantes: litología, pendiente, altura relativa, curvatura del terreno, distancia a estructuras geológicas y cobertura vegetal.

De acuerdo al análisis de la muestra representativa se obtienen los siguientes pesos para cada factor analizado.

Factor condicionante	Peso
Litología	0.1906
USyV	0.1930
Pendiente	0.1553
Relieve relativo	0.1763
Fallas	0.0676
Drenaje	0.0805
Concavidad	0.1368

1.1.2.3. Metodología y Memoria de Cálculo

Para la elaboración del mapa de susceptibilidad a procesos de remoción en masa se utilizará el análisis multicriterio conforme al análisis estadístico expuesto en “Actualización del mapa nacional de susceptibilidad a la inestabilidad de laderas como instrumento preventivo en el marco de la gird, CENAPRED, 2020”. Se realizó el análisis estadístico considerando una muestra representativa para una población de 824 elementos, nivel de confianza de 95% y margen de error de 5%.
Al aplicar la siguiente fórmula se obtiene una muestra representativa de 262.

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p\,(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p\,(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Donde:

N=tamaño de la población
z=puntuación z
e=margen de error
p=probabilidad de éxito/fracaso

Descripción de factores condicionantes

Litología

De entre todos los parámetros que intervienen en la estabilidad/inestabilidad de laderas y taludes, la litología es una de las principales, ya que cada material presenta características y resistencias específicas tanto a factores externos como internos, además, su distinto estado de fracturación, permeabilidad, facilidad de meteorización, intervienen directamente en la estabilidad. En este apartado también es importante el espesor de la capa de suelo, un mayor espesor en los horizontes de suelo permitirá procesos de remoción de masa a causa del intemperismo de la roca y una mayor porosidad que permite la infiltración y saturación de agua.

Ponderación	Categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.1906	Rocas ígneas intrusivas y metamórficas muy duras, sin fracturas, granitos, diorita	1	0.1906
	Rocas masivas, basaltos, Calizas, andesitas	2	0.3812

	Suelos arenosos compactos, ignimbritas, riolitas, conglomerados, brechas sedimentarias, brechas volcánicas, riolitas	3	0.5718
	Suelos arenosos medianamente compactos, rocas sedimentarias moderadamente intemperizadas. Pizarras, esquistos, tobas, areniscas	4	0.7624
	Sedimentos no consolidados, suelos poco cohesivos y arcillosos. Medianamente compactos, lutitas, limolitas, aluvial	5	0.953

Uso de suelo y vegetación

La cobertura vegetal en una ladera es considerada, por lo general, como un elemento de estabilidad, ya que la presencia de arbustos y árboles contribuyen a la resistencia del terreno y reducen el impacto de los procesos erosivos debidos a los escurrimientos generados por lluvias intensas. Por otra parte, los asentamientos humanos y la acción antropogénica generan una profunda transformación del paisaje y del medio, por lo que se han convertido en un factor clave en la inestabilidad de laderas (CENAPRED, 2020).

El cambio de la vegetación natural incide en el patrón de escorrentía que se presenta en la ladera, debido a que este cambio involucra una modificación en la distribución espacial y densidad de las plantas, que puede llevar a crear sitios de concentración de la escorrentía formándose canales de drenaje más pronunciados, transportando mayor cantidad de agua a la zona baja de la ladera con el consecuente aumento de la erosión. Además, los cambios de uso de suelo originan la aparición de vegetación de tipo secundaria la cual, no produce los mismos beneficios a la superficie del suelo y sustrato rocoso que la vegetación original.

Ponderación	categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.193	Vegetación intensa	1	0.193
	Vegetación moderada	2	0.386
	Vegetación escasa, dispersa	3	0.579
	Cultivos anuales, agricultura	4	0.772
	Zona urbana, deforestado	5	0.965

Pendientes

La inclinación del terreno o pendiente se define como la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal entre un punto y otro. Se expresa en porcentaje o en grados. Este es considerado como uno de los principales factores condicionantes de la inestabilidad de laderas. Para la obtención de este criterio se generó un mapa de pendientes generado a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE) tipo terreno obtenido de INEGI con resolución de 15 metros.

Ponderación	categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.1553	<5°	1	0.1553
	5° a 15°	2	0.3106
	15° a 30°	3	0.4659
	30° a 45°	4	0.6212
	>45 45°	5	0.7765

Altura

Para el tema de procesos de remoción en masa, la altura es la distancia perpendicular que existe entre el valle y la corona del talud o ladera, cuando mayor es la altura, existe mayor energía potencial, es decir, aumenta el efecto gravitacional. Para la determinación de esta, se elaboró un mapa altimétrico utilizando el Modelo Digital de Terreno en un Sistema de Información Geográfica. Además, se obtuvieron perfiles topográficos de los puntos de interés, ya sea por su inestabilidad histórica, aquellos señalados por Protección Civil o los detectados previamente en trabajo de gabinete. De igual forma se obtuvieron algunos datos durante los trabajos de campo.

Ponderación	Categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.1763	0-15 metros	1	0.1763
	15-30 metros	2	0.3526
	Más de 30 metros	3	0.5289

Geología estructural

La presencia de discontinuidades como fracturas o planos de estratificación van a favorecer la inestabilidad si son abundantes. La cercanía a fallas y fracturas es un indicativo de la actividad tectónica de la región y factor para caracterizar a los macizos rocosos, las rocas próximas están distinguidas por alto fracturamiento, flujo de agua a través de los planos de falla y por consiguiente constante erosión.

En este análisis se consideran las distancias de influencia de las discontinuidades en las cuales la roca está susceptible a movimientos de ladera. Otros factores importantes son ángulo entre el rumbo de las discontinuidades y el rumbo de la dirección del talud, echado de la discontinuidad y ángulo entre el echado de las discontinuidades y la inclinación del talud.

Ponderación	Categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.0676	> 200 metros	1	0.0676
	≤ 200	2	0.1352

Drenaje

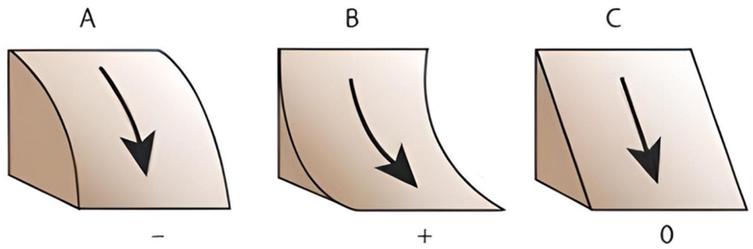
La densidad del drenaje está definida en función del relieve, intensidad de precipitaciones, presencia de estructuras geológicas y litología. La cercanía a la red de drenaje aumenta las probabilidades de procesos de remoción y erosión. La continua modificación del terreno ocurre principalmente en ríos a causa de la erosión, también, aquí se pueden iniciar fenómenos como el flujo de lodos y escombros.

Ponderación	Categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.0805	> 50 metros	1	0.0805
	≤ 50 metros	2	0.161

Curvatura del terreno

Se refiere a la morfología de las laderas o taludes, que está definida como convexa(A), cóncava(B) o plana(C). Superficies convexas presentan laderas con bloques de roca con mayor inestabilidad.

Curvatura del perfil



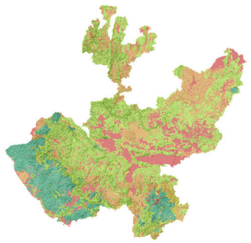
Fuente: ESRI.

Ponderación	categorías	Valor relativo	Valor ponderado
0.1368	>0	1	0.1553
	=0	2	0.3106
	-0.5-0	3	0.4659
	-1.6- -0.5	4	0.6212
	<-1.6	5	0.7765

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

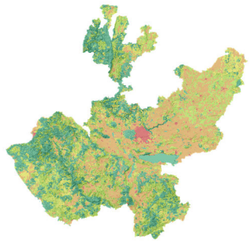
Metodología para la Generación de un Mapa de Susceptibilidad a Inestabilidad de Laderas

Litología



+

Uso de suelo y vegetación



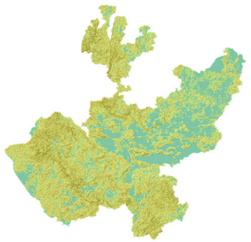
+

Pendientes



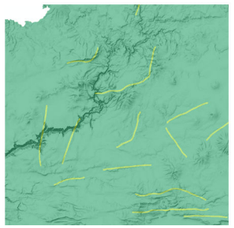
+

Relieve relativo



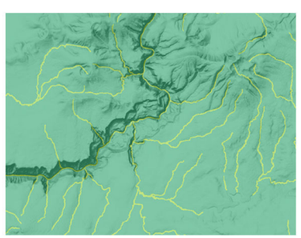
+

Fracturas



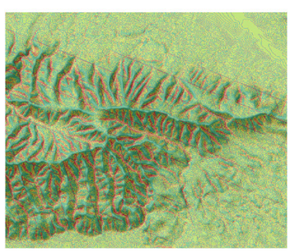
+

Distancia a ríos

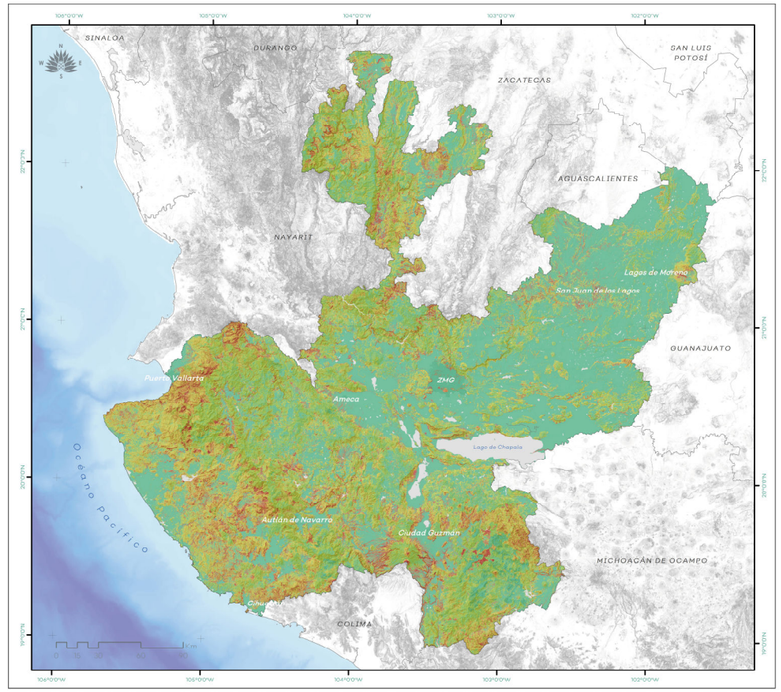


+

Relieve relativo



Fuente: Soluciones SIG.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-01

Leyenda Temática

Susceptibilidad
- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2000 Escala numérica..... 11,000,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
CENAPRED. INEGI. SGM y Sentinel 2
INEGI División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CENAPRED.
INEGI Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI Red Nacional de Caminos y Vialidades, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.2.4. Fichas de Campo

Punto de Verificación	1		
Lugar/Colonia	Colonia Balcones del Sol, Zapopan.	**Coordenadas**	**20.651124, -103.459538**

Imagen





Observaciones

En las laderas del Cerro del Colli se aprecia la cercanía de las viviendas en zonas de susceptibilidad alta. Los macizos rocosos formados de riolita se encuentran moderadamente meteorizados, el grado de fracturamiento se encuentra desde algunas fracturas(2-6 metros) a muy fracturado (0.06-0.2 metros) según la clasificación ISRM, 1978. Los principales riesgos a los que se encuentra expuesta la población son caída de rocas y flujo de lodo y escombros, este último, específicamente en Calle Galeana.

Punto de Verificación	2		
Lugar/Colonia	Colonia Rancho Nuevo, Guadalajara	**Coordenadas**	**20.725693, -103.331219**

Imagen





Observaciones

En la barranca del Río San Juan de Dios se encuentran asentamientos irregulares que localizados en las cercanías del cauce, se observa que en los últimos años se han agregado escombros para nivelar el terreno y ampliar las zonas para urbanizar,
La falta de compactación tiene como consecuencia que estos suelos tengan deficientes propiedades mecánicas como densidad, soporte y estabilidad. La acción de las lluvias, sismos, infiltración de agua y sobrecargas en la superficie pueden producir deslizamiento de tierra.

Punto de Verificación	3	Coordenadas	19.751481, -104.367408 .0.00
Lugar/Colonia	Carretera Puerto Vallarta-Mismaloya		

Imagen





Observaciones

En el transcurso de la carretera se observan bloques de roca ocurridos en meses previos y que han afectado la infraestructura vial y a automovilistas. La litología de esa zona es granito-granodiorita que normalmente son rocas que aportan buenas propiedades mecánicas a los macizos rocosos, pero debido a las condiciones ambientales y tectónicas de la región ha generado taludes intemperizados y fracturados. Las fracturas conjugadas crean bloques inestables que son desprendidos durante lluvias o sismos.

Debido a las condiciones de humedad de la región y al intemperismo de la roca, resulta muy favorable para la repetitiva caída de bloques por lo que es importante evitar los asentamientos humanos y obras de infraestructura cerca de taludes o laderas muy escarpadas. La ocurrencia de una gran avalancha de escombros o caída de rocas normalmente inicia con desprendimiento de pequeños bloques durante las lluvias intensas, por lo que los sistemas de alerta temprana han sido cruciales para mitigar los daños a la población.

Punto de Verificación	**4**	**Coordenadas**	**19.749867, -104.370930** **19.790589, -104.375441**
Lugar/Colonia	Autlán de Navarro		
Imagen			





Observaciones

Depósitos volcanoclásticos. Presentan poca cohesión. Macizos rocosos muy fracturados e intemperizados. Contienen moderada vegetación arbustiva y de matorral por lo que sirve de poco sustento para los procesos erosivos. Predomina principalmente el fenómeno de flujo de lodo y escombros que se detonan por la lluvia acumulada y la saturación de estos depósitos granulares.

Punto de Verificación	**5**	**Coordenadas**	**19.451132, -103.481478**
Lugar/Colonia	San Marcos, Tonila.		
Imagen			





Observaciones

Taludes de depósitos volcánicos casi perpendiculares en la carretera Guadalajara Colima cerca de Puente Beltrán. Algunos de estos taludes presentan evidencia de desprendimiento de rocas y vegetación arbustiva, la cual coopera a los procesos de intemperismo debido al crecimiento de raíces. Pueden presentarse desprendimiento de bloques medianos o deslaves, y debido a la cercanía al Volcán de Colima también se puede presentar flujo de sedimentos volcánicos conocidos como lahares.
Es recomendable realizar obras de estabilidad de taludes o de retención o encauzamiento para posibles flujos.

Punto de Verificación	6	Coordenadas	19.710185, -103.454561
Lugar/Colonia	Ciudad Guzmán.		

Imagen





Observaciones

En la porción norte de Ciudad Guzmán se presentan evidencias de caídas y rodamiento de rocas. La litología de esta zona está conformada por depósitos piroclásticos y conglomerados. Los primeros se caracterizan por ser macizos rocosos de mala calidad, gran parte de la roca ha intemperizado a suelo, por lo que el flujo de lodo es un fenómeno latente al saturarse los sedimentos por la acción de las lluvias acumuladas. Los conglomerados son macizos de buena calidad y se conserva intacta su estructura original, debido a la conjugación de fracturas se crean bloques que son susceptibles a desprendimiento con posibilidad de rodar hacia viviendas cercanas.
Frenar que la mancha urbana siga creciendo hacia las laderas cercanas evitará que este fenómeno afecte a las viviendas y población expuesta, los asentamientos irregulares al pie de laderas o taludes ha sido una causante de pérdidas materiales y humanas que cada año suceden en distintas ciudades del país.

Punto de Verificación	7	Coordenadas	20.455007, -102.547020
Lugar/Colonia	Portezuelo.		

Imagen





Observaciones

Alternancia de depósitos volcánicos donde la capa superior de color gris claro presenta fracturas conjugadas que generan bloques susceptibles a desprendimiento. Esta roca subrayase una capa de color rojizo compuesta de material volcánico de granulometría arenosa y de poca cohesión, la cual es más susceptible a erosión. La inclinación de los estratos y el corte perpendicular a la dirección del echado propicia que uno de los taludes tiene mayor desprendimiento de rocas y sedimento mientras que el otro conserva mayor estabilidad e incluso vegetación.

Punto de Verificación	8	Coordenadas	20.554834, -102.514715
Lugar/Colonia	Atotonilco el Alto.		

Imagen





Observaciones

Macizo rocoso de mala calidad compuesto de basalto-andesita, que presenta desprendimiento de pequeños bloques de roca y sedimento de granulometría de arenas, los cuales afectan principalmente a la vialidad. Debido al tamaño y volumen de material desprendido no representa un gran riesgo para la movilidad.

Punto de Verificación	9	Coordenadas	19.332536, -104.946145
Lugar/Colonia	Arroyo Seco		

Imagen

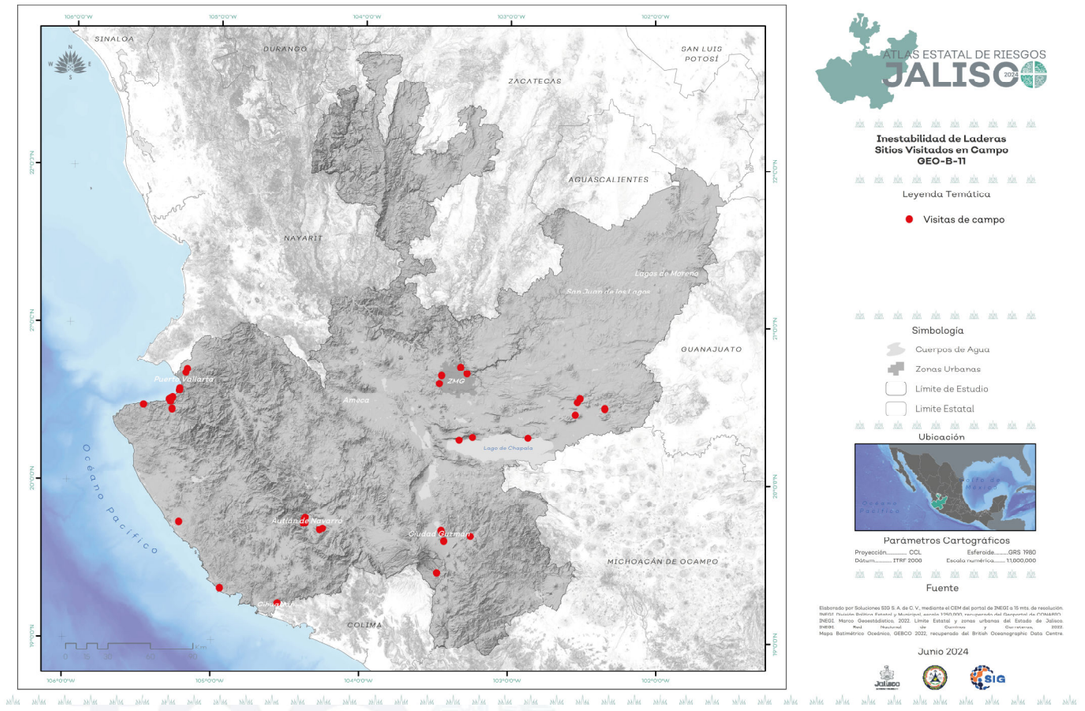
ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



Observaciones
Localidad ubicada cerca de la costa, está expuesta a riesgos de flujo de lodo durante fuertes lluvia como el que se observa en la fotografía. Las rocas de los alrededores se encuentran muy intemperizadas y los suelos presentan poca cohesión. Estos factores mencionados con la geomorfología y las pendientes crean flujos que podrían sepultar viviendas bajo tonelada de lodo.

A partir de la cartografía de isoyetas de precipitación acumulada en 24 horas para los periodos de retorno de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años, se determinó la clasificación de umbrales de peligro por lluvias acumuladas

Empleando la técnica de álgebra de mapas, se conjugaron los umbrales de lluvia con el modelo de susceptibilidad para cada periodo de retorno por lluvias, obteniendo los índices de peligro por inestabilidad de laderas a 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISO 2024

Inestabilidad de Laderas
Sitios Visitados en Campo
GEO-B-11

Leyenda Temática

- Visitas de campo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación

Parámetros Cartográficos

Proyección..... COL
Elipsoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2000
Escala numérica..... 1:1,000,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INAFED. División Política Estatal y Municipal, escala 1:1'01,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

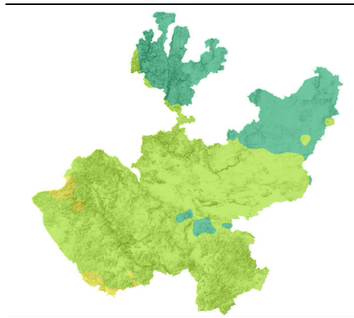
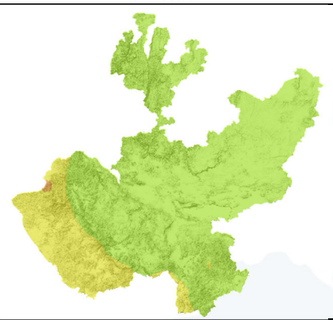
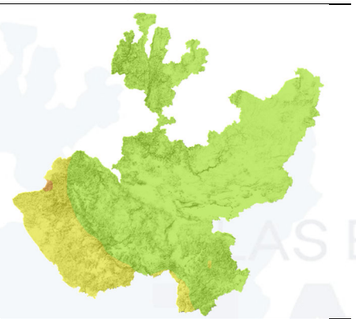
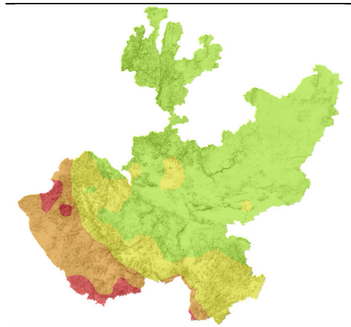
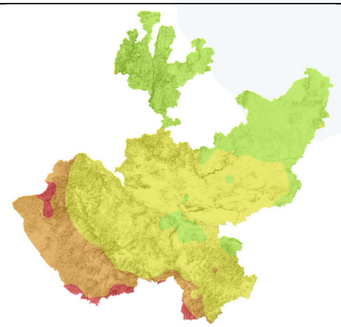
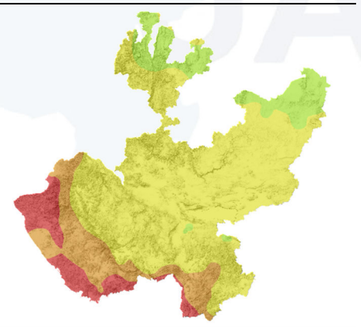
1.1.2.5. Peligro

Para la obtención del mapa de peligros es necesario relacionar el mapa de susceptibilidad y un factor detonante como la lluvia, para esto es necesario definir los periodos de retorno y la construcción de mapa de isoyetas para posteriormente clasificar umbrales de lluvia.

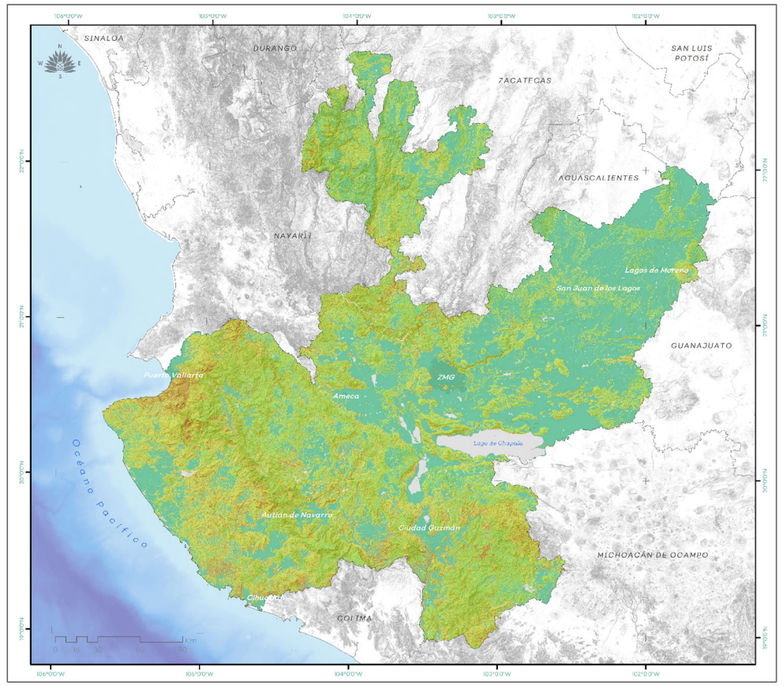
El CENAPRED en 2019 con la publicación de la actualización del mapa Nacional de Peligro por Inestabilidad de Laderas, definió los umbrales de lluvia que detonan inestabilidad de laderas a partir de casos documentados por cada entidad federativa en las principales regiones propensas a deslizamientos, estableciendo para el estado de Jalisco los siguientes umbrales de lluvia acumulada en 24 horas.

Tabla GEO-B-10. Clasificación de precipitación y mapas de la distribución de umbrales.

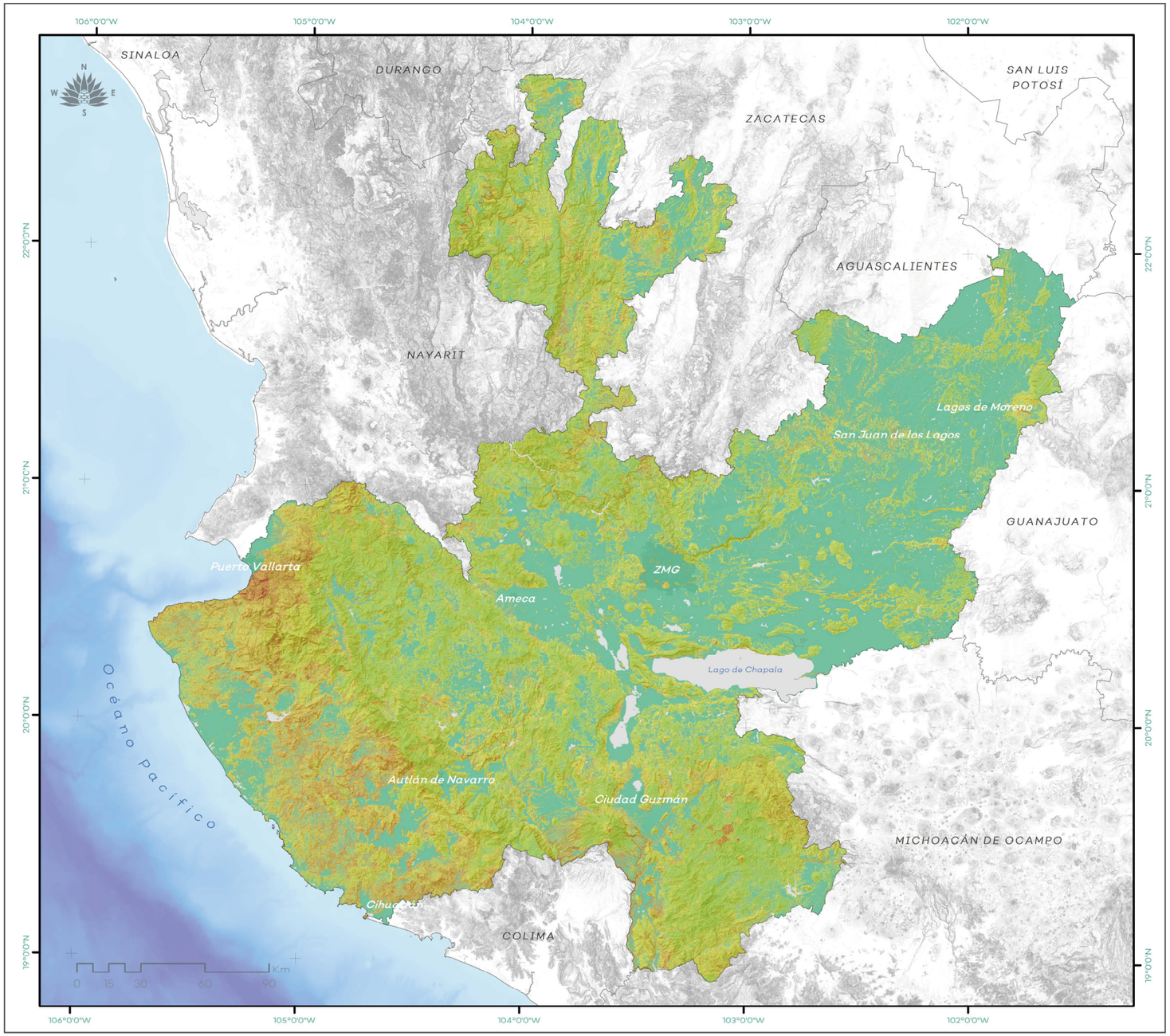
Distribución de lluvias acumuladas en el Estado de Jalisco	
>203 mm	Peligro muy alto, ya que, al rebasar este valor, podrían presentarse varios deslizamientos de dimensión y volumen grande, cuyos efectos serían devastadores en zonas pobladas.
152- 203 mm	Peligro alto, podría ocurrir al menos un deslizamiento de dimensión y volumen grande, con daños considerables si el evento sucede en una zona poblada o tramos carreteros.
101 - 152 mm	Peligro medio, podrían existir caídas de roca o deslizamientos de tierra pequeños o moderados, principalmente en cortes carreteros o de taludes.
51 - 101mm	Peligro bajo, probabilidad baja de caídas de roca o deslizamientos.
<51 mm	Peligro muy bajo, existe una probabilidad muy mínima de deslizamientos ocasionados por lluvia acumulada.

2 años	5 años	10 años
		
20 años	50 años	100 años
		

Fuente: CENAPRED.







ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-03

Leyenda Temática

Peligro por inestabilidad de laderas asociado a umbrales de lluvia. Tiempo de retorno de 5 años.

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



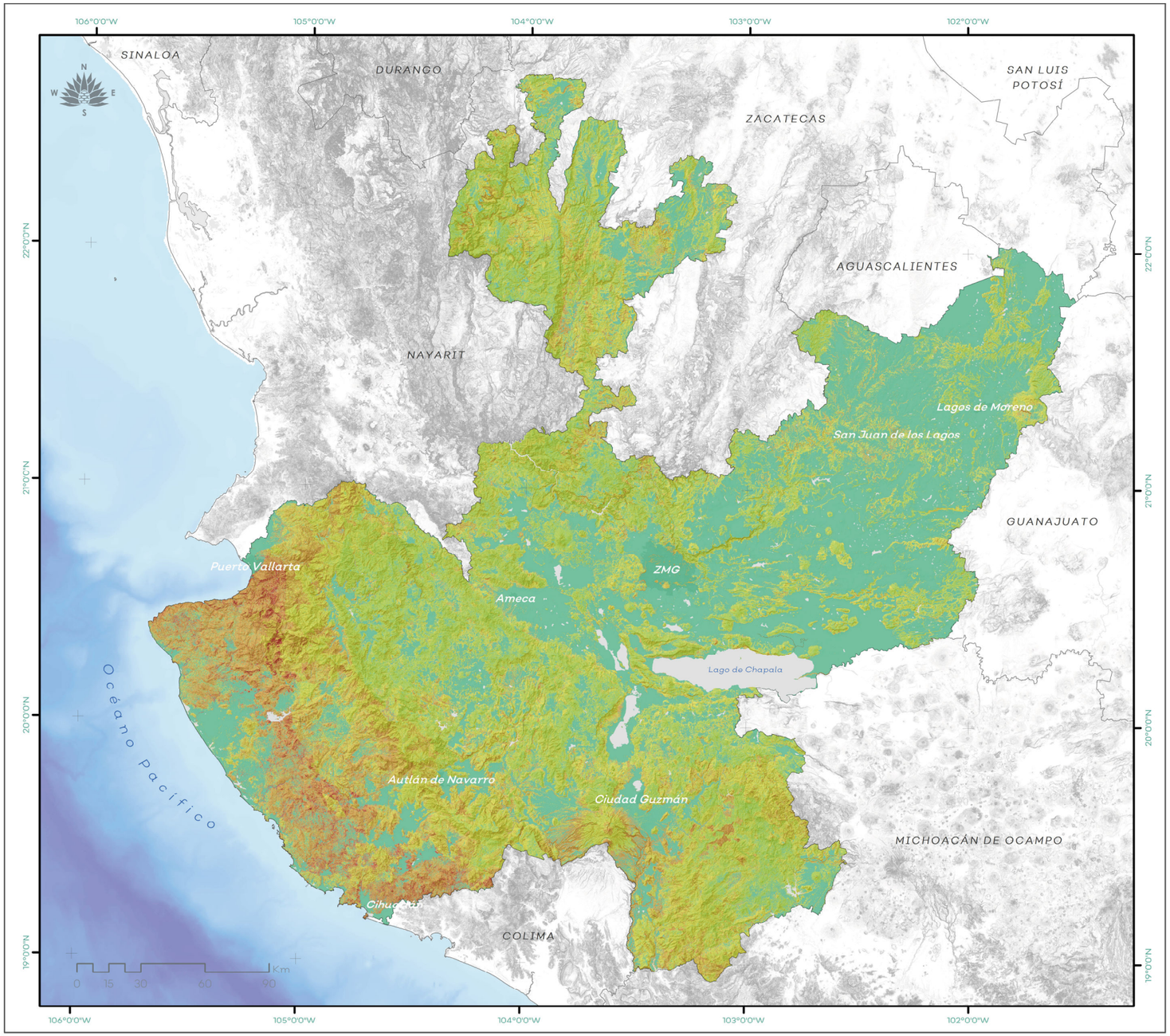
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: CENAPRED, INEGI_Sentinel 2 y SGM.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-04

Leyenda Temática

Peligro por inestabilidad de laderas asociado a umbrales de lluvia. Tiempo de retorno de 10 años.

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



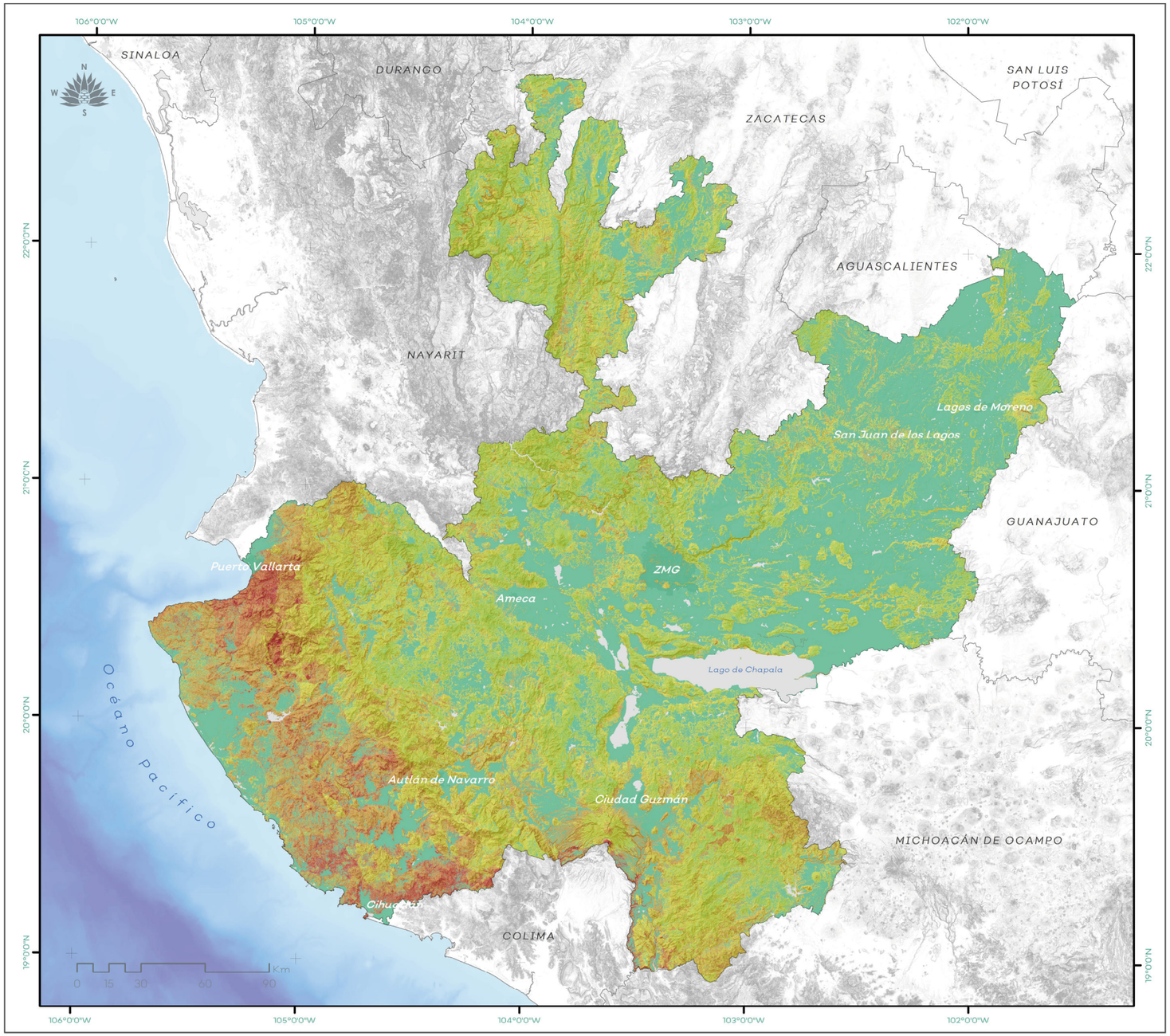
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,600,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: CENAPRED, INEGI,Sentinel 2 y SGM.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-05

Leyenda Temática

Peligro por inestabilidad de laderas asociado a umbrales de lluvia. Tiempo de retorno de 20 años.

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



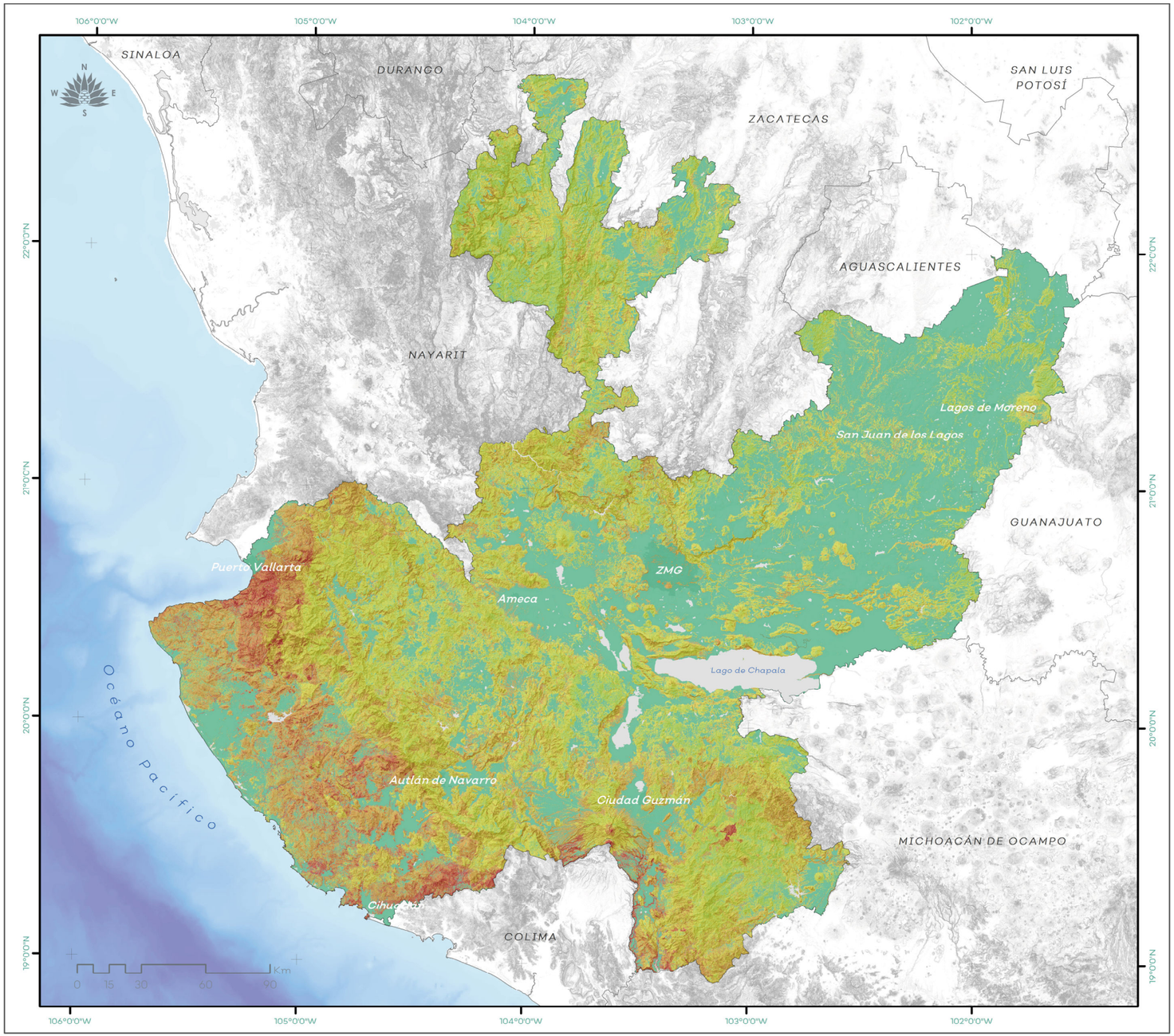
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: CENAPRED, INEGI,Sentinel 2 y SGM.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-06

Leyenda Temática

Peligro por inestabilidad de laderas asociado a umbrales de lluvia. Tiempo de retorno de 50 años.

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



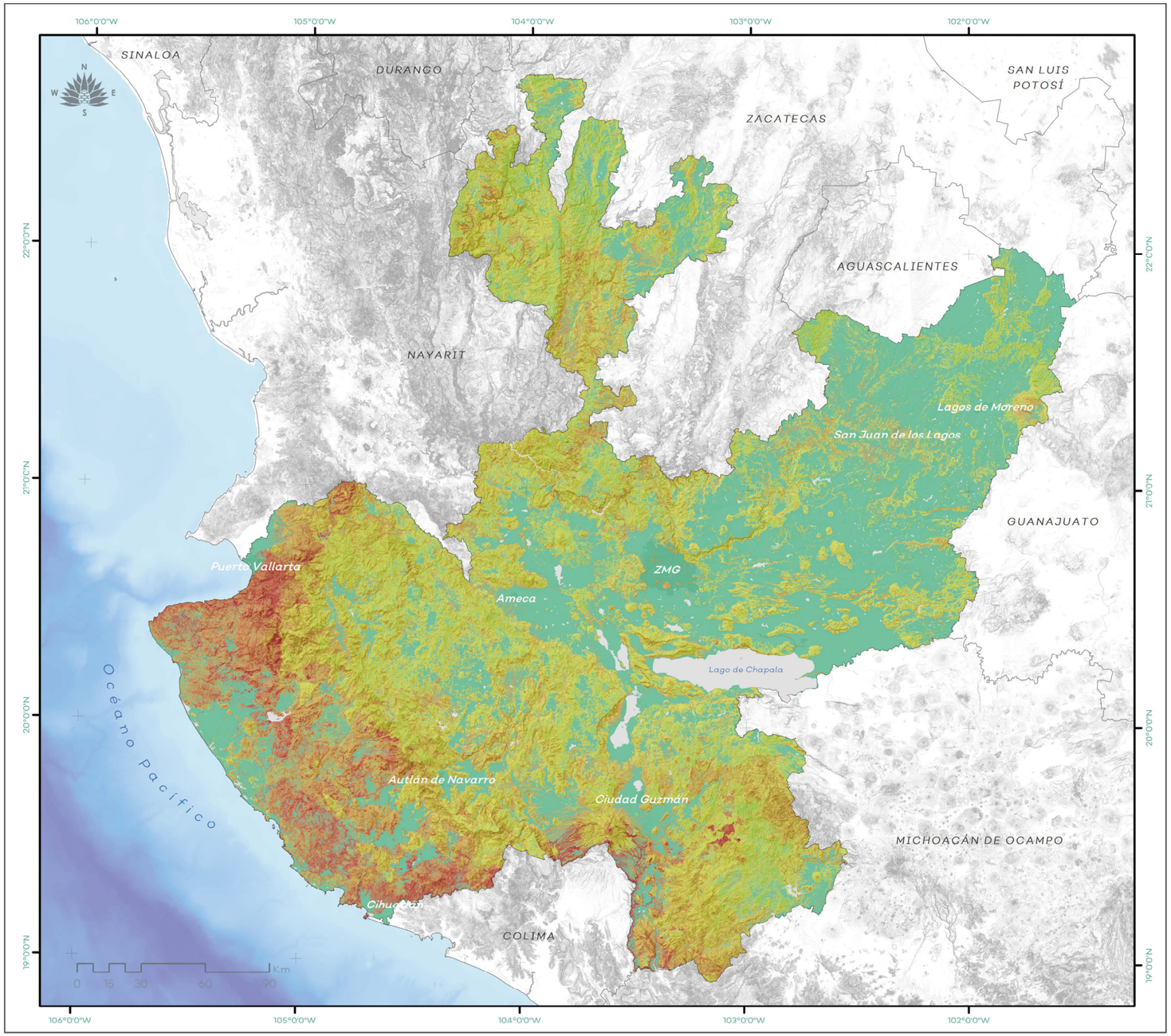
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,000,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: CENAPRED, INEGI,Sentinel 2 y SGM.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-07

Leyenda Temática

Peligro por inestabilidad de laderas asociado a umbrales de lluvia. Tiempo de retorno de 100 años.

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



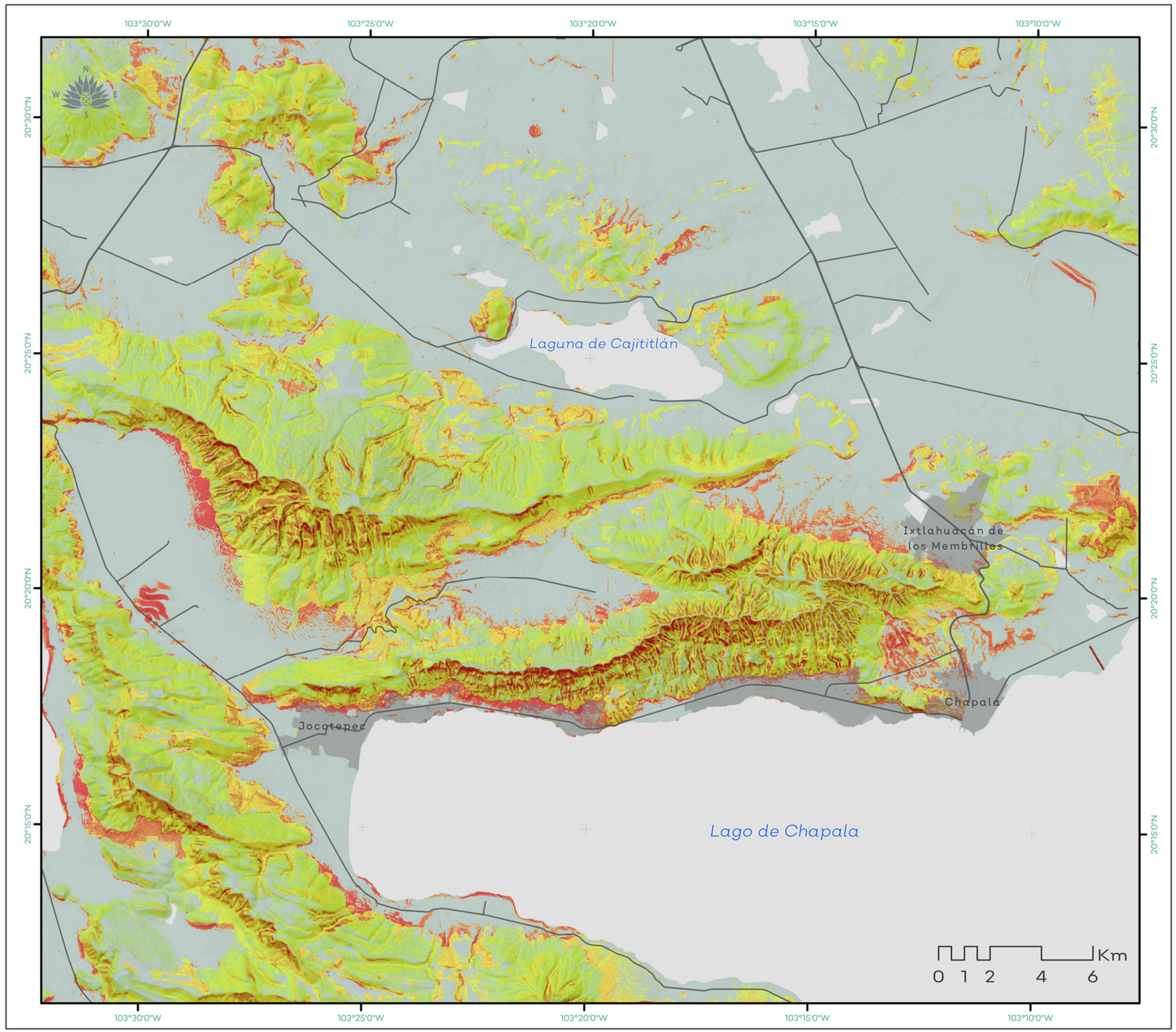
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: CENAPRED, INEGI_Sentinel 2 y SGM.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-08

Leyenda Temática

Susceptibilidad. Sierra de San Juan Cosalá.

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



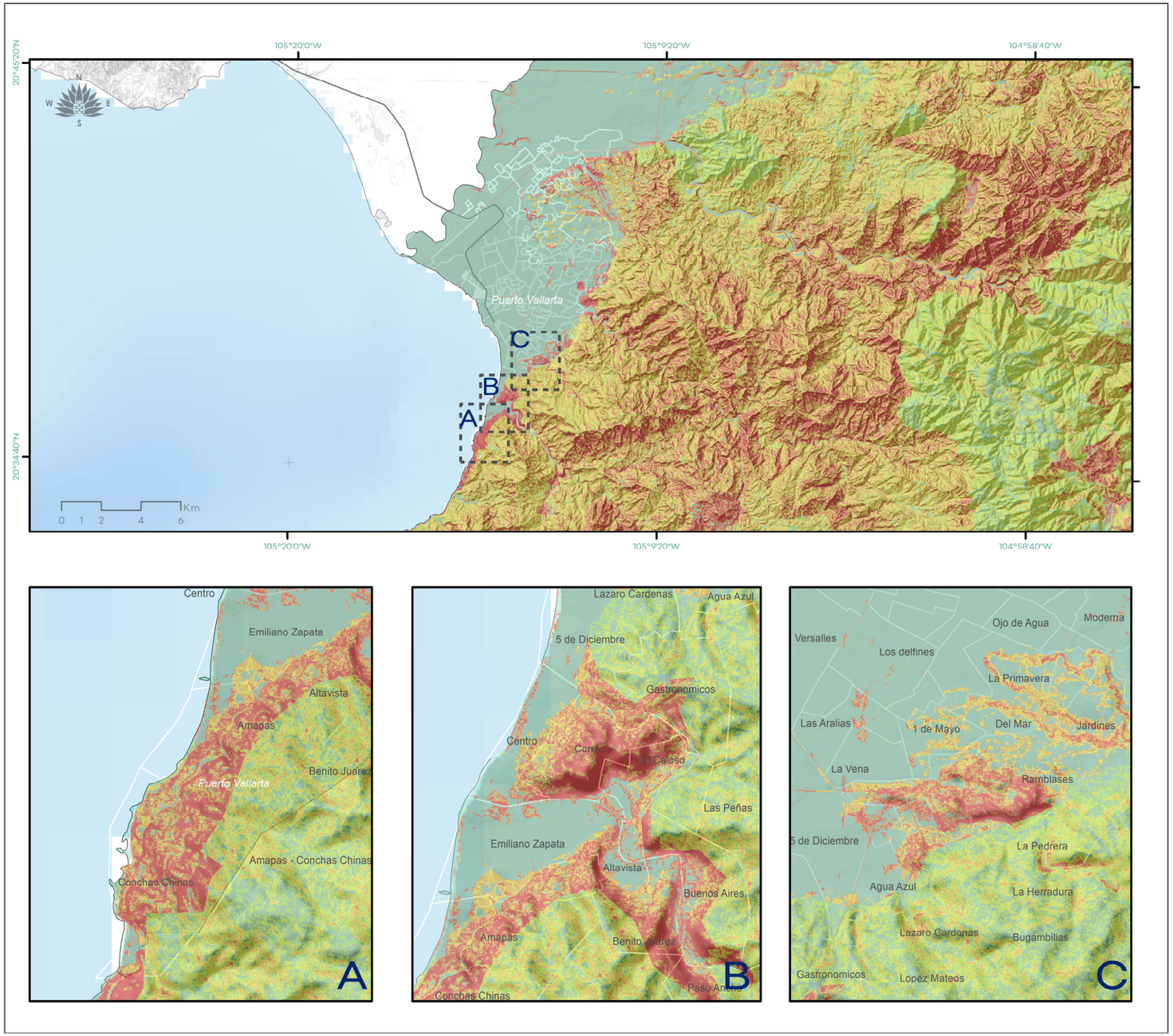
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. CENAPRED, INEGI, SGM y Sentinel-2. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de laderas
GEO-B-09

Leyenda Temática

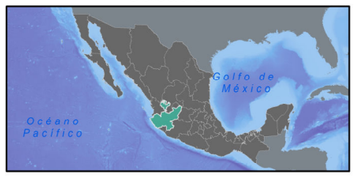
Susceptibilidad

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Manzanas
- Límite de Colonias
- Límite Localidad

Ubicación



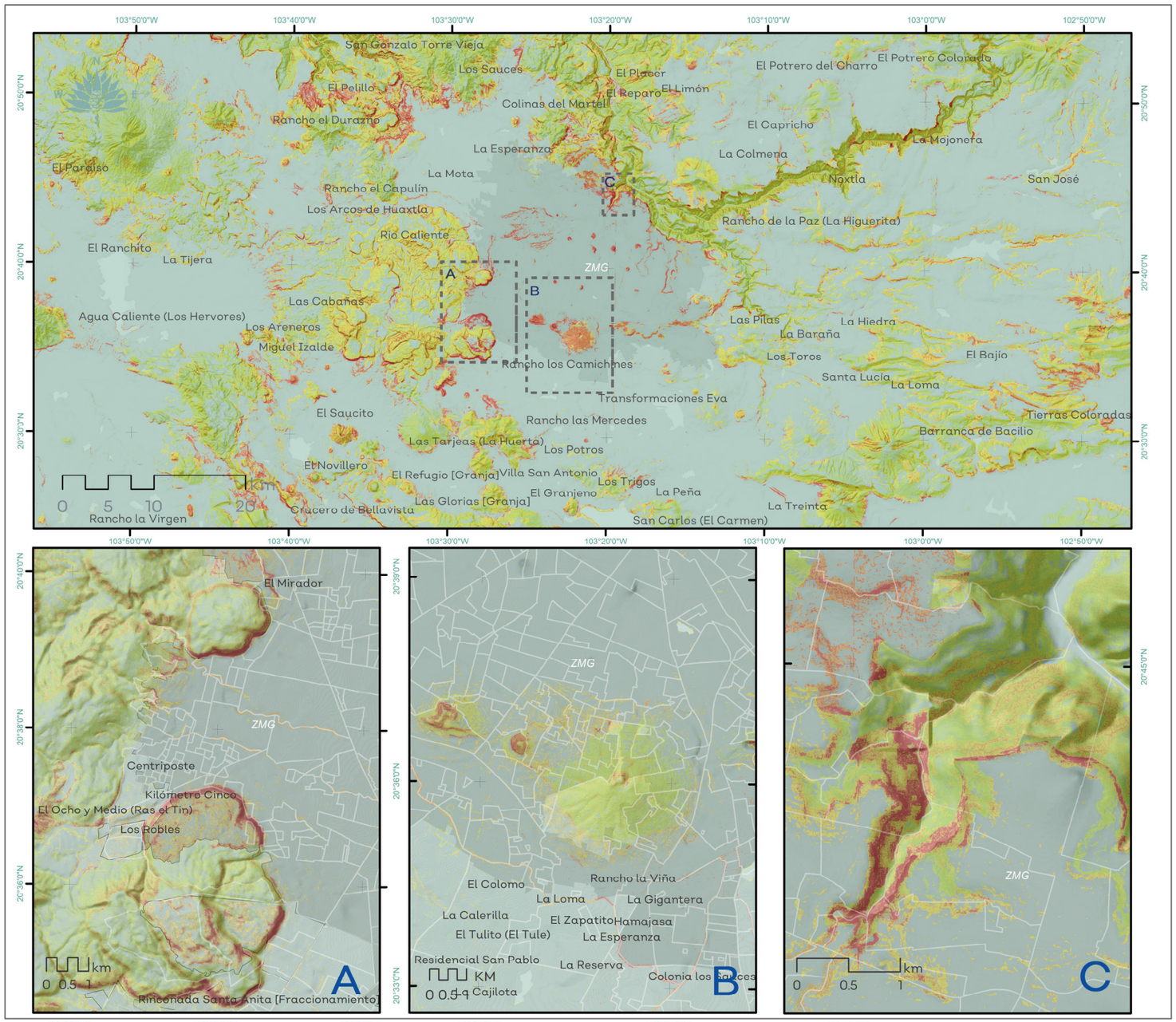
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI, SGM; CENAPRED y SENTINEl r. Censo de Población y Vivienda INEGI, 2020. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
GEO-B-10

Leyenda Temática
Susceptibilidad. Guadalajara

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal



Parámetros Cartográficos
Proyección..... CCL Esferoide.....GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008

Fuente
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuentes: INEGI, SGM, CENAPRED y Sentinel 2.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Sistemas expuestos a niveles alto y muy alto de susceptibilidad en los 3 mapas anteriores

Puerto Vallarta

Vista 1

Población total	Viviendas totales
1466	1188

Vista 2

Población total	Viviendas totales
13954	4702

Vista 3

Población total	Viviendas totales
17358	4888

Localidades cercanas a Sierra de San Juan Cosalá

Localidad	Población total	Viviendas totales
Ajijic	5457	1742
Chantepec	1002	261
Chapala	12287	3047
Ixtlahuacán de los Membrillos	2535	641
Jocotepec	4318	993
San Antonio Tlayacapan	1426	627
San Juan Cosalá	3485	795

Zona Metropolitana de Guadalajara

Vista 1

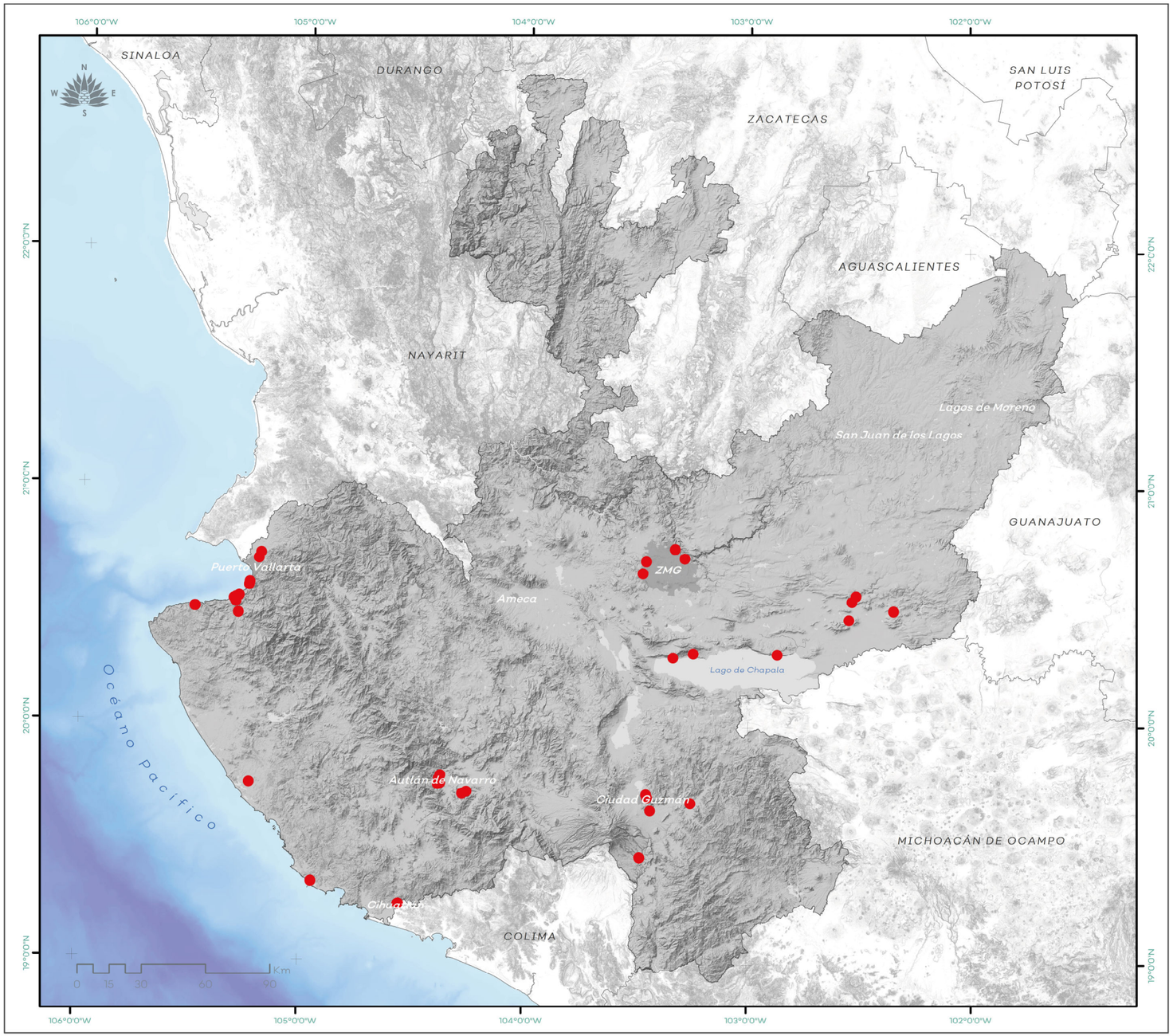
Población total	Viviendas totales
28337	7726

Vista 2

Población total	Viviendas totales
102349	26242

Vista 3

Población total	Viviendas totales
91061	20287



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Inestabilidad de Laderas
Sitios Visitados en Campo
GEO-B-11

Leyenda Temática

- Visitas de campo

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,000,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Deslizamiento de Laderas

En Jalisco, los deslizamientos de laderas, causados por lluvias intensas, sismos y actividades humanas, amenazan la infraestructura y vidas humanas, especialmente en áreas montañosas y cercanas a ríos y costas.

35, 667 viviendas en Muy alta Susceptibilidad

Umbral de lluvia acumulada en 24 horas. (Factor detonante)

- >203mm Muy alto
- 152-203mm Alto
- >101mm Medio

Población en Muy alta Susceptibilidad 14, 858

Escuelas en Muy alta Susceptibilidad 306

393 Localidades

5,949 km de carreteras

669 incidentes registrados por UPCB-EJ de 2007 a 2022

En caso de suspensión de actividades

50, 914 empleados expuestos

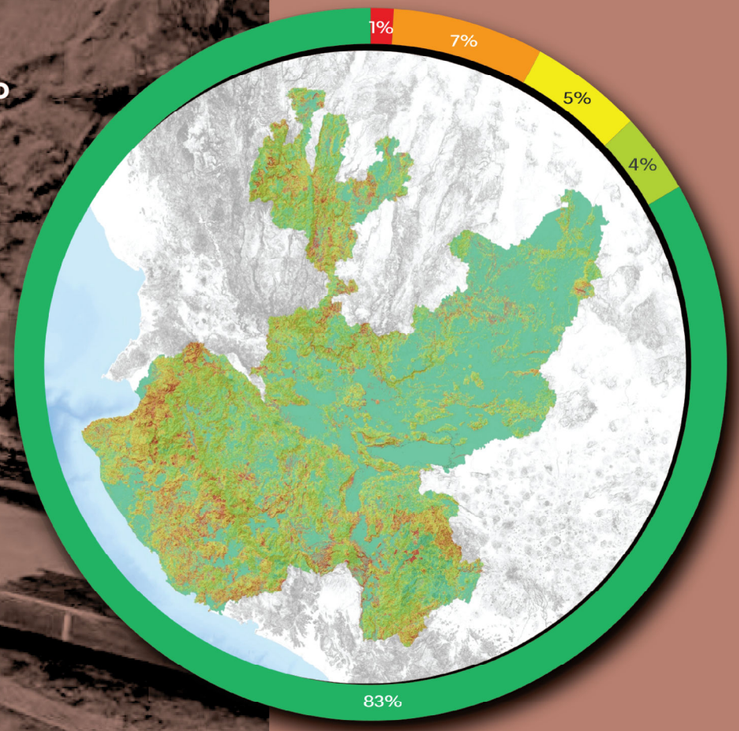
$20, 863, 303, 593 MNX perdida potencial diaria

9, 179 establecimientos económicos

441 equipamientos



Región VIII-Costa Sur, con mayor área de afectación



- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

1.1.3. Subsidencia

1.1.3.1. Introducción

La *subsidencia* se define como el hundimiento progresivo de una porción de la superficie terrestre por causas diversas; puede afectar todo tipo de terrenos, producto de cambios tensionales inducidos en el terreno por procesos naturales y/o antropogénicos (Roberto Tomás *et al.,* 2009).

Las principales causas naturales incluyen:

- Deformación natural
- Procesos lentos de disolución y lavado de material
- Procesos de consolidación de suelos blandos y orgánicos
- Licuefacción del suelo
- Hundimientos tectónicos

Las principales causas antropogénicas incluyen:

- Aplicación de cargas superficiales (incremento de peso y carga de los edificios e infraestructura)
- Mala compactación de arcillas y rellenos sanitarios.
- Sobreexplotación de mantos freáticos.
- Sobrecarga del suelo por construcciones
- Minería subterránea
- Extracción de petróleo o gas.

Las subsidencias naturales son generalmente procesos muy lentos, aunque a menudo se aceleran por el desarrollo urbano descontrolado, y suponen un riesgo cuando ocurre en zonas urbanas, al dañar y agrietar las edificaciones y afectar a sus cimientos.

Al momento de ocurrencia del fenómeno, esté puede llegar a deformar por un periodo de tiempo y después regresar a sus niveles, deformar permanentemente o producir un fracturamiento del terreno y las edificaciones que se encuentran en la zona.

Los hundimientos generalmente se manejan conforme a las dimensiones, es decir, pueden ser hundimientos locales o regionales.

Hundimientos locales

Son de dimensiones relativamente pequeñas y casi siempre ocurren de manera rápida o repentina, logrando alcanzar algunos centímetros, metros o hasta centenas de metros de diámetro, pero generalmente menores a 500 m. Debido a la rapidez con la que puede ocurrir puede provocar muertes o desaparecidos cuando se presenta en zonas pobladas.

Generalmente están asociados a diferentes causas y ambientes, por lo que sus dimensiones y localización dependen de estos fenómenos de origen. Las causas naturales más comunes son:

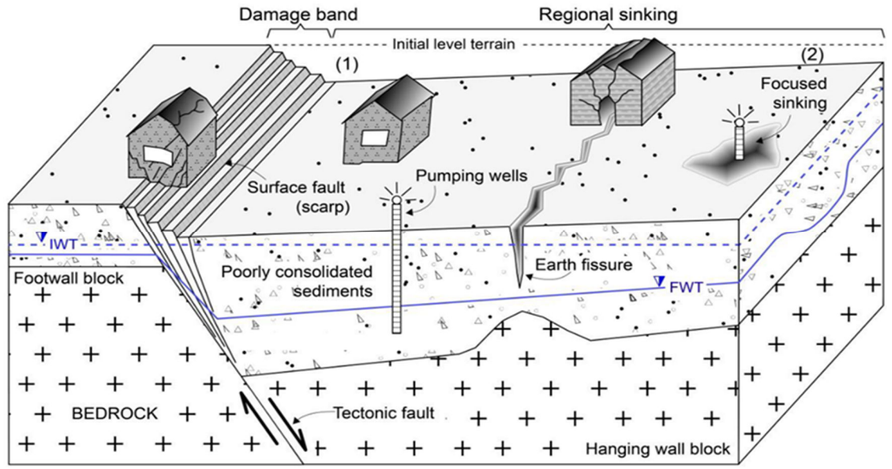
- Procesos hidrometeorológicos
- Procesos morfotectónicos
- Procesos volcánicos*
- Tubificación

Hundimientos regionales

Este fenómeno ocurre de forma lenta y abarca extensiones del terreno grandes, denotado por causas naturales y/o humanas. Está definido por el descenso y deformación de la superficie debido al apoyo insuficiente debajo del terreno, respecto a un punto que no se mueve (Marker, 2013). Normalmente sucede de manera diferida tanto en tiempo, espacio y velocidad, por la forma disposición y heterogeneidad de los depósitos de suelo. Por la velocidad en la que se presenta, es prácticamente imperceptible y puede tomar cientos o miles de años para desarrollarse, según la topografía del terreno y los cambios climáticos del entorno.

En cuencas de origen volcánico generalmente se presenta el hundimiento del terreno debido a sus características estratigráficas y geomorfológicas, suele inducir diferencias en las deformaciones del terreno (asentamiento diferencial) como se observa en la Imagen GEO-C-1; donde se puede observar que el mayor hundimiento se observa en las proximidades a las fallas tectónicas (1), mientras que, el hundimiento menor está en las partes lejanas (2). La creación de fallas y fisuras superficiales está controlada por la configuración del basamento. En zonas de hundimiento regionales, el daño a las estructuras e infraestructura es menos severa que en hundimientos locales (Figueroa-Miranda. *et al.,* 2018).

Imagen GEO-C-1. Subsidencia diferencial estructuralmente-controlada



Fuente: Figueroa-Miranda et al., (2018); modificado de Hernández-Madrigal et al. (2014).

Hundimientos inducidos por actividades humanas

Debido al crecimiento poblacional y las necesidades de aprovechar los recursos naturales del subsuelo se ha acelerado las subsidencias, donde sus efectos son notables y tienen consecuencias para el desarrollo de las ciudades.

Las actividades más frecuentes que inducen o aceleran el fenómeno son:

- Extracción de recursos naturales (minería, extracción de agua*, etc.)
- Aplicación de sobre cargas/construcción de infraestructura o viviendas
- Excavaciones en zonas urbanas
- Relleno mal implementado
- Problemas hidráulicos/implementación o falta de mantenimiento de sistemas de alcantarillado y agua potable.

Extracción de agua

El descenso del nivel freático genera un aumento de las presiones efectivas en la masa del suelo, lo cual, a su vez, genera asentamientos en el terreno (Terzaghi, 1943). El incremento de las presiones efectivas se debe a la reducción de la presión de poro dentro de la masa del suelo.

Las consecuencias del déficit entre bombeo y recarga de los mantos acuíferos, además de los hundimientos diferenciales, produce el abatimiento del nivel freático y una disminución del contenido de agua en las partículas de suelo. Este proceso da como resultado la compactación o disminución de su volumen. Si los materiales están constituidos por estratos esencialmente horizontales, la deformación volumétrica resultante es unidimensional o en una dirección. Estos descensos del nivel del terreno dependen de la velocidad local a la que se extrae agua del subsuelo y de la profundidad y naturaleza de los sedimentos (CENAPRED, 2022).

Este tipo de hundimiento se desarrolla en el transcurso del tiempo y pueden ser necesarios varios años o décadas para que sea visible; sin embargo, si la extracción es intensiva, puede generar hundimientos de consideración y daños irreparables a obras de ingeniería, monumentos históricos e infraestructura (Imagen GEO-C-1).

Agrietamiento del terreno

Cuando ocurre el fenómeno de subsidencia se tiende a presentar en forma de agrietamientos en el terreno, así como, en infraestructura. (Imagen GEO—C-1).

El fracturamiento del terreno ocurre como consecuencia de cualquier condición que lleve a un estrés de tensión del suelo. Los agrietamientos pueden tener varios orígenes, incluyendo la contracción de arcillas compresibles, estrés inducido por las construcciones en zonas urbanas, fracturamiento hidráulico de suelos blandos, movimientos sísmicos, etc. Sin embargo, las fracturas más destructivas y grandes suelen ocasionarse directamente como consecuencia de la subsidencia asociada a la extracción de agua en acuíferos locales (Auvinet G. *et al,* 2013).

1.1.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Metodología

De acuerdo con los lineamientos estipulados en la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos 2016 de CENAPRED y los Términos de Referencia para la Elaboración de Atlas de Peligros y/o Riesgos 2018 de SEDATU se determinó la siguiente metodología considerando tanto los factores desencadenantes: naturales y antropogénicos.

1. Inventario sobre casos documentados por un periodo de tiempo mayor a 10 años.
2. Realizar levantamientos en campo de formaciones geológicas o zonas de antiguas minas que puedan dar origen a fenómenos de hundimientos y subsidencia.
3. Identificación de infraestructura y viviendas dañadas, así como variaciones del nivel del suelo por este proceso, registrando dichas evidencias en un mapa con escala a detalle.
4. Aplicación de cuestionarios aplicados a la población para el registro de evidencias históricas.
5. Mapas de factores condicionantes (geología, estratigrafía, contenido de humedad del suelo, módulos de deformación y permeabilidad, isolíneas del nivel freático, zonas minadas, cavernas y propiedades mecánicas del suelo).
6. La cuantificación y evolución del fenómeno se calculará a partir del empleo de los SIG´s en la generación de modelos de predicción de subsidencia.

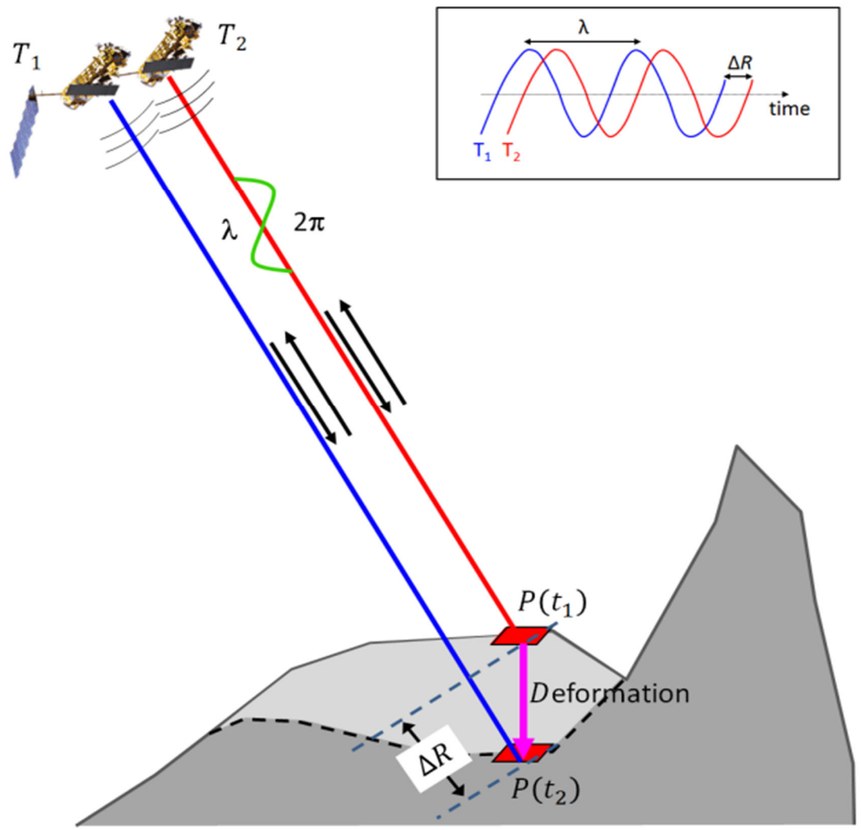
Técnica DInSAR

De manera complementaria; para conocer si existe una tasa de hundimiento e identificar sitios donde se presenta este proceso dentro del municipio, se utiliza la técnica de percepción remota denomina interferometría de imágenes de radar de apertura sintética (DInSAR), es una técnica geodésica que calcula el patrón de interferencia (franjas), ocasionado por la diferencia de fase entre dos imágenes de la misma zona tomadas por un radar de apertura sintética montado ya sea sobre un aeroplano o en el mejor de los casos sobre un satélite, en instantes diversos, dicha técnica permite observar movimientos de la superficie terrestre.

La técnica DlnSAR consiste en la utilización de pares de imágenes SAR de una misma escena para obtener, a partir del cálculo de las variaciones de fase entre ambas tomas, variaciones de altura en el terreno ya sea para la obtención de modelos digitales de elevación o bien desplazamientos en la escena. Las imágenes de radar (de apertura real) tienen una resolución espacial muy limitada debido a que ésta es directamente proporcional al tamaño de la antena. Las imágenes SAR (Radar de Apertura Sintética) ofrecen una mejor resolución que debido a que se recolectan continuamente pulsos retro dispersados por los rasgos en la escena mientras la plataforma se desplaza a lo largo de su órbita o trayectoria. Estos pulsos retro dispersados son procesados para obtener un producto que pareciera haber sido adquirido por una antena de enormes dimensiones, de ahí el nombre “apertura sintética".

Dos puntos genéricos A y B se definen en la imagen SAR y se desarrolla la expresión del incremento de fase interferométrica AB.

Imagen GEO-C-1. Concepto Básico de DInSAR



Fuente: Sousa & Bastos, 2013.

Al par de imágenes SAR, tomadas ya sea simultáneamente desde dos ubicaciones diferentes o bien en tiempos diferentes para cuantificar propiedades geométricas en la escena, se le llama par interferométrico. En un par interferométrico formado por dos imágenes radar tomadas al mismo tiempo, pero desde diferente ubicación las diferencias de fase se deben a la diferencia en distancia desde la cual se producen las imágenes. Cuando las tomas son adquiridas en diferente época las diferencias de fase incluyen las variaciones geométricas en la escena. A la línea que determina la dirección de separación entre la posición de la antena en la primera toma y la segunda se le llama línea de base (B). A la imagen obtenida de las diferencias de fase de las dos imágenes que forman el par interferométrico se le denomina interferograma.

La componente topográfica en los interferogramas se sustrae con la ayuda de un modelo digital de elevaciones (MDE). La manera en que se genera una imagen radar produce también una serie de distorsiones y situaciones geométricas que deben conocerse y corregirse también con base en un MDE de la zona que cubre la imagen radar. El MDE se utiliza además como auxiliar para la georreferenciación de las imágenes; para el caso de este municipio se utilizó modelos digitales de elevación generados mediante las curvas de nivel extraídas de las curvas de nivel de cartas topográficas escala 1:20,000 de INEGI.

Para la adquisición de imágenes de radar de apertura sintética existen diversos satélites actualmente de diferentes agencias de investigación en el mundo, para las imágenes adquiridas para el análisis se tomará en consideración imágenes de los sensores Sentinel 1A, pertenecientes a la Agencia Espacial Europea (ESA), el procesamiento de las imágenes SAR se realizó con el programa SNAP desarrollado por la ESA, las imágenes analizadas son para el periodo del 2022 a 2024.

1.1.3.3. Antecedentes

Los hundimientos del terreno, también conocidos como subsidencia, se producen cuando se extrae agua de los acuíferos subterráneos. Este fenómeno ocurre gradualmente a medida que las partículas del suelo se compactan debido a la pérdida de agua que normalmente llena los espacios entre ellas. En el estado de Jalisco se encuentran identificadas algunas zonas que presentan este fenómeno debido a la extracción de agua del subsuelo, ejemplo de estos son Ameca y Lagos de Moreno.

Los hundimientos ocurridos en Ciudad Guzmán están relacionados a causas tectónicas. La falla geológica de Ciudad Guzmán es un fenómeno que atraviesa la ciudad de noreste a suroeste. Detectada desde el sismo del 19 de septiembre de 1985, esta falla ha generado microsismos debido a su desplazamiento. Clasificada como normal, inicia en la zona de La Ladrillera, al nororiente de la ciudad, y avanza en diagonal hacia el suroeste, cruzando áreas como la base regional de Protección Civil Jalisco, la colonia Mansiones del Real y las colonias Primaveras. En los últimos años, ha habido desplazamientos importantes, con grietas visibles en vialidades como Carlos María de Bustamante, Manuel M. Diéguez e Ignacio Mejía.

La **falla geológica de Ciudad Guzmán** puede tener varios efectos en las viviendas y población:

1. **Daños estructurales**: Las construcciones ubicadas directamente sobre la falla están en riesgo de sufrir daños, especialmente durante movimientos sísmicos. Las vibraciones causadas por el desplazamiento de la falla pueden afectar la integridad de los edificios y provocar grietas en las estructuras.
2. **Inestabilidad del suelo**: La falla puede alterar la estabilidad del suelo. Esto puede afectar la cimentación de las edificaciones y provocar hundimientos o asentamientos irregulares.
3. **Riesgo de deslizamientos**: La presencia de la falla puede aumentar el riesgo de deslizamientos de tierra en las laderas cercanas. Las rocas cercanas a la falla se encuentran más fracturadas y presentan más infiltración de agua.
4. **Impacto en la planificación urbana**: La existencia de la falla debe considerarse en la planificación urbana y en la ubicación de infraestructuras críticas como hospitales, escuelas y servicios públicos. Es importante tomar medidas preventivas para reducir los riesgos.

En resumen, la falla geológica de Ciudad Guzmán requiere una atención especial para garantizar la seguridad de los habitantes y la integridad de las construcciones en la zona.
En el municipio de Sayula, fueron detectados agrietamientos el 10 de mayo del 2021. Se encuentra principalmente en la carretera libre estatal 401, cerca del kilómetro 68+200. La grieta principal mide 1.6 kilómetros de longitud y tiene una profundidad de 19 metros. Una posible causa podría estar relacionada con la sobreexplotación de agua en la región, utilizada en los campos de berries y aguacate. Además, las lluvias recientes, como las de la Tormenta Tropical “Dolores”, han acentuado estas discontinuidades. No se tiene evidencia de que este fenómeno esté asociado a una falla geológica.

Aunque los agrietamientos no se encuentran en una zona poblada, atraviesan campos de cultivo y podrían representar un riesgo para quienes laboran en esa área. Además, el sistema de grietas ha causado daños a la infraestructura vial. Las lluvias podrían aumentar su desplazamiento, por lo que

las autoridades exhortan a la ciudadanía a no acercarse a la zona afectada. Las acciones que pueden mitigar el riesgo de este fenómeno se describen a continuación:

- Realizar la identificación y disposición espacial de las grietas a través de estudios geofísicos que midan la resistividad como con sondeo eléctrico vertical.
- Implementar estudios de mecánicas de suelos para identificar propiedades de los suelos como capacidad de carga, compactación, saturación de agua y estructura de los suelos arcillosos de la zona.
- Desarrollar estudios hidrogeológicos para conocer niveles piezométricos y variaciones del nivel freático asociados a la extracción de agua del subsuelo.

En Jocotepec y Ocotlán, se ha presentado fenómenos geológicos que tiene una causa antropogénica, los rellenos sanitarios existentes presentan hundimientos y deslaves, las causas tectónicas y otras antropogénicas como la extracción de agua del subsuelo no están relacionados con estos fenómenos en estas localidades. En Jocotepec se han enfrentado a la problemática de encontrar un terreno adecuado para su nuevo relleno sanitario. A pesar de los esfuerzos, aún no han concretado la adquisición de un sitio para este propósito. El vertedero actual, inaugurado en 1998, ha sobrepasado su capacidad y recibe cerca de 50 toneladas de basura al día. Como alternativas, se han considerado terrenos en los ejidos del municipio y la posibilidad de colaborar con empresas para la disposición de residuos.

La extracción de agua en Ameca, Jalisco, es un tema importante debido a la necesidad de este recurso para abastecer a la población, la agricultura y otras actividades económicas. Sin embargo, la extracción excesiva de agua puede tener consecuencias negativas en el equilibrio de los acuíferos locales y en el medio ambiente en general. En Ameca, al igual que en muchas otras regiones, la extracción de agua se realiza principalmente a través de pozos y sistemas de bombeo. Esto puede incluir pozos para uso doméstico, agrícola, industrial y comercial.

Es importante monitorear de cerca la extracción de agua para asegurar que se realice de manera sostenible, evitando la sobreexplotación de los recursos hídricos subterráneos. La sobreexplotación puede llevar a la disminución del nivel de los acuíferos, la subsidencia del terreno y otros problemas ambientales.

Las grietas que afectan a la ciudad de Ameca son causadas por la explotación excesiva de los acuíferos ya que esto provoca que se reacomode las partículas de suelo, reactivándose así las fallas y fracturas que atraviesan la ciudad.

Según García et al. (2004), Se ha observado que los hundimientos siguen ciertas direcciones preferenciales, influenciadas por el fracturamiento del paquete fluvio-lacustre. Estos hundimientos forman trazas rectas en la superficie con direcciones similares a las fallas regionales, aunque en algunas áreas esta relación no es clara. El trend estructural está compuesto por 65 segmentos, siendo la falla principal paralela a la calle Toluquilla, con una longitud de aproximadamente 1,350 m y una orientación NW-SE. Algunas secciones de los hundimientos alcanzan hasta 35 cm de profundidad, causando daños significativos a las construcciones e infraestructura. Otro sistema de hundimientos, con orientación N-S y menor longitud, presenta un desnivel de más de 25 cm entre el bloque hundido y el levantado, con una edad aproximada de 25 años. El tercer sistema, orientado e y ubicado al poniente, centro y suroriente de la ciudad, es sísmicamente activo y ha causado daños severos en las construcciones, especialmente este-oeste durante los eventos sísmicos de 1995 y 2002. Los hundimientos más importantes se asocian con la falla principal, el crecimiento de las grietas está siguiendo una tendencia en sentido noroeste-sureste, por lo que siguen aumentando nuevas viviendas dañadas.

Las autoridades locales deben estar involucradas en la regulación y supervisión de la extracción de agua, estableciendo límites y regulaciones para garantizar un uso sostenible del recurso. Además, es importante fomentar prácticas de conservación del agua y buscar alternativas para reducir la demanda, como la implementación de tecnologías de riego más eficientes en la agricultura y la promoción de la reutilización del agua en diferentes sectores.

En la Zona Metropolitana de Guadalajara, la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos, tiene un registro de 31 incidencias por hundimientos, y agrietamientos, los cuales, en el marco del presente estudio, fueron visitados por el personal técnico, para determinar las causas, así como para identificar el contexto espacial y con ello generar hipótesis sobre su manifestación.

Al respecto, en estas visitas técnicas que se realizaron en los 31 puntos (mapa GEO-C-2), se pudo de igual forma entrevistar a los habitantes cercanos a estos sitios para con ello descartar la situación de un peligro de carácter geológico. Siendo la principal causa de carácter antropogénico para estas incidencias.

Se descarta la presencia de un riesgo geológico por hundimiento y agrietamiento en la ZMG y su estudio obedece más bien a cuestiones de túneles de jal, fugas e infraestructura obsoleta o dañada por obras civiles.

1.1.3.4. Fichas de Campo

Punto de Verificación	1		
Lugar/Colonia	Calle Aztecas. Colonia Sta. Rosa, Ciudad Guzmán.	**Coordenadas**	**19.701803, -103.471077**

Imagen



Observaciones

Afectaciones a vivienda producidas por la acción de la falla geológica que atraviesa la ciudad, la cual es causante de la subsidencia. Se puede apreciar el desnivel en la vialidad. La situación que tienen estas colonias impide el desarrollo y mantenimiento de la infraestructura vial y urbana, por lo que es recomendable disminuir la densidad de población y evitar construcciones cercanas a la falla, también es conveniente implementar reubicación de viviendas y programas de divulgación de información sobre los riesgos del hundimiento.

Población y viviendas expuestas a la falla de Ciudad Guzmán

Población total	Viviendas totales
111,741	30,352

Lugar/Colonia	Sayula	Ubicación	Carretera estatal 411 en el kilómetro 68

Imagen



Observaciones

Aparicion de grietas en el terreno. La principal causa de este fenómeno se asocia a la extracción de agua utilizada para el cuiltivo de aguacate y berries, que provoca un reacomodo estructural de las particulas del sedimento de la cuenca. Las principales afectaciones se presentan en carretera y terrenos agrícolas.

Lugar/Colonia	Jocotepec	Ubicación	Carretera estatal 411 en el kilómetro 68

Imagen

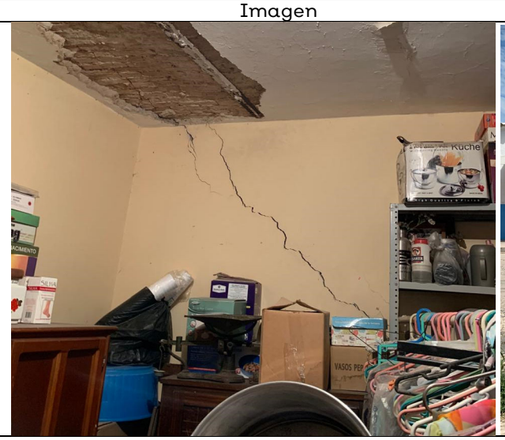


Observaciones

Aparicion de grietas en viviendas ocurridos principalmente en el centro de la población. Las causas de esta deformación frágil son sistemas locales de fracturas y fallas asociados a a la fosa tectónica de chapala, los sedimentos deformables con espesores variables y la geometría del basamento. Estos factores producen sistemas de fracturas que se propagan por los sedimentos no consolidados de origen fluvial-pluvial y se generan fracturas en casas y desniveles de terreno.

Lugar/Colonia	Ameca

Imagen





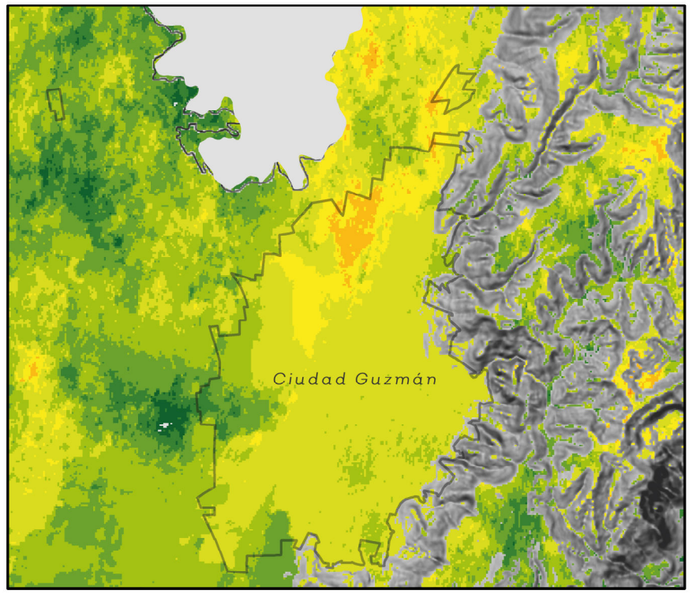
Observaciones

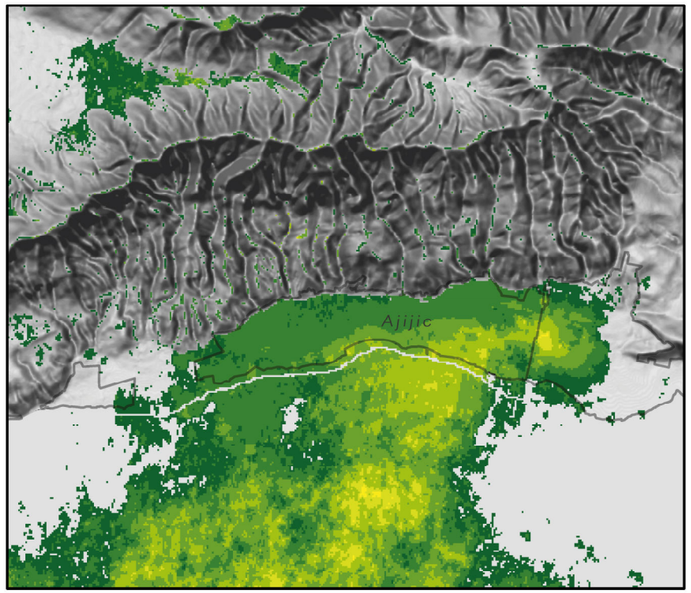
Presencia de grietas de gran tamaño en viviendas que afectan tanto a paredes como a elementos estructurales de casas. Estas discontinuidades se producen por la subsidencia del terreno ocasionada por la extracción de agua subterránea. El reajuste de las partículas del suelo genera deformación frágil en estructuras rígidas como la infraestructura urbana.

1.1.3.5. Peligro

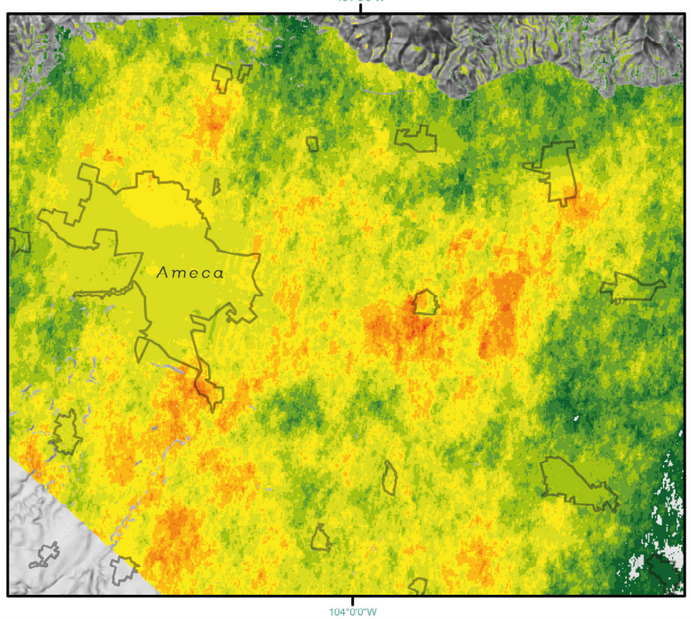
El mapa GEO-C-1, representa los resultados obtenidos del análisis de interferometría realizados para las regiones de Ciudad Guzmán, Ameca y Ajijic, donde se identificó riesgo geológico activo, los resultados son congruentes con las tasas de deformación reportadas en 2019 por INEGI en el Estudio de Distribución Espacial y Magnitud de la Subsidencia. De igual forma se replicó este ejercicio para la Región II de los Altos Norte, identificando que en la zona de agricultura de riesgo se presentan tasas de hundimiento asociadas a la explotación del agua subterránea, fenómeno el cual se presenta en diversas zonas del Bajío.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

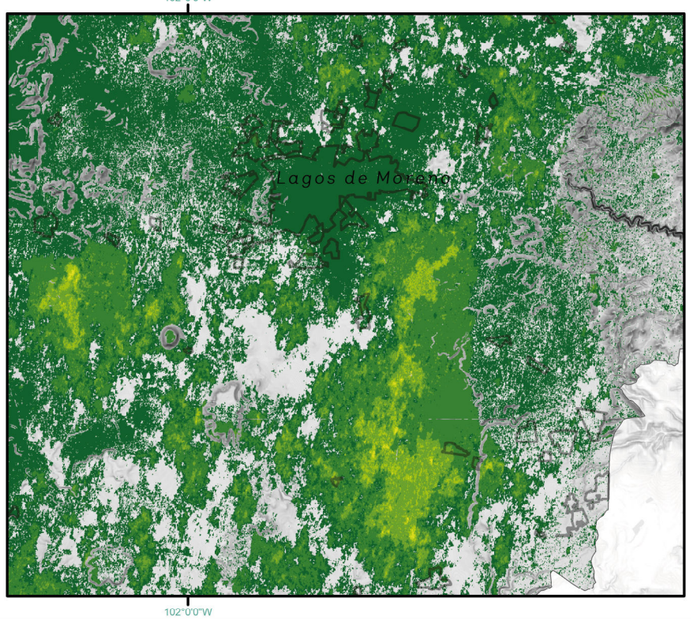




104°0'0"W



102°0'0"W



104°0'0"W

102°0'0"W

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Subsidencia
GEO-C-1

Leyenda Temática

Hundimientos anual promedio en mm/año

0 - 10	50 - 60
10 - 20	60 - 70
20 - 30	70 - 80
30 - 40	80 - 90
40 - 50	90 - 100

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



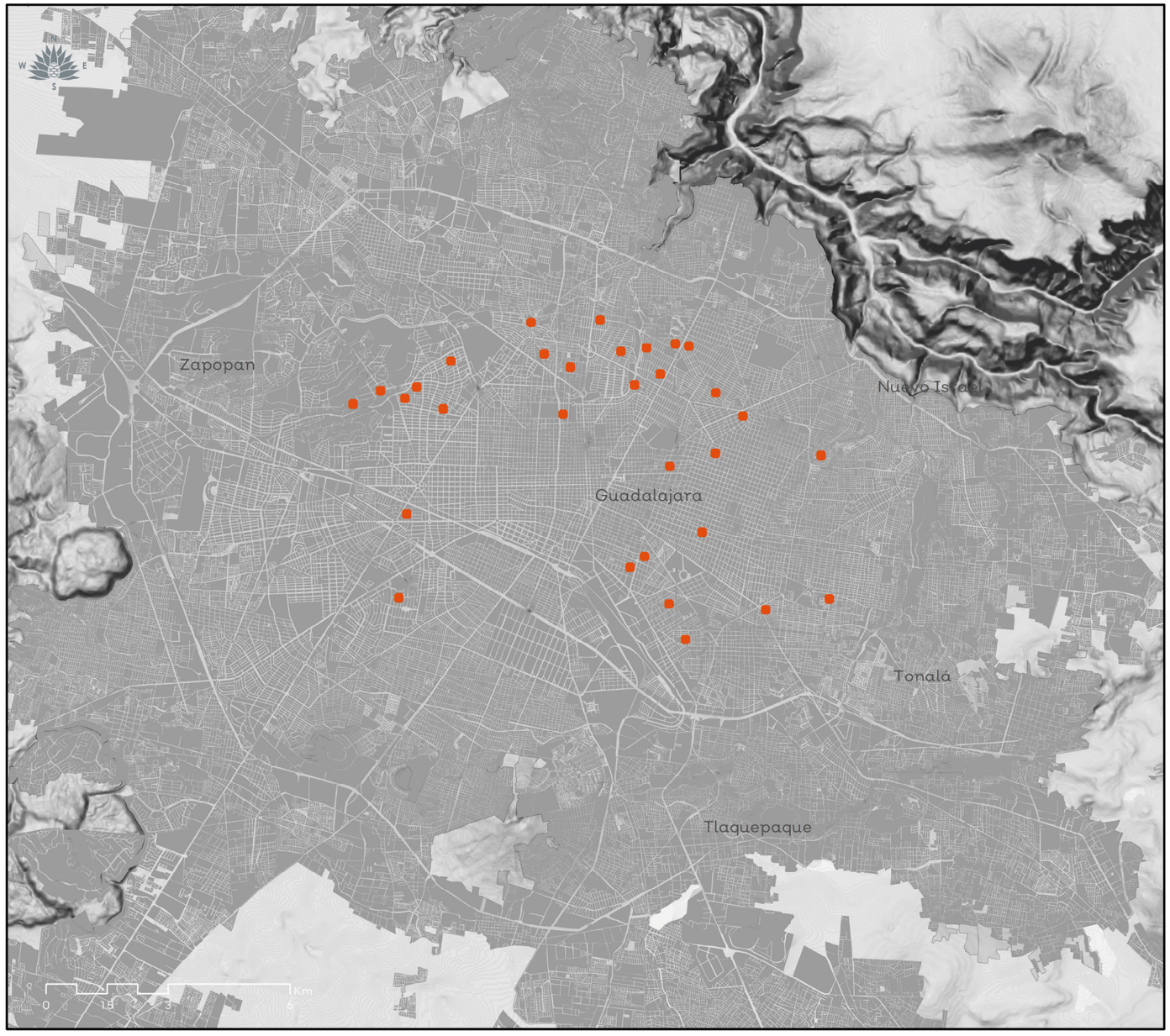
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Setinel-1 y SNAP.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Subcidencia
GEO-C-2

Leyenda Temática

Puntos de Incidencias

Simbología

Cuerpos de Agua

Zonas Urbanas

Límite de Estudio

Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.4. Maremoto

1.1.4.1. Introducción

Las zonas costeras son entornos muy dinámicos que tienen la capacidad de sufrir cambios rápidos, debido a que la acción de las olas del océano forma y cambia las costas. Es por lo que los efectos de los procesos que actúan en estas regiones son considerados como peligrosos ya que una gran cantidad de personas habitan en sus cercanías lo que aumenta su exposición a estos peligros geológicos y eleva su vulnerabilidad. Consideramos eventos extremos a los tsunamis los cuales han cobrado muchas vidas y causado importantes daños económicos.

El término tsunami tiene origen japonés, significa “ola en el puerto” (tsu =puerto o bahía, nami = ola) y hace alusión a los maremotos, fenómenos que pueden llegar a ser altamente destructivos y mortíferos.

Los tsunamis implican el desplazamiento de una gran cantidad de agua del océano en su punto de origen, aunque también pueden ocurrir en lagos, ríos, bahías sin embargo son menos frecuentes, este desplazamiento tiene la capacidad de trasladarse hacia fuera en todas las direcciones y puede viajar grandes distancias sin perder una gran cantidad de energía. A diferencia de las olas llevadas por el viento que afectan a la superficie del océano, estas olas suponen el desplazamiento vertical, y en menor medida horizontal, de una masa gigantesca de agua del océano, se tiene la idea de que los tsunamis son una ola y esto es erróneo ya que son trenes de ondas es decir una serie de olas y la primera puede no ser la más grande (Keller, 2004).

Este desplazamiento puede ser causado por uno de los siguientes diferentes tipos de sucesos:

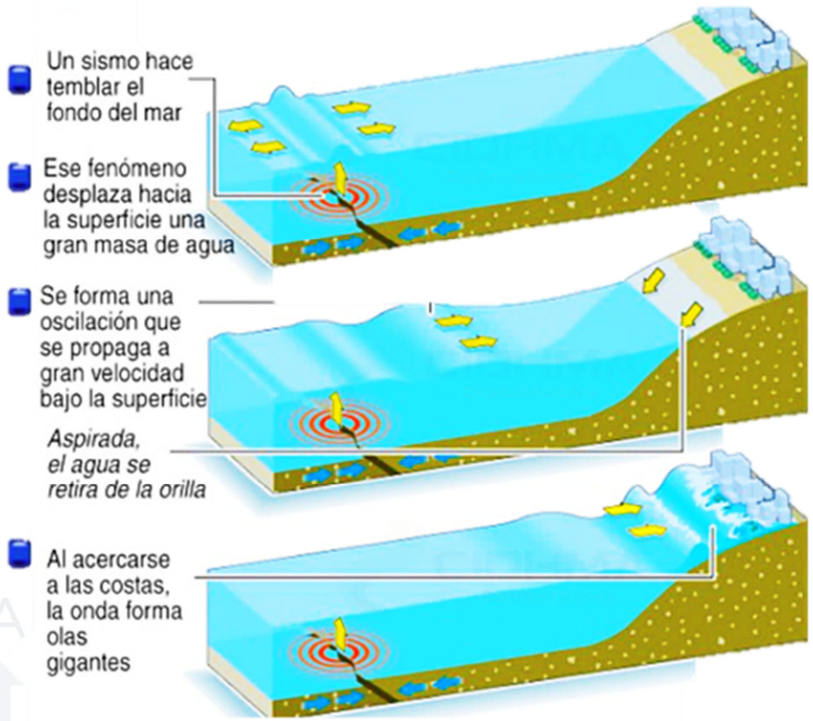
- Rápida elevación o hundimiento del fondo marino en un gran terremoto.
- Un desprendimiento de tierra submarino puede desencadenar un gran terremoto.
- Colapso de un flanco (lado) de un volcán en el océano.
- Una explosión volcánica submarina.
- El impacto de un gran objeto del espacio en el océano (ej. asteroide).

De esas cinco posibles causas, la conexión entre terremotos y tsunamis es la más común, sin embargo, se debe tener en cuenta que no todos los terremotos generan tsunamis, sino sólo aquellos de magnitud considerable, que ocurren bajo el lecho marino y que son capaces de deformarlo; aunque recientes estudios sugieren que esta regla no es del todo correcta puesto que se han observado que distintos tipos de terremoto pueden inducir distintos tipos de tsunami.

Los tsunamis se pueden clasificar en dos tipos principalmente tsunamis de corto alcance o de largo alcance; los primeros se conocen como tsunamis de campo cercano o locales y los segundos tsunamis de campo lejano o transoceánicos los cuales tienen la capacidad y la energía de viajar y atravesar todo un océano.

También es posible clasificarlos según sus amplitudes medidas en costa estos podrían ser tsunamis instrumentales cuando esas amplitudes no superan los 30 cm es decir que no son percibidos necesariamente por la población, pero si capturados por los instrumentos; un tsunami menor cuando esta amplitud está entre 30 cm y 1m, tsunamis intermedios desde 1 a 3m y tsunamis mayores cuando la amplitud es mayor a 3m.

Imagen GEO-D-1. Formación de un Tsunami



Fuente: Nature/ USGS

Para entender dicho fenómeno en su globalidad es importante destacar que los tsunamis no ocurren con la misma frecuencia en todo el mundo; de hecho, la distribución espacial de los tsunamis coincide en gran medida con los límites de la convergencia entre las placas es decir de zonas de subducción en el mundo lo que permite establecer que en su mayoría los tsunamis se producen por grandes terremotos de subducción que los hace los más frecuentes de los mencionados con anterioridad.

Cuando se habla de un tsunami es necesario separar sus fases en tres etapas:

- Generación

La fuente generadora del tsunami produce la perturbación de la columna de agua.

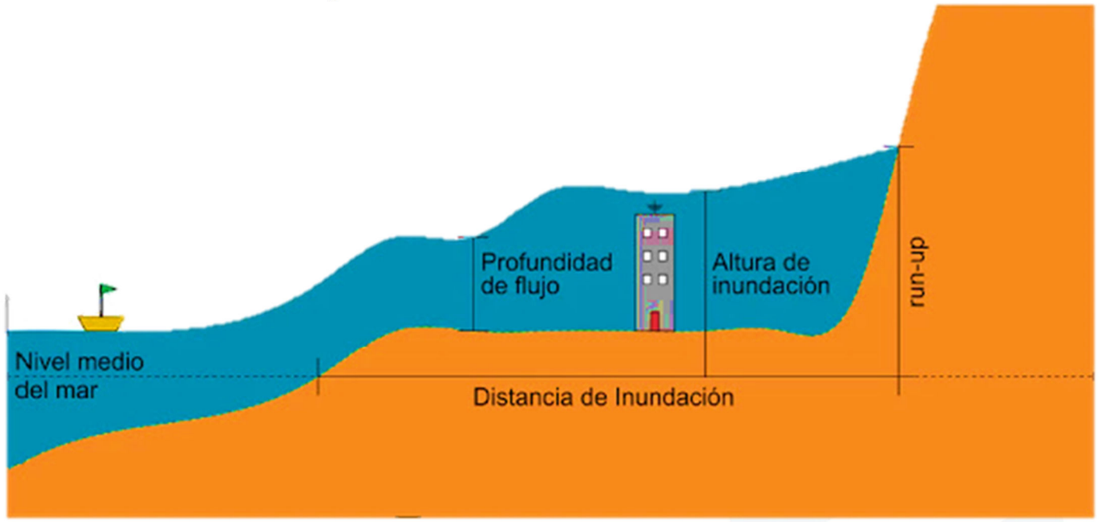
- Propagación

La propagación de la columna de agua no es instantánea y esta depende de la batimetría que determina la velocidad del tsunami.

- Inundación

La máxima cota de inundación define cuál es la zona inundable y cuál es la zona segura.

Imagen GEO-D-2 Variables costeras de un Tsunami.

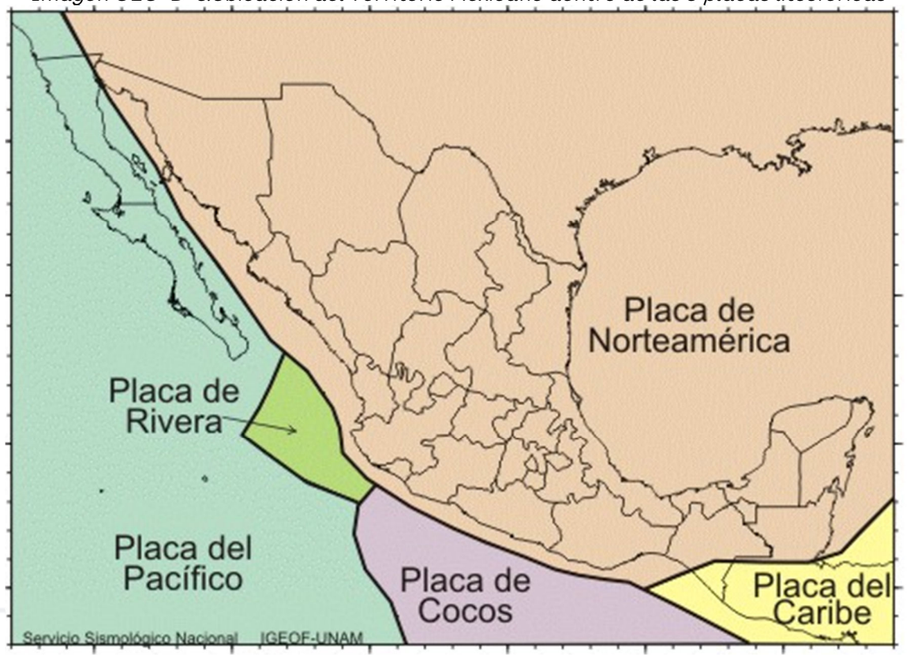


Fuente: Geoplaneta.

En cuanto a geología el territorio mexicano es el resultado de variados procesos tectónicos que lo han llevado a la configuración que conocemos actualmente, se sitúa sobre 5 placas litosféricas en donde es posible hallar trincheras, centros de expansión y fallas de tipo transformante.

Sin embargo, la mayoría del territorio se encuentra en la placa norteamericana (*Imagen GEO-D-3*), también es dentro de la placa norteamericana que se encuentra toda Norteamérica, parte del océano Atlántico y parte de Asía. Por otro lado, la península de Baja California pertenece a la placa del Pacífico al igual que el oeste de California y el océano Pacifico; y dentro del litoral del pacifico se encuentran las microplacas Rivera, Placa de Cocos y la del Caribe (SGM, 2017)

Imagen GEO-D-3.Ubicación del Territorio Mexicano dentro de las 5 placas litosféricas



Fuente: Servicio Sismológico Nacional.

Los movimientos de estas cuatro placas tectónicas son: La Norteamérica con desplazamiento hacia el suroccidente; la del Pacífico oriental hacia el noroeste; la de Cocos hacia el noreste y la del Caribe hacia el oriente franco.

Dentro de estos movimientos encontramos que en la zona costera de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas, debido a que las *placas Cocos y Rivera* se mueven hacia el noreste de la República, una parte de estas placas se hunde sobre la región bajo la *placa Norteamericana* (subducción) y han ocurrido desde tiempos históricos grandes terremotos,, es gracias a este fenómeno que se forma un surco profundo llamado trincheras las cuales se localizan en el fondo del mar y nos indican las zonas de subducción, este tipo de límite de placas se encuentran asociados con los grandes terremotos (Isabel, 2018). Es dentro de esta región que encontramos a la Trinchera Mesoamericana o Trinchera de Acapulco que se extiende desde Nayarit hasta la frontera sur de Costa Rica (GEO-D-4).

Es por esta razón que las costas del Océano Pacífico Mexicano y por lo tanto de Jalisco se encuentran expuestas a eventos extremos tales como los Tsunamis.

Imagen GEO-D-4. Trinchera Mesoamericana o Trinchera de Acapulco resaltada en color amarillo

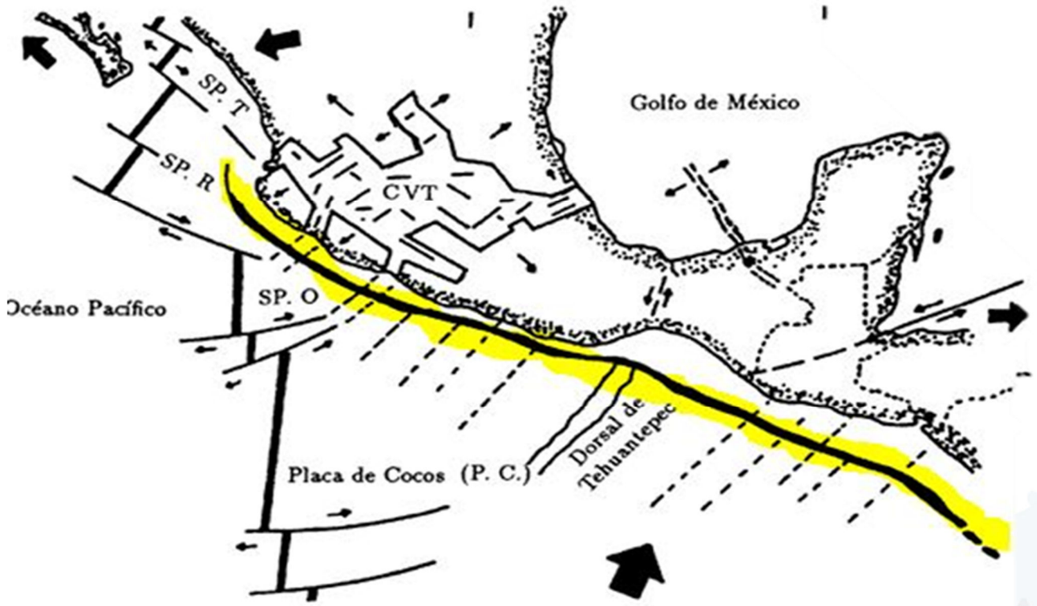


Imagen GEO-D-5. Barcos e industrias destruidas a causa del tsunami de Valdivia, Chile tras el terremoto en 1960.



Biblioteca Nacional de Chile.

1.1.4.2. Antecedentes del Fenómeno

Tsunamis en el océano Pacífico

El día 22 de Mayo de 1960 en Chile cerca de Valdivia ocurrió un mega terremoto conocido como el gran terremoto de Chile, la magnitud fue de 9,5 en la escala magnitud momento hasta ahora es el más potente registrado en la historia humana (USGS, 2014) mismo que fue percibido a un nivel planeta y como consecuencia tuvo un tsunami(Figura) el cual fue devastador, primero con una ola de 8 m y diez minutos después una ola superior a los 10 m de altura, posteriormente la onda expansiva recorrió el Océano Pacífico , en la isla de Pascua también las olas fueron superiores a los 10 m y 15 horas después llegaron al archipiélago de Hawái también afectó zonas como Filipinas, California , Nueva Zelanda y finalmente fuera de Chile el país más afectado fue Japón en donde las olas fueron de 6 m (NOAA, 2020) se estima que este evento cobró la vida de entre 1655 (USGS, 2012) y 2000 (Macías G, 1960) personas y dejó más de 2 millones de damnificados .

El día 11 de Marzo del año 2011 tuvo lugar el Gran Terremoto de Japón oriental cuyo epicentro se ubicó en el mar frente a la costa de Honshu tuvo 9,1 Mw es hasta la fecha el terremoto más potente ocurrido en este país, algunas fuentes indican que creó olas mayores a los 30 m (USGS, 2011), se generó un alerta de tsunami para la costa de Japón y otros países, se esperaba una ola de 10 m de altura (PTWC, 2011) , la costa fue golpeada por una ola de 5m pero pudo observarse una ola de 10 m en el aeropuerto de Sendai (Kyodo, 2011) el cual quedó inundado por las olas que barrieron coches y edificios a medida que se adentraba en tierra (Figura). También en EE. UU se declaró estado de emergencia luego del paso del tsunami en el estado de California, causó inundaciones en Hawái mientras que en Chile fueron afectadas 280 viviendas en la localidad puerto viejo, pero no se presentaron víctimas. La agencia de la Policía de Japón confirmó 15, 893 muertes, 2,256 personas desaparecidas y 6,152 heridos (NPA, 2011) de estos el 92.3 % murieron ahogados. Las estimaciones sugieren que los costos del daño ascienden a diez mil millones de dólares.

Imagen GEO-D-5. Puerto de Sendai después del Sismo y el Tsunami del 2011



(U.S Navy Photo)

Tsunamis en la Costa Mexicana

De acuerdo con (Nuñez -Cornú, Ortiz, & Sanchéz, 2008; Suarez & Paola, 2009) en 1787 el día 28 de Marzo las costas de Guerrero y Oaxaca sufrieron a causa de un gran tsunami que fue consecuencia de un sismo de magnitud 8.6 Mw de acuerdo a los datos presentados, los pescadores pudieron observar como el agua se retiró rápidamente mar adentro y después volvió con tanta fuerza que dejó a los habitantes de las costas sobre los árboles que se encontraban a unos 6 km aproximadamente tierra dentro sugieren los relatos, en Oaxaca los lugares afectados fueron Puerto Ángel y Tehuantepec, se sugiere que las olas pudieron alcanzar los 4 m de altitud (Cruz & Wyss, 1983) y 18 m en algunas zonas según el modelo realizado por Núñez , este evento tuvo efectos devastadores sin embargo no se cuenta con cifras de las víctimas.

La costa de Guerrero el día 14 de Abril de 1907 sufre a causa de un sismo conocido como terremoto de Acapulco- San Marcos de 1907 existe controversia entre cuál fue la magnitud correcta misma que oscila entre 7,9 y 8,2 Mw (SSN, 2007 ; Cárdenas, 2009) este movimiento telúrico estuvo acompañado de un tsunami que afectó la costa guerrerense, especialmente el puerto de Acapulco media hora después, en donde en las partes bajas de la población se introdujo la corriente con embarcaciones, generando un ambiente confuso y lleno de pánico (Pintos, 1961) debido a que muchas personas habían decidido acampar provisionalmente tras el sismo ,sin embargo no se registraron víctimas más que los daños materiales.
Lo que se conoce como el Tsunami de Cuyutlán en el estado de Colima, tuvo lugar el día 22 de junio del año 1932 se generó por un sismo de magnitud 6.9 que fue el último y no por el sismo de 8,2 Mw que había sucedido el día 3 de junio y seguido de ello el 18 de junio se presentó un segundo evento de 7.8. Este tsunami destruyó la ciudad Balneario de Cuyutlán y se estima que murieron al menos 75 personas y las olas alcanzaron hasta los 10 m de acuerdo con los textos periodísticos de la época (Sánchez & Farreras, 1993).

En la información recopilada los datos históricos indican que un poco más de 60 tsunamis han arribado a la costa occidental del país en los últimos 284 años. De acuerdo con estos datos los tsunamis de origen lejano han tenido olas de 2.5 m de altura y los de tipo local de 5 m en promedio y sólo algunos casos excepcionales mayores a 10 m. Aunque recientemente no se han reportado tsunamis tan destructivos en México como el tsunami de Indonesia en 2004, Chile 2010 y el más reciente en Japón 2011 no se descarta que sea posible la ocurrencia de estos eventos en nuestras costas del Pacifico mexicano.

Estos son algunos de los tsunamis que han afectado las costas del pacifico mexicano de acuerdo al catálogo de tsunamis (maremotos) en la costa occidental de México de Antonio J. Sánchez Devora y Salvador F. Farreras (1993).

Tabla GEO-D-1. Catálogo de Tsunamis en México.

Tsunamis en las costas del Pacífico Mexicano	
Febrero 25, 1732	Guerrero
Septiembre 1, 1754	Guerrero
Marzo 28, 1787	Acapulco, Oaxaca
Abril 3, 1787	Oaxaca, Tehuantepec
Mayo 4, 1820	Guerrero
Mayo 4,1826	Guerrero
Marzo 10, 1833	Guerrero
Abril 7, 1845	Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Jalisco
Diciembre 4, 1852	Guerrero
Agosto 12, 1868	Guerrero
Febrero 23, 1875	Sinaloa, Michoacán, Jalisco, Guerrero, Chiapas y Oaxaca
Abril 14, 1906	Guerrero
Abril 14, 1907	Guerrero
Julio 30, 1909	Guerrero
Noviembre 16, 1925	Guerrero
Marzo 22, 1928	Oaxaca
Junio 16, 1928	Oaxaca
Junio 3, 1932	Colima
Junio 18, 1932	Colima
Junio 22, 1932	Colima
Diciembre 14, 1950	Guerrero
Julio 28, 1957	Guerrero y Oaxaca
Mayo 11, 1962	Guerrero
Agosto 23, 1965	Guerrero
Enero 30, 1973	Guerrero, Colima, Oaxaca, Sinaloa, Baja California sur
Noviembre 29, 1978	Oaxaca
Marzo 14, 1979	Colima, Acapulco
Septiembre 19, 1985	Michoacán, Guerrero, Colima
Septiembre 20, 1985	Guerrero
Octubre 9, 1995	Colima, Jalisco
Marzo 20, 2012	Guerrero
Noviembre 7, 2012	Chiapas
Abril 18, 2014	Guerrero
Septiembre 7, 2017	Chiapas y Oaxaca

Fuente: Sánchez y Farreras 1993.

1.1.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo

El análisis de riesgo por tsunamis en poblaciones costeras implica una serie de pasos que consideran tanto las características geográficas como el grado de preparación y susceptibilidad de las comunidades afectadas. A continuación, se detallan los aspectos clave que se deben tener en cuenta:

Identificación de Áreas Vulnerables
Para identificar las áreas en riesgo, se deben mapear las poblaciones costeras que se encuentran por debajo de los 20 metros de altura sobre el nivel medio del mar. Esta cota se establece considerando que la altura máxima histórica de las olas generadas por tsunamis en el país es de 12 metros. Así, cualquier asentamiento por debajo de esta altura podría ser susceptible a inundaciones significativas en caso de un tsunami.

Evaluación del Conocimiento y Preparación de la Población
Es crucial evaluar el grado de información y conocimiento que tiene la población costera sobre la existencia de tsunamis y los indicadores que pueden preceder a su formación, como sismos y el retiro del mar de la costa. Esta evaluación incluye encuestas y entrevistas para determinar el nivel de conciencia y las medidas de preparación que los residentes tienen frente a un posible tsunami. Además, se debe considerar su ubicación relativa al nivel del mar y su proximidad a la línea costera.

Susceptibilidad de Daño de Bienes e Infraestructura
La susceptibilidad de daño de los bienes expuestos se analiza considerando la zona de peligro predeterminada, que incluye todas las áreas ubicadas por debajo de la cota de 20 metros y a una distancia de hasta 1 kilómetro de la línea costera. La topografía de la costa juega un papel crucial en este análisis, ya que determinará la extensión y la magnitud del impacto de un tsunami. Se deben identificar los bienes y la infraestructura que podrían ser más vulnerables, evaluando su resistencia y capacidad de recuperación frente a eventos de esta naturaleza.

Determinación de Evidencias de Riesgo

Se considera en riesgo todo terreno que tenga una elevación con respecto al nivel medio del mar menor a 20 m, ya que las olas provocadas por los tsunamis registrados en la historia del país no superan los 12 m.

Como lo determina la metodología se hizo el análisis con el modelo digital de elevación para obtener el área con elevaciones menores o iguales a 20 m como lo muestra el mapa en donde vemos 10 clasificaciones cada una corresponde a cada 2 metros.

Las evidencias de riesgo se basan en la densidad de asentamientos humanos e infraestructura dentro de la zona de peligro. Se requiere un análisis detallado de la distribución de la población y de las estructuras ubicadas en estas áreas para determinar el potencial impacto de un tsunami. Este análisis ayudará a priorizar las áreas que requieren medidas de mitigación más urgentes y detalladas.

Estos pasos permiten crear un marco comprensivo para el análisis de riesgo por tsunamis, proporcionando una base sólida para la planificación de medidas preventivas y de respuesta. La combinación de datos geográficos, evaluaciones de preparación comunitaria y análisis de vulnerabilidad de infraestructura es esencial para reducir el riesgo y aumentar la resiliencia de las poblaciones costeras frente a tsunamis.

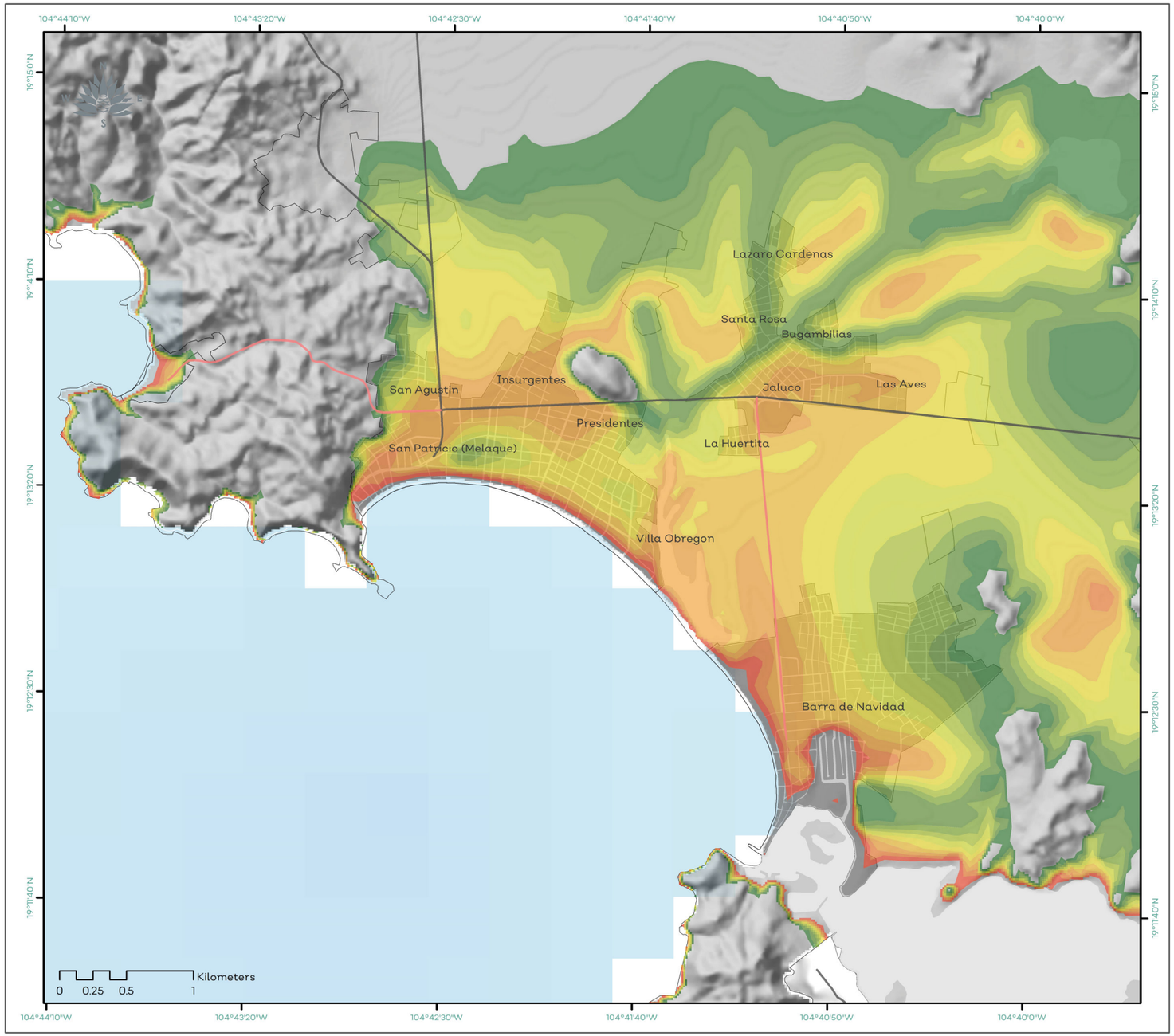
1.1.4.4. Peligro

México, debido a su ubicación geográfica en el Cinturón de Fuego del Pacífico, está expuesto a la amenaza de tsunamis, especialmente en sus zonas costeras. La identificación de zonas de susceptibilidad y vulnerabilidad es crucial para mitigar los riesgos asociados con estos eventos. Para ello, es esencial evaluar las áreas situadas a menos de 20 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de hasta 1 kilómetro de la línea costera, ya que estas regiones son las más propensas a sufrir los efectos devastadores de un tsunami. Este análisis permite identificar las áreas que requieren medidas de protección y planificación específicas, como la construcción de infraestructuras resistentes, la implementación de sistemas de alerta temprana y la educación de la población sobre procedimientos de evacuación. La importancia de esta identificación radica en la capacidad de reducir significativamente la pérdida de vidas y bienes, y en aumentar la resiliencia de las comunidades costeras ante la eventualidad de un tsunami.

Como enuncia el Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos, se habrá de priorizar la planificación basada en la experiencia de los desastres pasados. Es en este contexto que de acuerdo al anexo 6 de la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos se prevé que en caso de un tsunami y de acuerdo a los antecedentes la elevación máxima prevista para olas que golpean la franja inmediata a la línea de costa en la zona receptora de tsunamis distantes es de 3 metros.

Para las áreas que generan terremotos locales, la altura máxima registrada varía entre 7 y 11 metros. En vista de lo anterior, y mientras se carezca de mapas similares para el resto de los asentamientos costeros, se recomienda establecer, de manera provisional, la cota de 10 metros como la altura del peor escenario posible de desastre.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Elevación
GEO - D - 01

Leyenda Temática

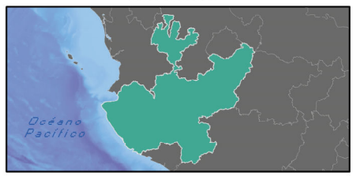
[Mts]

0 - 2	6 - 8	12 - 14	18 - 20
2 - 4	8 -10	14 -16	
4 - 6	10 - 12	16 - 18	

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



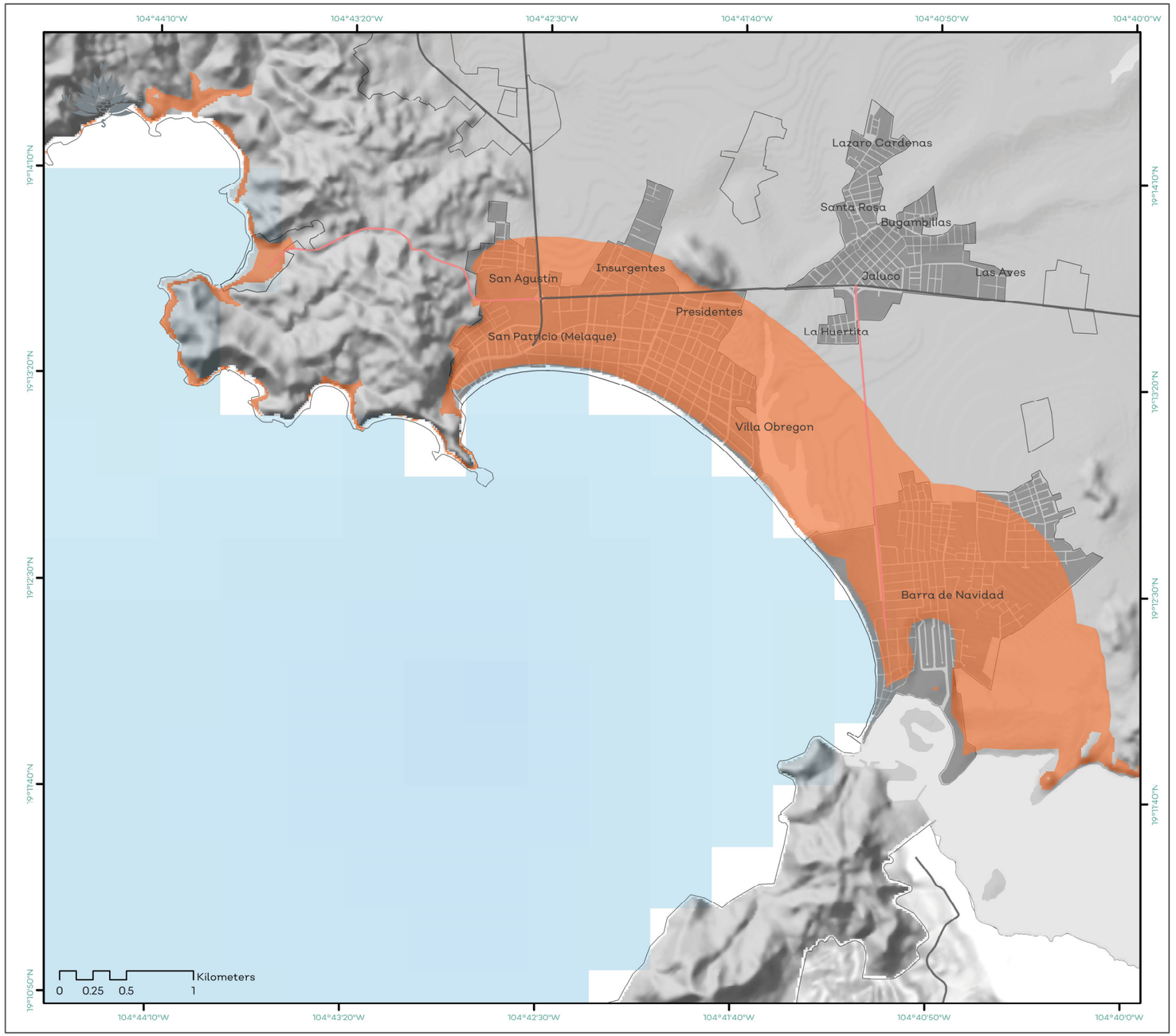
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuente: Soluciones SIG. elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA & SCIRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Susceptibilidad a Inundación por Tsunami
GEO - D - 02

Leyenda Temática

1 km

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



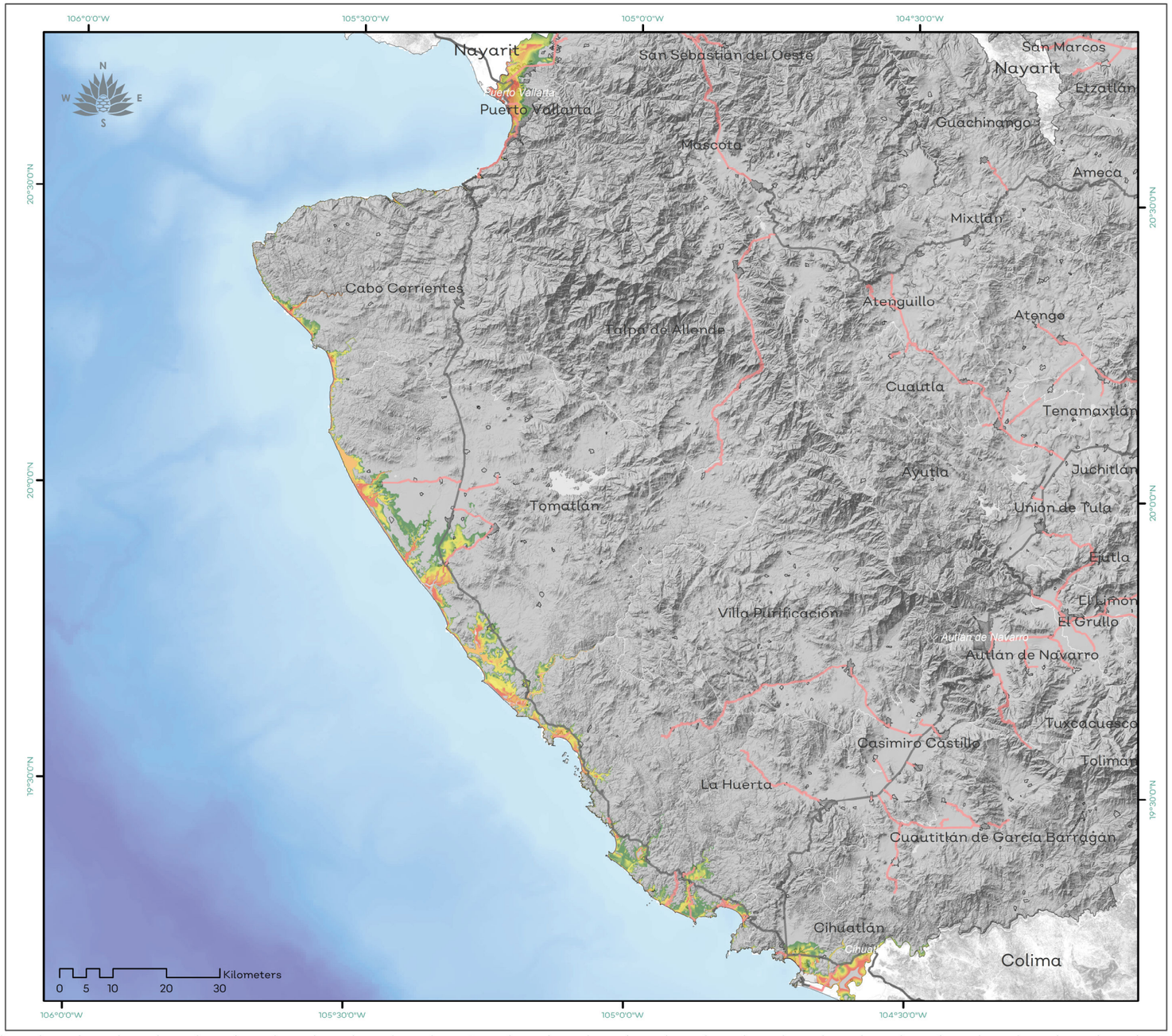
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:20,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Elevación
GEO - D - 03

Leyenda Temática

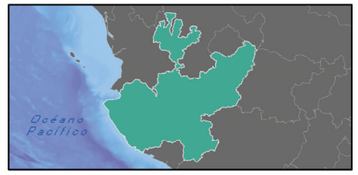
[Mts]

0 - 2	6 - 8	12 - 14	18 - 20
2 - 4	8 -10	14 -16	
4 - 6	10 - 12	16 - 18	

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



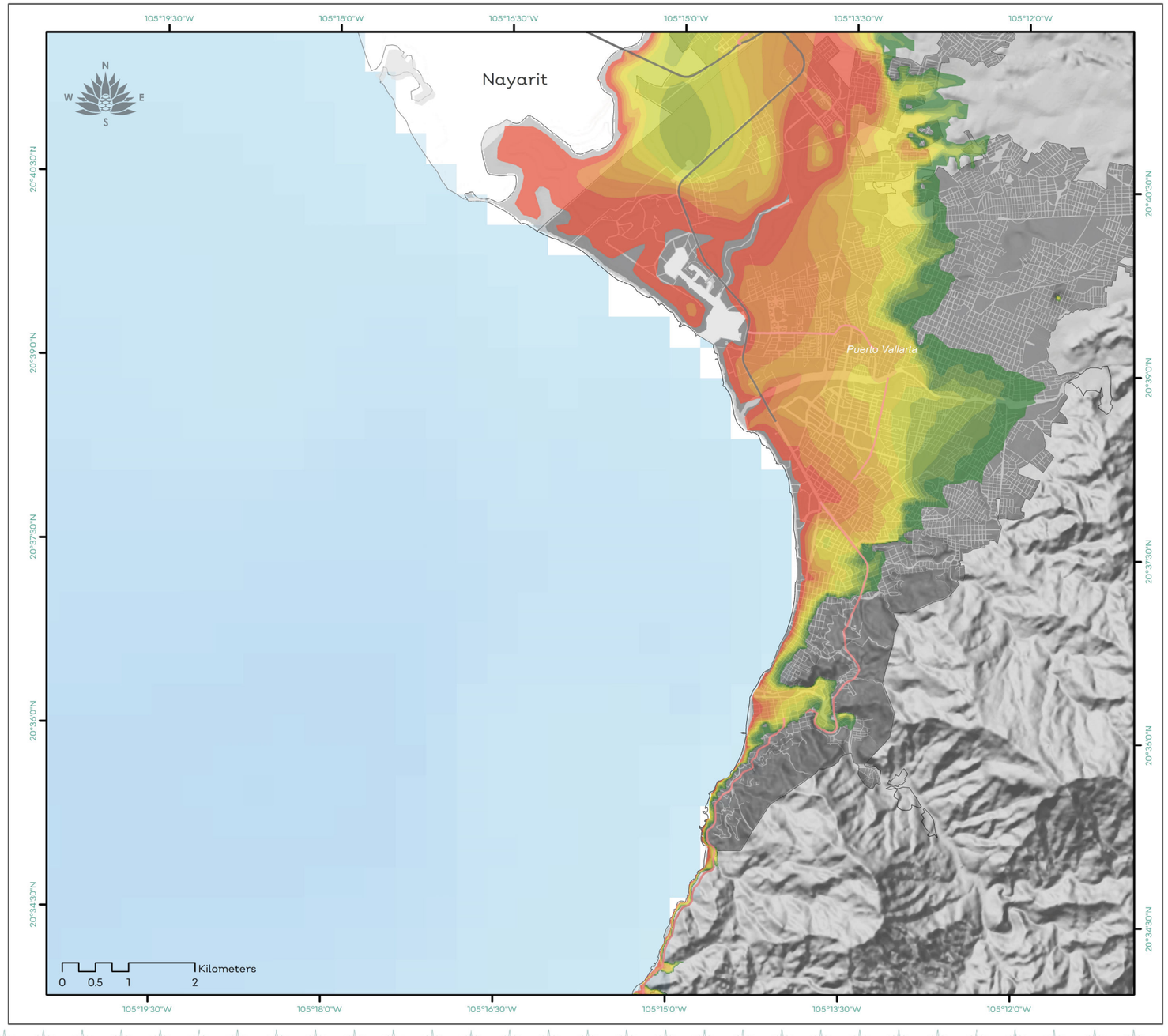
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:500,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Elevación
GEO - D - 04

Leyenda Temática

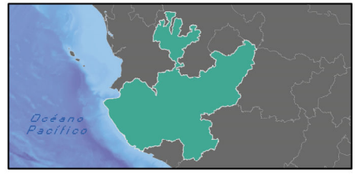
[Mts]

0 - 2	6 - 8	12 - 14	18 - 20
2 - 4	8 -10	14 -16	
4 - 6	10 - 12	16 - 18	

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



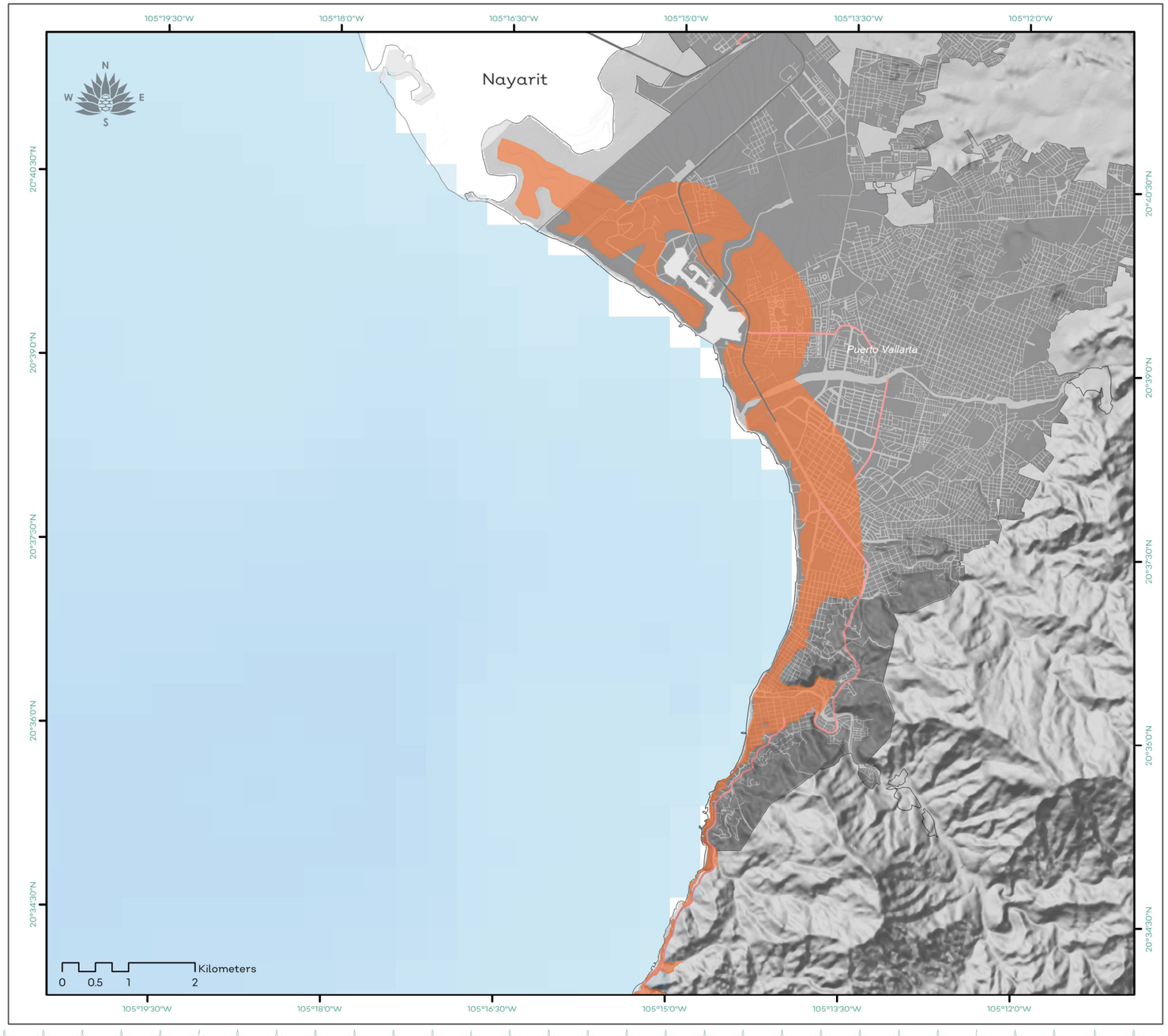
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones GIS S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Susceptibilidad a Inundación por Tsunami
GEO - D - 05

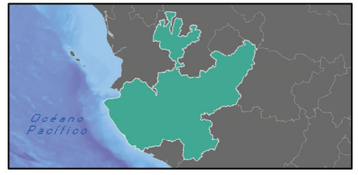
Leyenda Temática

1 km

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide.....GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:40,000

Fuente

Elaborado por Soluciones GIO S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

En los mapas que se señalan las zonas que están expuestas a este tipo de fenómenos Jalisco se encuentra en la zona generadora de tsunamis locales el ancho de la franja de color no indica el área de influencia tierra adentro. La penetración de las olas sobre el continente, dependerá básicamente de la topografía en el área inmediata a la línea de costa. Las olas asociadas a maremotos pueden incluso penetrar a lo largo de ríos y arroyos.

Así mismo el anexo 6 de la guía del contenido mínimo para la elaboración de atlas se tiene como referencia el tsunami "Ola Verde de Cuyutlán", en las costas de Colima, fue de 1 km y corresponde a un sismo ocurrido el 22 de junio de 1932, con magnitud 6.9. Este dato, junto con la cota máxima mencionada anteriormente nos permite mostrar en los mapas GEO - D - 02 Y GEO - D - 05 visualizar posibles áreas afectables sobre la línea de costa de Jalisco, esto nos servirá como base para iniciar acciones preventivas

1.1.4.5. Vulnerabilidad

En este análisis abordaremos la identificación de los sistemas expuestos al riesgo de tsunamis en los municipios de Puerto Vallarta y Cihuatlán. Este proceso implica un examen detallado de todos los elementos susceptibles a sufrir daños, incluyendo asentamientos humanos, infraestructuras críticas como hospitales, escuelas y redes de transporte, así como los recursos económicos vitales. Al identificar estos sistemas, podremos evaluar su vulnerabilidad y desarrollar estrategias específicas para su protección y resiliencia. La identificación precisa de estos sistemas expuestos permitirá priorizar las acciones de mitigación, optimizar los recursos disponibles y garantizar una respuesta rápida y eficaz en caso de un tsunami, minimizando así el impacto sobre las comunidades y la economía local.

Tabla GEO-D-1. Colonias expuestas ante Tsunamis Puerto Vallarta.

Colonia	Población Total	Colonia	Población Total
5 de Diciembre	3776	Lázaro Cárdenas	4057
Agua Azul	2036	López Mateos	1276
Agua Zarca	208	Los Cajos	157
Altavista	545	Los Olivos	77
Amapas	314	Los Pericos	38
Aramara	1475	Marbella	65
Área Militar de Vallarta	1945	Mariano Otero (Hermosa Provincia)	1312
Barrio Santa Maria	1421	Marina Vallarta	1063
Centro	1320	Montessori	252
Cerro	2241	Olímpica	197
Conchas Chinas	140	Palmar de Aramara	1523
Coto Terracota	39	Primavera	655
Diaz Ordaz	1125	Puerto de Luna	68
Educación	1183	Puerto Vallarta	2694
El Caloso	1371	Residencial del Carmen	637
El Remance	611	Residencial Las Gaviotas	1912
Emiliano Zapata	3219	Tabachines	249
Fluvial Vallarta Residencial	3749	Trailer Park	244
Isla Iguana	500	Valentin Gomez Farias	2642
La Aurora	2737	Versalles	1876
La Joya Coto Residencial	31	Villa Las Flores	721
La Marina	85	Villas de Puerto	1110
La Vena	438	Villas del Mar	661
Las Canoas	380	Villasol	1131
Las Glorias	1367	Zona Hotelera Norte	95
Las Moras	996		

Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024.

Tabla GEO-D-1. Colonias expuestas ante Tsunamis Cihuatlán.

Colonia	Población Total	Colonia	Población Total
Barra de Navidad	3317	San Agustín	185
Insurgentes	234	San Patricio (Melaque)	2707
Presidentes	737	Villa Obreon	2730

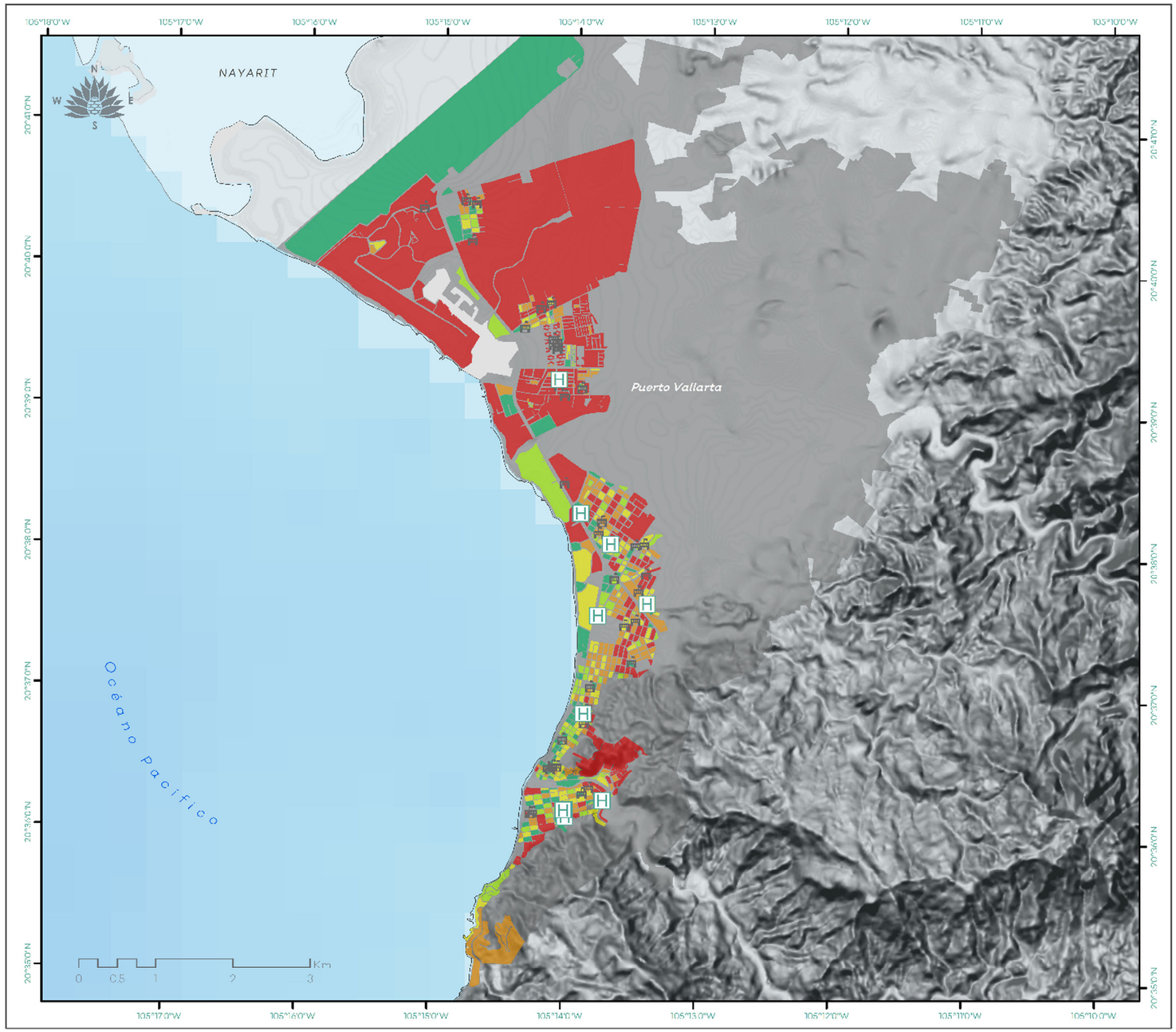
Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024.

1.1.4.6. Riesgo

El análisis de riesgo por tsunamis es de vital importancia para los municipios de Puerto Vallarta y Cihuatlán en el estado de Jalisco debido a su ubicación en la costa del Pacífico, una región altamente susceptible a la actividad sísmica y, por ende, a la generación de tsunamis. Estos municipios no solo son centros turísticos de gran relevancia económica, sino que también albergan una densa población y una considerable infraestructura costera. Evaluar los riesgos específicos que enfrentan estas áreas, identificando las zonas de mayor vulnerabilidad y susceptibilidad, permite implementar medidas de prevención y mitigación adecuadas. Al realizar un análisis de riesgo exhaustivo, se protegen vidas humanas, se preservan bienes materiales y se asegura la continuidad de las actividades económicas cruciales para la región, fortaleciendo así la resiliencia de estos municipios frente a desastres naturales.

La interrupción de actividades comerciales y agrícolas en caso de un evento como este puede causar pérdidas económicas significativas para los habitantes, así como para empresas locales y sectores clave de la economía.

De acuerdo con la distribución espacial, se determina a la población, viviendas y estructuras expuestas, estas se encuentran descritas en las imágenes GEO-D-6 y GEO-D-7.





Riesgo por Tsunami
Puerto Vallarta,Jalisco
GEO-D-7

Leyenda Temática

Pérdidas Esperadas

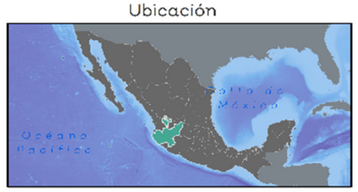
- Hasta $387,366
- Hasta $1,549,464
- Hasta $2,850,748
- Hasta $ 5,115,350
- Hasta $52,175,008

- Escuelas
- Hospitales

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

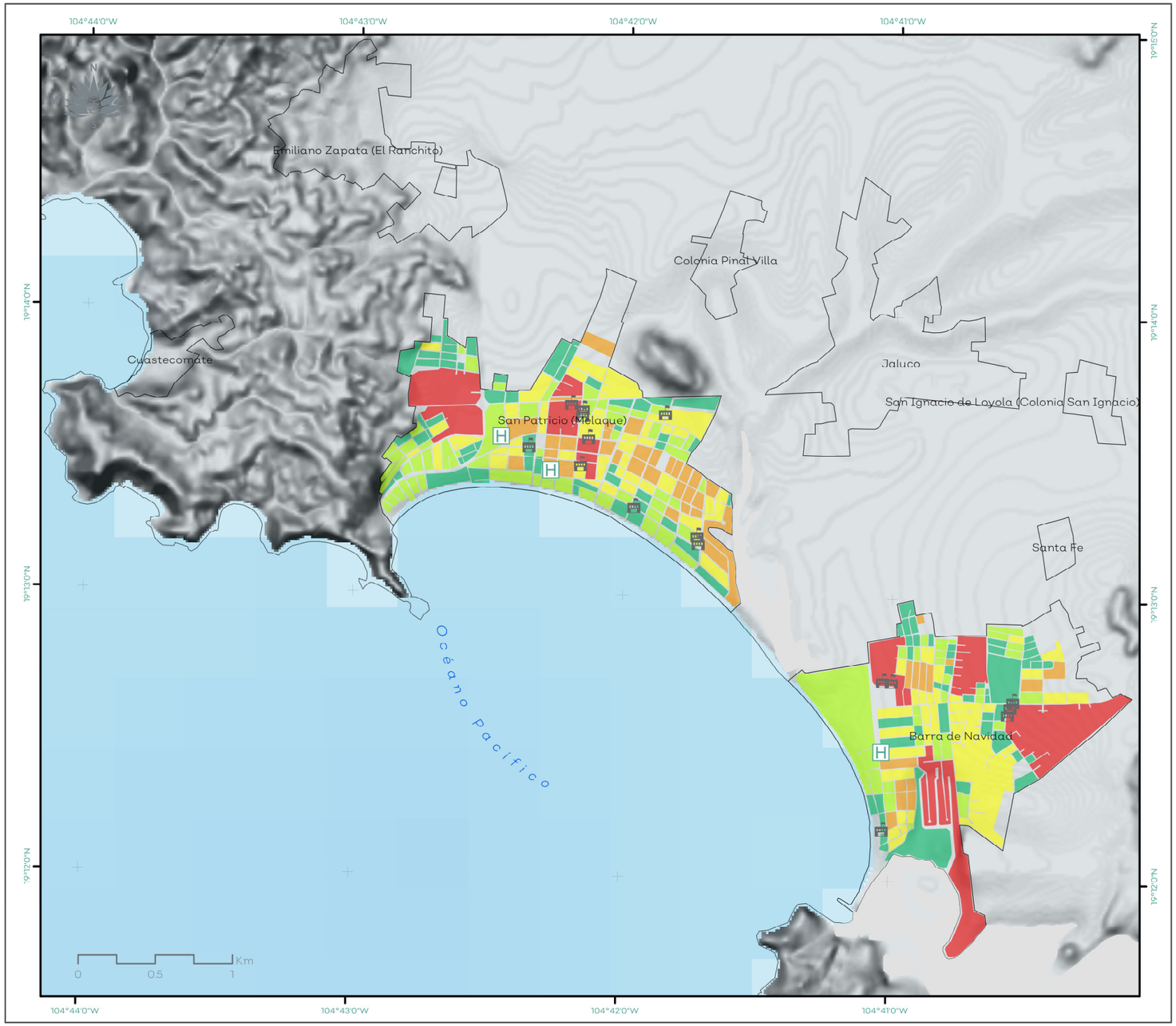
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide ..... GRS 1980
Escala numérica..... 150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts de resolución.

SUB	FUENTES
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado de Geoportal de CONABIO.	
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.	
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.	
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.	

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Tsunami
Cihuatlán, Jalisco
GEO-D-6

Leyenda Temática

Pérdidas Esperadas

- Hasta $387,366
- Hasta $1,549,464
- Hasta $2,850,748
- Hasta $ 5,115,350
- Hasta $52,175,008

- Escuelas
- Hospitales

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Imagen. GEO-D-6 Sistemas Expuesto Puerto Vallarta



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024.

Imagen. GEO-D-7 Sistemas Expuesto Cihuatlán



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024.

1.1.4.7. Propuestas de Reducción del Riesgo

Como parte de las actividades preventivas que impulsa el Gobierno del Estado desde la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos en 2009 se puso en marcha el funcionamiento del Sistema de Detección y Alertamiento de Tsunamis y Ciclones Tropicales, instalado en toda la Costa de Jalisco.

El objetivo de la instalación del citado equipo es fortalecer mediante el uso de tecnología de vanguardia, las tareas que de forma permanente y activa se realizan en materia de prevención ante posibles desastres. El equipo, fue financiado a través del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales,

A través de la operación de un software y con apoyo de una red de 7 estaciones sismológicas, el sistema especial llamado HYDRA, integrado por los módulos Apollo (sistema de adquisición, localización y organización de datos) y Athena (sistema de monitoreo y notificación externa de eventos) los cuales, en conjunto con el módulo central de adquisición y procesamiento de datos, permiten integrar una red compuesta por 51 estaciones sismológicas pertenecientes a la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, la Universidad de Colima, el Servicio Sismológico Nacional y el National Earthquake Information Center (NEIEC-USGS) de los Estados Unidos, logrando con ello tener una cobertura completa de la parte occidental del pacífico mexicano, que incluye los Estados de Nayarit, Jalisco, Colima y parte de Michoacán, así como la totalidad de la superficie del conocido Bloque Jalisco.

Este sistema de detección y alertamiento se considera actualmente como único en Latinoamérica y convierte a Jalisco en vanguardia en el uso y aplicación de equipos sofisticados para el alertamiento temprano en casos de fenómenos de alto riesgo derivados de tsunamis o mareas de tormenta que puedan impactar a la población ubicada en la costa del Estado

Educación y Capacitación Comunitaria

- **Programas Educativos:** Desarrollar y llevar a cabo programas educativos en escuelas y comunidades para enseñar sobre los tsunamis, sus señales de advertencia y las medidas de seguridad.
- **Simulacros de Evacuación:** Organizar simulacros de evacuación periódicos para que los residentes estén familiarizados con las rutas de evacuación y los procedimientos de emergencia.

Infraestructura de Evacuación

- **Rutas de Evacuación Claras:** Establecer y señalizar claramente rutas de evacuación elevadas y seguras. Asegurarse de que estas rutas estén libres de obstáculos y sean accesibles para toda la población, incluyendo personas con discapacidad.
- **Centros de Refugio:** Identificar y acondicionar centros de refugio en áreas elevadas. Estos centros deben estar equipados con suministros básicos, como agua, alimentos y botiquines de primeros auxilios.

Urbanismo y Uso del Suelo

- **Zonificación de Riesgo:** Implementar políticas de zonificación que prohíban o limiten la construcción de nuevas edificaciones en zonas de alto riesgo de inundación por tsunami.
- **Refuerzo de Estructuras Existentes:** Evaluar y reforzar infraestructuras críticas, como hospitales, escuelas y centros de emergencia, para que puedan resistir un tsunami y sirvan como puntos de refugio temporal.

Coordinación y Planificación Interinstitucional

- **Planes de Emergencia:** Desarrollar y actualizar regularmente planes de emergencia específicos para tsunamis, asegurando la coordinación entre autoridades locales, estatales y federales.
- **Equipos de Respuesta Rápida:** Formar y entrenar equipos de respuesta rápida que incluyan a personal de protección civil, bomberos, policías y voluntarios capacitados para actuar de manera eficiente durante y después de un tsunami.

Estas propuestas están diseñadas para mejorar la preparación y la capacidad de respuesta ante un tsunami, minimizando los riesgos y protegiendo a la población de Puerto Vallarta y Cihuatlán.

Sistemas de Alerta Temprana

La costa del Estado de Jalisco, debido a sus características geológicas y antecedentes históricos, es susceptible a tsunamis y sus efectos. Por esta razón, el Gobierno del Estado de Jalisco, a través de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos, inició en 2008 un proyecto para instalar alarmas de tsunamis. Estas alarmas están diseñadas con equipos estándar, similares a los utilizados en el entorno del volcán El Colima.

Al concluir la instalación, se colocaron un total de 28 alarmas a lo largo de la costa, abarcando cinco municipios: Puerto Vallarta, Cabo Corrientes, Tomatlán, La Huerta y Cihuatlán. Este sistema está coordinado desde consolas de control ubicadas en la Comandancia Regional de Puerto Vallarta, en la costa norte, y en la Comandancia Regional de Cihuatlán, en la costa sur.

El objetivo de la instalación del citado equipo es fortalecer mediante el uso de tecnología de vanguardia, las tareas que de forma permanente y activa se realizan en materia de prevención ante posibles desastres. El equipo fue financiado a través del Fondo para la Prevención de Desastres Naturales,

Este sistema de detección y alertamiento se considera actualmente como único en Latinoamérica y convierte a Jalisco en vanguardia en el uso y aplicación de equipos sofisticados para el alertamiento temprano en casos de fenómenos de alto riesgo derivados de tsunamis o mareas de tormenta que puedan impactar a la población ubicada en la costa del Estado.

Imagen. GEO-D-8. Sistemas de Alertamiento de Tsunamis y Ciclones Tropicales en la localidad de La Manzanilla, La Huerta, Jalisco



Fuente: Área Técnica del Atlas Estatal de Riesgos
Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Imagen. GEO-D-9 Sistemas de Alertamiento de Tsunamis y Ciclones Tropicales



Fuente: Área Técnica del Atlas Estatal de Riesgos
Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Tsunamis

En el caso de México, se tienen datos acerca de tsunamis ocurridos en la costa del Pacífico a partir del siglo XVIII. Los principales tsunamis que han impactado en la costa de Jalisco provienen de regiones de Guerrero, Michoacán y Oaxaca.

28,247 Viviendas Expuestas

Costo de Menaje $2,812,984,487.00

15 Centros de Salud

Población 509,022

59 escuelas

71 equipamientos

1900 ene. 21 Magnitud 7.4 °

1911 jun. 07 Magnitud 7.6 °

A 260 km. de las costas de Jalisco

1925 nov. 16 Magnitud 7.0 °

1932 jun. 03 Magnitud 8.2 °

1932 jun. 18 Magnitud 7.8 °

1995 oct. 09 Magnitud 8.0 °

A 200 km. de las costas de Jalisco

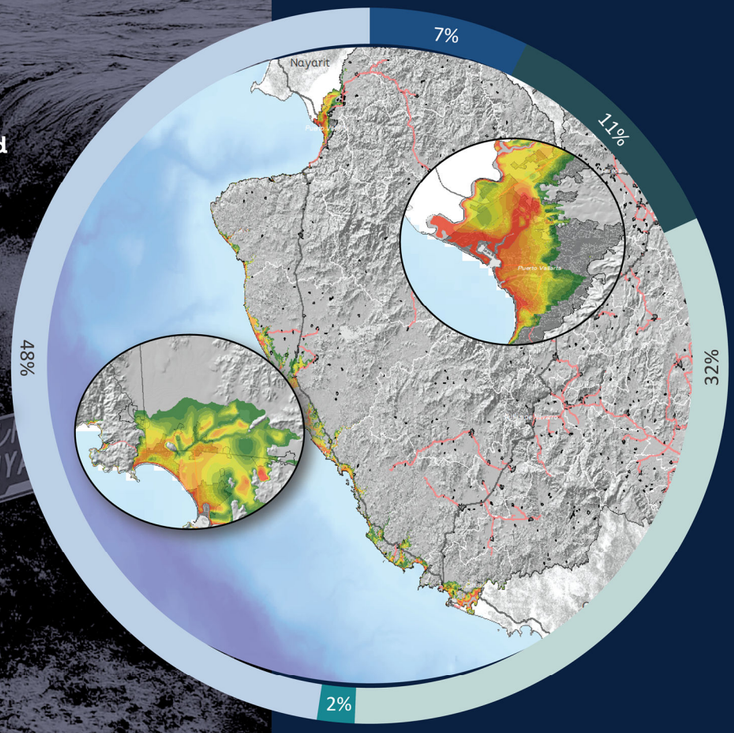
En caso de suspensión de actividades

57,598 empleados expuestos

$2,359,646,759 MNX perdida potencial diaria

7,893 establecimientos económicos

1,763 Servicios de Turismo



- Cabo Corrientes
- Cihuatlán
- La Huerta
- Puerto Vallarta
- Tomatlán

1.1.5. Vulcanismo

1.1.5.1. Introducción

De acuerdo con Hubp (2011) el vulcanismo se define como el conjunto de procesos y fenómenos relacionados con el desplazamiento de masas de magma, con frecuencia acompañadas de fluidos de las partes profundas de la corteza terrestre y del manto superior a la superficie. De acuerdo con la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos de CENAPRED para efectos del análisis de peligro, los volcanes se clasifican de acuerdo con criterios relacionados con sus tasas eruptivas y con las magnitudes que han sido capaces de producir. En México la tasa de erupción promedio durante los últimos 500 años ha sido de unas 15 erupciones de diversos tamaños por siglo.

Actualmente la escala del Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés) es la forma más aceptada para cuantificar las erupciones explosivas; definida por Newhall & Self (1982) es una escala compuesta donde se consideran diversas características de una erupción como son: volumen de magma emitido, energía térmica liberada, alcance de los productos fragmentados, grado de destrucción causada, altura de la columna eruptiva, duración de la erupción, etc. En 1955 Tsuya definió una escala de magnitudes basada en el volumen de los distintos tipos de materiales emitidos. La Escala de Tsuya se incluye en la tabla.

Tabla GEO-E-1. Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés).

Criterio VEI	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**
Descripción	No explosiva	Menor	Moderada	Moderada Grande	Grande
Volumen emitido (m3)	<104	104-106	106- 107	107-108	108-109
Escala Tsuya	I	II-III	IV	V	VI
Altura de Columna (km)	<0.1	0.1-1	1-5	3-15	10-25
Cualitativo	suave y efusiva		Explosiva		Severa
Clasificación	———————Hawaiana——————— ——————————Estromboliana—————————— Vulcaniana——— Pliniana—				———— —
Duración de la Fase Explosiva (hrs)	<1	1-6	<6	6 a más de 12	
Inyección Troposférica	Mínima	Menor	Moderada	Sustancial	
Inyección Estratosférica	nula	nula	nula	posible	definida

Adaptado de Newhall y Self (1982)

En México gran parte del vulcanismo está relacionado a la actividad tectónica producida por la subducción de las placas de Rivera y Cocos debajo de la gran Placa Norteamericana, el elemento más característico de esta actividad es la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) dentro de la cual se encuentra el área de estudio. En donde se tiene una gran variedad de formas volcánicas como campos de conos monogenéticos, estratovolcanes majestuosos con elevaciones en torno a los 4000 m, volcanes en escudo, volcanes compuestos, calderas, lavas fisurales y domos

De especial importancia son los volcanes que han mostrado actividad en los últimos 10,000 años ya que se consideran activos o peligrosos. CENAPRED categorizó los 68 volcanes y campos volcánicos Cuaternarios bajo los criterios de la escala VEI descritos en la tabla GEO-D-2

Tabla GEO-E-2. Categorización CENAPRED

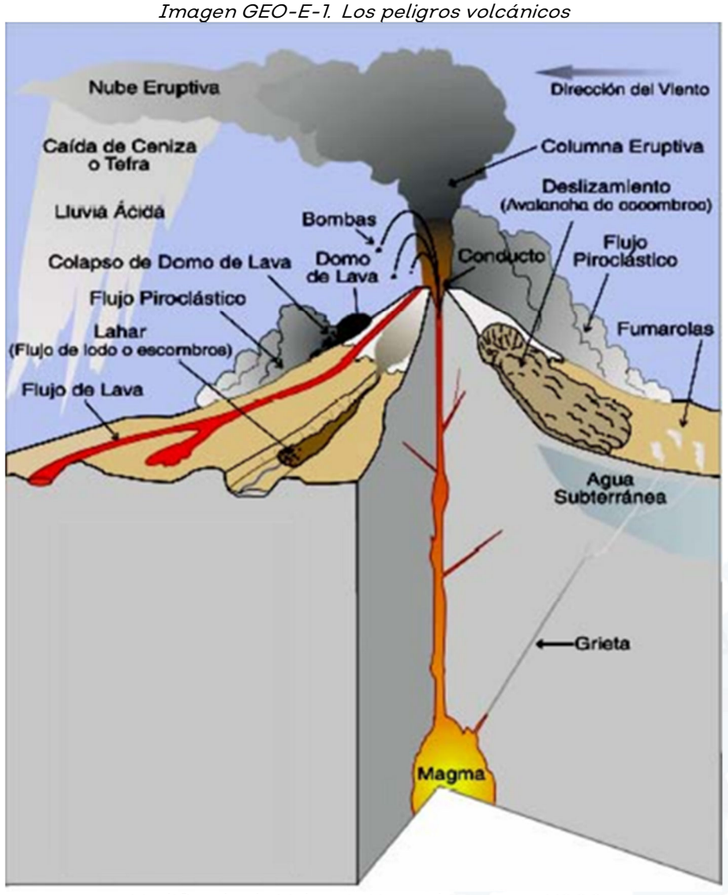
Categoría	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Peligro	Alto	Medio	Moderado	Latente	Indefinido
Criterio VEI	≥3	≥3	≥3	>4	≥3
Tiempo medio de ocurrencia (años)	≥500	500-2000	2000-10000	<10000	Indefinido (existencia de un solo dato)

Elaborado por Soluciones SIG con base en la categorización de CENAPRED de cuerpos volcánicos Cuaternarios

Los procesos geológicos que se originan en los volcanes pueden llegar a ser potencialmente peligrosos, por tal motivo es importante definirlos. Los peligros volcánicos, de acuerdo a la Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, son:

- Cenizas volcánicas: material volcánico fino que es arrastrado por el viento a grandes distancias y pueden afectar áreas muy extensas y a un gran número de personas.
- Flujos piroclásticos: Se considera una mezcla caliente de gases, cenizas y fragmentos de roca, que descienden por los flancos del volcán a velocidades de hasta más de 100 km por hora, con temperaturas por lo general arriba de 100 °C.
- Lahar o flujos de lodo: Son una mezcla de materiales volcánicos (rocas y cenizas) que se mueven por el agua proveniente de la fusión del casquete glaciar, de un lago cratérico o por fuertes lluvias. Puede recorrer fácilmente los 100 km con una velocidad de entre 40 y 100 km/h.
- Ondas de presión o de choque: Son ondas originadas durante erupciones explosivas, la cual puede llegar a tener la energía suficiente para causar daños estructurales.
- Derrumbe del edificio volcánico y avalanchas de escombros: Se consideran grandes deslizamientos que pueden ocurrir en un volcán, producido por la inestabilidad de los flancos.
- Flujos o coladas de lava y domos: Es un derrame de roca fundida, originados en un cráter o en fracturas de los flancos del volcán que descienden a velocidades bajas.
- Sismos volcánicos: Eventos sísmicos de bajas magnitudes y someros; generalmente se producen previo a la actividad eruptiva y producen daños ligeros a las zonas aledañas a los volcanes.
- Gases volcánicos: Es un fenómeno que se produce inclusive si el volcán no está en erupción, con una composición de vapor de agua en su mayoría. Otros gases volcánicos incluyen: bióxido de carbono (CO_2), bióxido de azufre (SO_2) y varios otros compuestos de cloro (Cl), flúor (F), monóxido de carbono (CO), y nitrógeno (N)
- Tsunamis: Los mecanismos que pueden llegar a producirlos son sismos volcánicos, explosiones volcánicas, colapsos o hundimientos, deslizamientos, lahares o flujos piroclásticos que entran en contacto con aguas y ondas de choque atmosféricas que se incorporan al mar

Imagen GEO-E-1. Los peligros volcánicos

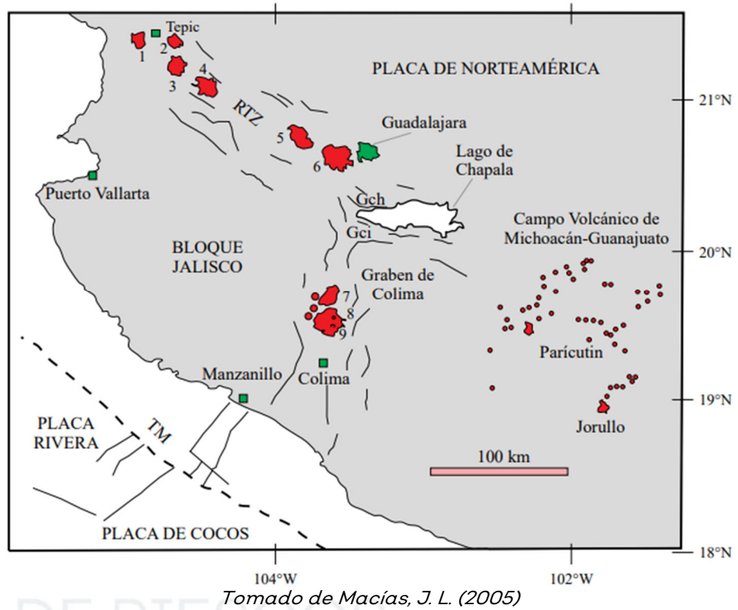


Modificada de Volcanic Hazard Program, USGS.

Según Ferrari (2000) la FVTM se suele dividir en tres sectores: occidental, central y oriental que presentan diferencias significativas en lo que respecta al tipo de volcanismo y su composición química. En el sector occidental, limitado al este por el rift de Colima, el arco volcánico se sobrepone a la parte norte del bloque Jalisco (BJ) y al límite meridional de la Sierra Madre Occidental (SMO). El volcanismo emplazado en el límite sur de la SMO es claramente bimodal, formado tanto por estratovolcanes y complejos monogenéticos.

El estado de Jalisco presenta una rica historia geológica marcada por la presencia de formaciones volcánicas que han influido en la configuración del paisaje y la dinámica ambiental a lo largo de los milenios.
El vulcanismo en el estado de Jalisco, México, es un campo de estudio de relevancia nacional, dada la diversidad y complejidad de sus manifestaciones volcánicas. Esta región, situada en la porción occidental FVTM, presenta una notable variedad de estructuras volcánicas que reflejan su historia eruptiva polifacética y su contexto geodinámico particular.

Imagen GEO-D-2. Esquema de la porción oeste de la FVTM



Tomado de Macías, J. L. (2005)

Entre las principales estructuras volcánicas de Jalisco destacan:

El Volcán de Colima: Un estratovolcán activo de gran importancia eruptiva, cuya dinámica incluye eventos explosivos, flujos piroclásticos y la emisión continua de gases y cenizas. Considerado como el más activo del país.

El Volcán Ceboruco: Otro estratovolcán significativo en la región, caracterizado por su cono bien definido y su historial eruptivo marcado por erupciones explosivas y efusivas.

El Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato: Una extensa área volcánica que se extiende hacia los estados vecinos de Michoacán y Guanajuato, caracterizada por una amplia variedad de estructuras volcánicas, incluyendo conos de escoria, domos de lava y calderas. Este campo volcánico es el resultado de una intensa actividad eruptiva pasada.

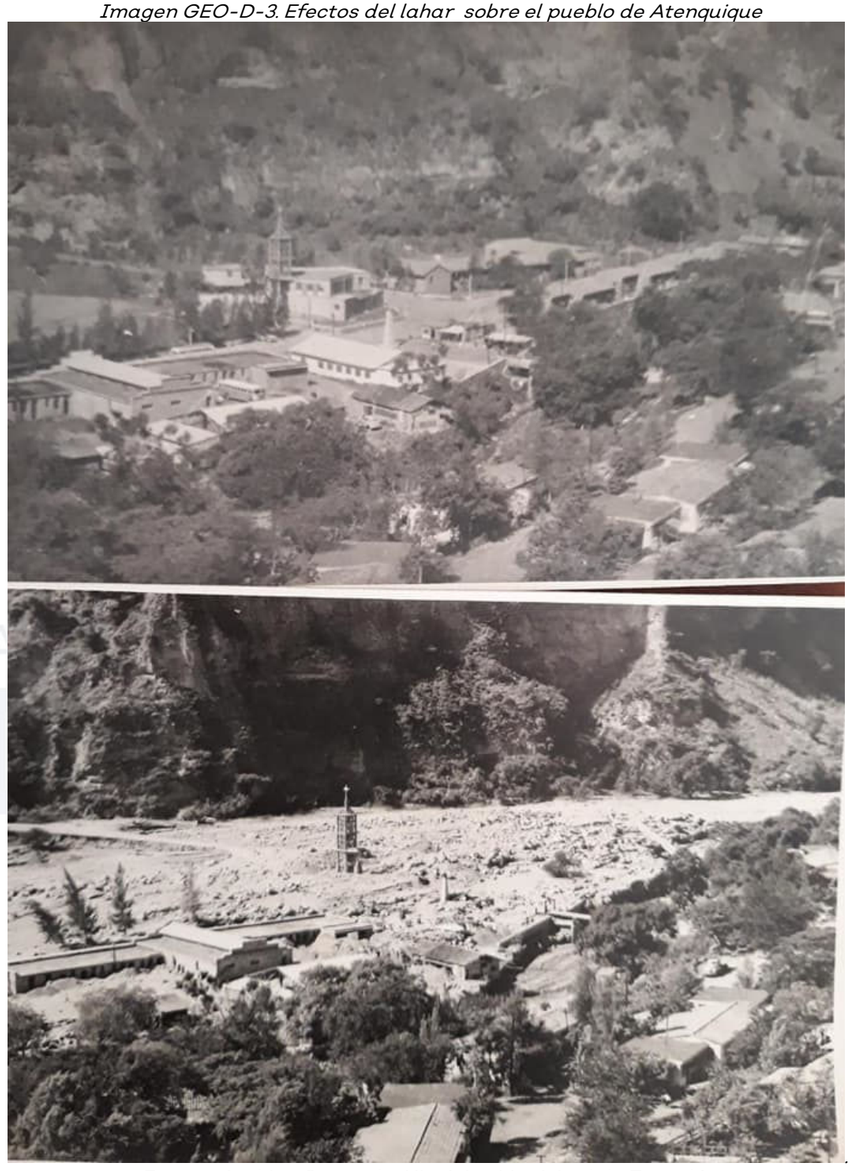
La Caldera de la Primavera: Una estructura caldérica de dimensiones considerables, producto de eventos explosivos prehistóricos que han dejado una huella geomorfológica significativa en el paisaje circundante. La Caldera de la Primavera alberga diversos domos y cráteres secundarios, así como manifestaciones hidrotermales que evidencian la persistente actividad geotérmica en la región.

1.1.5.2. Antecedentes del Fenómeno

Un evento particularmente significativo en la historia del vulcanismo de Jalisco fue el incidente de Atenquique, ocurrido el 16 de octubre de 1955. Este evento no fue un volcán en erupción en el sentido tradicional, sino más bien una devastadora lahar, o flujo de lodo volcánico, que descendió por las laderas del Nevado de Colima, otro volcán importante en la región. Las fuertes lluvias asociadas con un ciclón tropical desencadenaron el flujo de lodo, que arrasó con todo a su paso, incluyendo la

pequeña localidad de Atenquique. El lahar resultó en la destrucción de numerosas viviendas y la pérdida de vidas humanas, resaltando la peligrosidad de los fenómenos volcánicos incluso cuando no hay erupciones directas. Este evento subrayó la necesidad de estudios y medidas de mitigación del riesgo volcánico en la región, promoviendo una mayor conciencia sobre los peligros asociados a la actividad volcánica indirecta, como los flujos de lodo y las avalanchas de escombros. El incidente de Atenquique es un recordatorio persistente de la fuerza destructiva de los volcanes y de la importancia de la preparación y la vigilancia continua en áreas volcánicamente activas.

Imagen GEO-D-3. Efectos del lahar sobre el pueblo de Atenquique



Fuente: Archivo General e Histórico Municipal de Zapotlán

1.1.5.3. Metodología y Memoria de Cálculo

La metodología utilizada en la evaluación de peligros por actividad volcánica está basada en la sección de Fenómenos Geológicos de la “Guía básica para la elaboración de atlas estatales y

municipales de peligros y riesgos" del CENAPRED, 2006; donde se consideran los siguientes puntos para la evaluación del peligro volcánico:

1. Localizar el área de estudio y definir si se ubica dentro de una zona volcánica.
2. Ubicacar zona de estudio en un plano topográfico.
3. Trazar un círculo con un diámetro de 100 km alrededor de la zona de estudio e identificar los volcanes dentro.
4. Si la zona de estudio se asienta a una distancia menor a 35 km de algún volcán con una categoría 1-3 deben llevarse a cabo medidas mínimas de evaluación y prevención entre los que se incluye la elaboración de un mapa de peligros.
5. Para volcanes o campos volcánicos de las categorías 4 y 5 se recomienda realizar una evaluación de nivel de la actividad y probabilidad (peligro) asociado al volcán en cuestión.
6. Reconstruir el comportamiento eruptivo pasado. Basándonos en el registro histórico de erupciones; tipo de erupciones y su periodicidad; recopilación de datos geológicos y determinar la distribución y volumen de los productos eruptivos. Consultar el CD "Volcanoes of Mexico" del Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.
7. Establecer ripo y características del volcán.
8. Determinar si presenta un peligro a corto o largo plazo. Es decir, si la periodicidad de las erupciones es de 100 años o menos, se considera un peligro a corto plazo; pero si su periodicidad es mayor a 100 años se considera de largo plazo.
9. Si se considera que el volcán representa un peligro, establecer si el volcán presenta actualmente manifestaciones de actividad (presencia de fumarolas, azufre, actividad sísmica y/o deslaves o desgajamientos).
10. Investigar la existencia de mapas de peligros de ese volcán (principalmente volcanes de las categorías 1,2 y 3); si no existe un mapa de peligros, será necesario su elaboración para determinar zonas vulnerables.
11. Los mapas de peligro deben tener una paleta de colores específica para cada amenaza volcánica: o Flujos piroclásticos (rojo) o Derrumbes y avalanchas (amarillo) o Flujos o coladas de lava. (naranja) o Lahares y zonas de inundación (verde oscuro) o Bombas y proyectiles balísticos (verde claro) o Ceniza y tefra (gris). Para nuestros mapas de peligros volcánicos se emplearon los colores, utilizados en los mapas de peligros publicados por el Área Técnica del Atlas Estatal de Riesgos de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, en el año 2020.

Memoria de Cálculo

De acuerdo con la metodología mencionada previamente, se trazó un perímetro radial de 100 km mediante un buffer a partir del límite municipal, para determinar la presencia de estructuras volcánicas que caen dentro del área de interés conforme el Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000 (2011) del INEGI; sin embargo, solamente 2 aparatos volcánicos se consideran activos conforme la categorización descrita por CENAPRED. Se realizó una recopilación bibliográfica de los volcanes activos para conocer las características básicas de cada volcán con la finalidad de determinar los tipos de erupciones, cantidad de material expulsado, frecuencia eruptiva, distribución de los depósitos volcánicos y si presentan algún fenómeno activo de vulcanismo.

Modelación de Nube y caída de Ceniza

Por último, se analizó la información obtenida, mapas de Peligro Volcánico proporcionados por CENAPRED y el Fondo Mundial para la Reducción de los Desastres y la Recuperación (GFDRR, por sus siglas en inglés), así como, se realizaron modelamientos del comportamiento de ceniza volcánica para los volcanes activos a través del Programa Ash3D del Servicio Geológico Estadounidense (USGS por sus siglas en Inglés) para todos los volcanes activos.

Las simulaciones consideran un volumen eruptivo, altura de la pluma de cenizas, duración del evento hipotético, duración de la simulación, así como, las corrientes de vientos que se tienen en cada región; todos estos parámetros se basaron en características propias de cada volcán. Se considerando los resultados del estudio de Mastin et al., (2009) para varios volcanes que se estudiaron en dicho artículo, y para los que no se tenían parámetros se consideraron relaciones empíricas entre las alturas de las plumas y tasas de erupciones de volcanes similares.

Por último, para determinar el nivel de peligro generado por un Campo Volcánico el CENAPRED propone una metodología para conocer la evolución espacio-temporal de un campo monogenético, que identifica patrones espaciales que permiten inferir dónde es probable que se presente actividad en el futuro. La metodología propone cuantificar la densidad de estructuras volcánicas dentro del campo, con el fin de reconocer zonas con mayor actividad eruptiva. Para esto se construyó una cuadrícula de 10x10 km alrededor del campo volcánico, donde se contó el número de estructuras volcánicas presentes en cada cuadro de 100 km2, esto permitió identificar las zonas con mayor densidad de estructuras volcánicas. Este primer trabajo sirvió para definir los patrones de distribución dentro del campo.

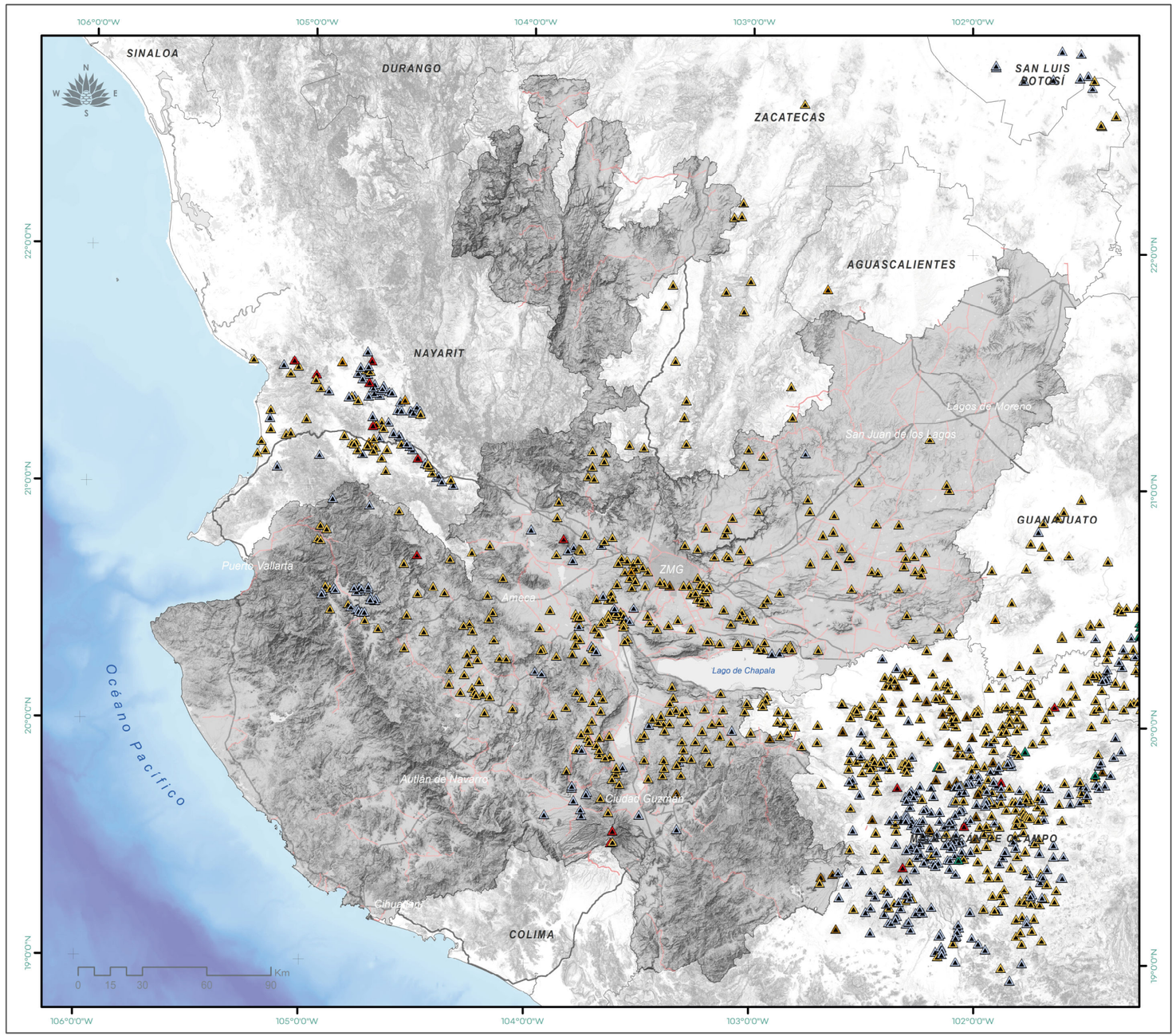
1.1.5.4. Peligro

Se determinó la presencia de 1124 estructuras volcánicas dentro del área de interés conforme el Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000 (2011) del INEGI, las estructuras más abundantes son domos de lava, con una cantidad de 688 domos que equivale al 61% de todas las estructuras volcánicas, seguido por conos de ceniza (367 estructuras) que equivale al 33% del total. En conjunto estás estructuras equivalen al 94% de todas las estructuras volcánicas en la región.

En menor cantidad se aprecian estratovolcanes (15), Volcanes de Escudo (31), Calderas (7) y Maars (16) que equivalen al 6%. La distribución de estas estructuras se encuentra a lo largo de todo el estado en dirección Noreste-Suroeste y algunas focalizadas al Noroeste (Mapa GEO-E-01).

De acuerdo con el análisis realizado a partir del área de estudio (100 km2) se determinó la presencia de 5 cuerpos volcánicos (3 estratovolcanes, una caldera y un cono de ceniza) activos conforme los estudios realizados por CENAPRED (Mapa GEO-E-02).

De estas estructuras volcánicas activas sólo dos podrían presentar afectaciones por fenómenos distintos a la caída de ceniza y nube volcánica, estos son el Volcán Seboruco y el Volcán de Fuego (Mapa GEO-E-03), para ambos se realizó un Mapa de peligros volcánicos.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISO 2024

Tipo de Estructuras Volcánicas
GEO-E-01

Leyenda Temática

- Caldera
- Cono de ceniza
- Domo de lava
- Estratovolcán
- Volcán en escudo
- Maar

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



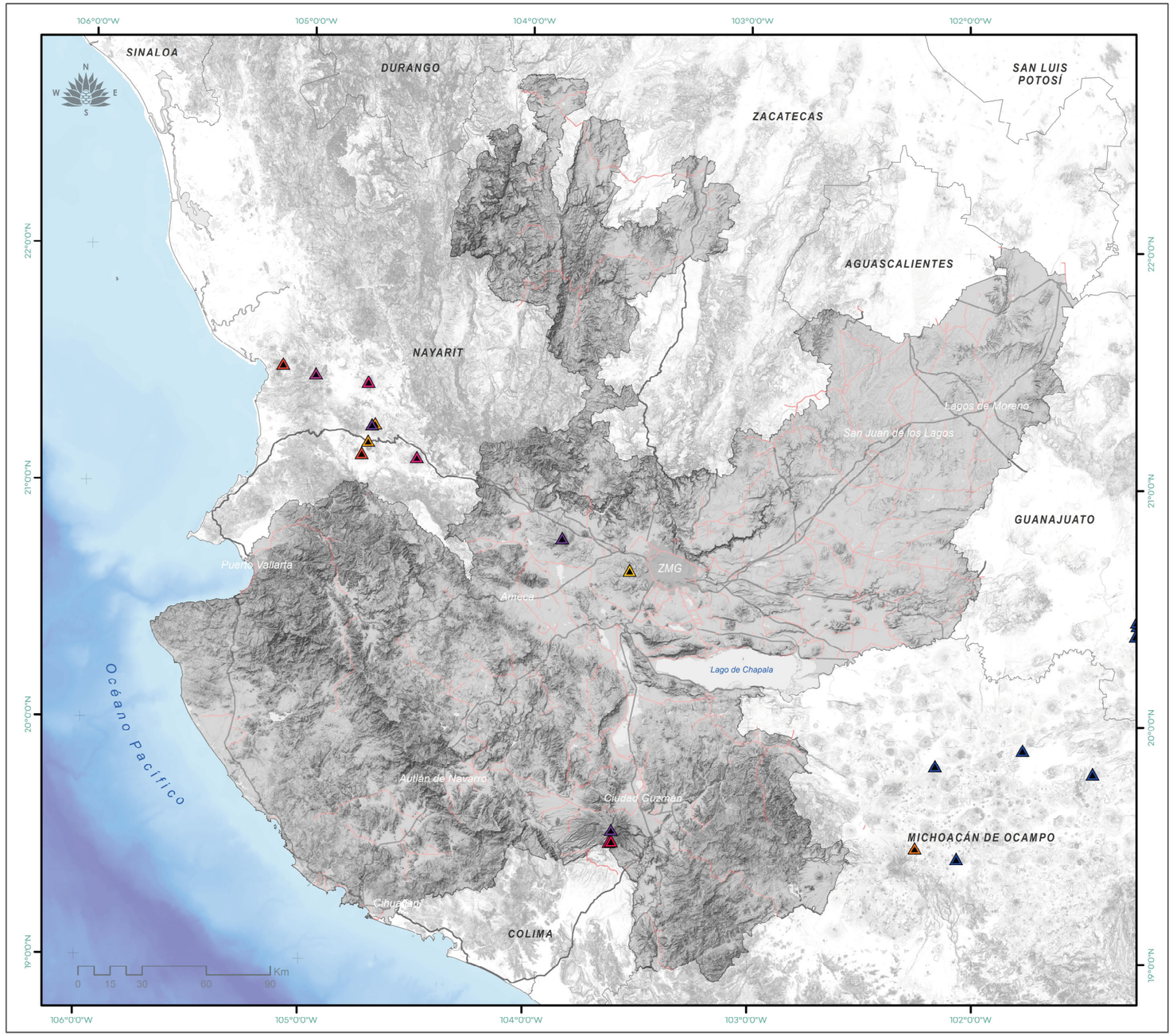
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
- SUS FUENTES -
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Condiciones de las Estructuras Volcánicas
GEO-E-02

Leyenda Temática

- Caldera, Activo
- Caldera, Inactivo
- Cono de ceniza, Activo
- Cono de ceniza, Inactivo
- Domo de lava, Activo
- Domo de lava, Inactivo
- Estratovolcán, Activo
- Estratovolcán, Durmiente
- Estratovolcán, Inactivo
- Maar

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

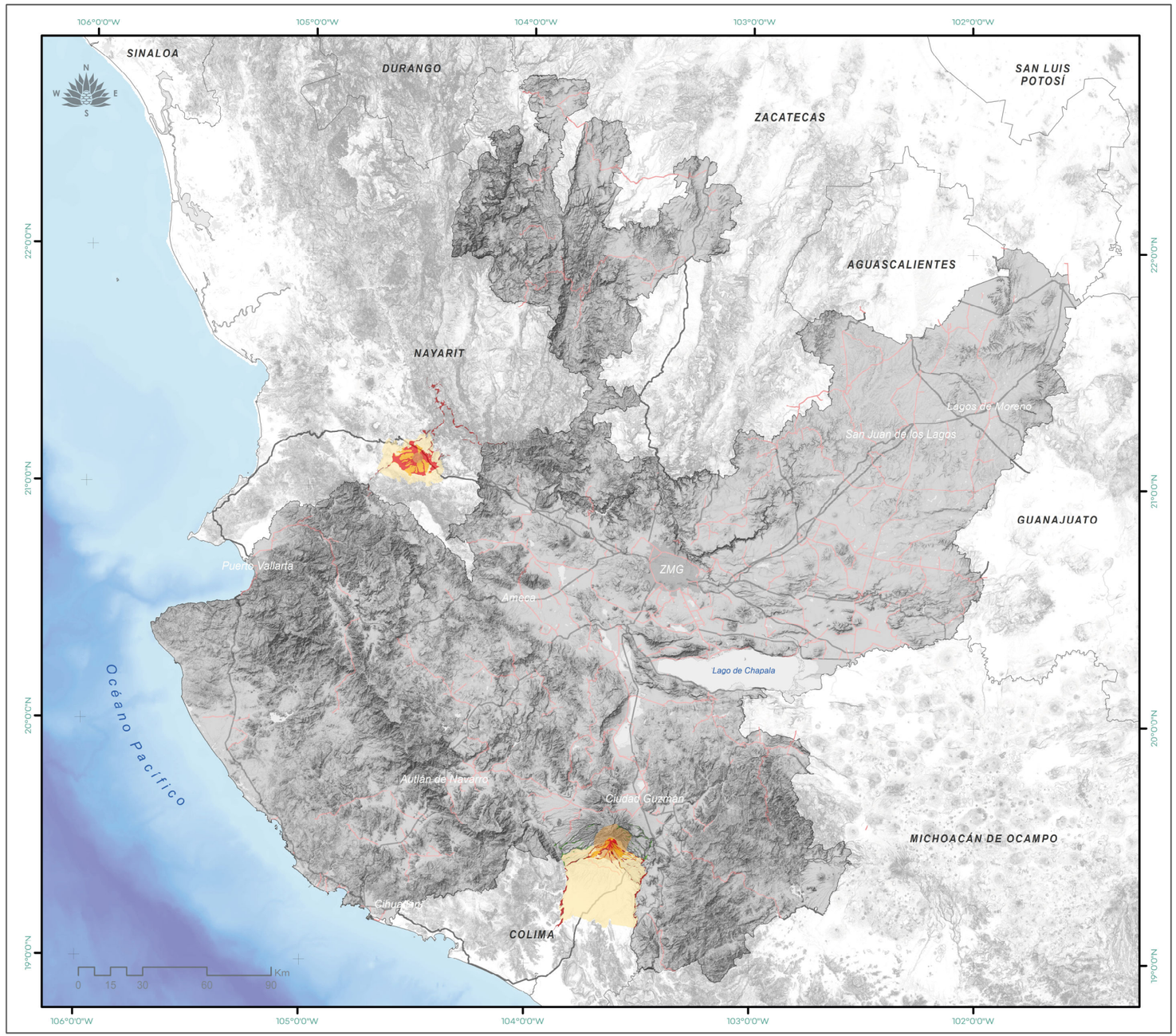
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISO 2024

Peligros Volcánicos
GEO-E-03

Leyenda Temática

- Detritos
- Lahares
- Flujos de Lava (> 8 km)
- Flujos Piroclásticos (>12km)
- Proyectiles Balísticos (<8 km)
- Avalancha de Escombros Volcánicos (>30 km)

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V, mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

FUENTES

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
UCOL. Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima, 2003
Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima, 2020
UNAM, Mapa de Peligros del Volcan Ceboruco, 2019
Adaptacion del mapa de peligros del volcan de Fuego de Colima de la Universidad de Colima realizada por Soluciones SIG SA de CV, 2024
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

A continuación, se realiza una descripción histórica de estas estructuras, así como se dan los resultados del modelamiento de ceniza volcánica, para los cuerpos que lo ameriten.

Volcán de Fuego de Colima

Ubicado en los límites de los estados de Colima y Jalisco, el Volcán de Colima es un estratovolcán andesítico que alcanza una elevación de 3860 metros sobre el nivel del mar, integrante destacado del Complejo Volcánico de Colima. Reconocido como el volcán más activo de México, su historia eruptiva abarca desde 1560 hasta 2017.

Durante este período, ha exhibido una actividad mayormente explosiva, registrándose más de 40 eventos eruptivos significativos. Entre los más destacados se encuentran los sucesos ocurridos en 1576, 1606, 1690, 1818, 1869, 1903, 1913, 1960-61, 1965, 1975-76, 1981-82, 1991, 1998-99, 2001-2003, 2004-2005, 2007-2011, y 2013-2017, siendo esta última fecha la de la última explosión contemporánea, el 03 de febrero de 2017 (imagen GEO-E-3). Durante su evolución, el volcán ha dado lugar a la formación de un domo de lava conocido como "El Volcancito", en el año 1869.

Imagen GEO-D-4 Explosión de las 17:32 hrs observada desde San Marcos Jalisco.



Tomada de RESCO-CUEIV-Facultad de Ciencias Universidad de Colima, 2017

Una de las características distintivas del Volcán de Colima es la viscosidad de su lava, la cual, con regularidad, se desborda por el cráter, generando derrames cortos y gruesos

En la actualidad, el equipo del Centro Universitario de Estudios Vulcanológicos (RESCO-CUEV) de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Colima, lleva a cabo una vigilancia continua de las condiciones del volcán. Como parte de este proceso, se genera un boletín técnico semanal que detalla el estado actual del volcán, proporcionando información valiosa para el seguimiento y análisis de su actividad.

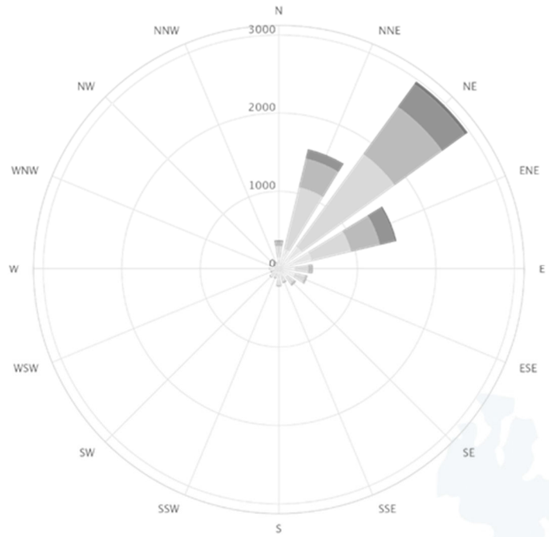
Según los datos recopilados del Atlas de Peligros del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) para el Volcán De Fuego, se ha determinado los riesgos significativos que podrían afectar a gran parte del territorio estatal es la caída de ceniza volcánica, seguido por los detritos. No obstante, en el atlas también se proporcionan ejemplos de los posibles impactos de otros peligros volcánicos (Mapa GEO-E-04), como los flujos piroclásticos, la lava, los lahares, las avalanchas y la caída de balísticos, aunque estos se consideran de Peligro bajo, a nivel estatal. La descripción detallada de estos fenómenos se presenta en la sección de introducción de este tema.

Peligro por ceniza volcánica

El modelado realizado para el Volcán de Fuego se basa en una erupción con una duración de 3 horas, generando una altura de la nube de 14.8 km y un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de 24 horas. Si bien las modelaciones se realizaron en la plataforma Ash3d, esta se enfrenta a una limitación considerable al no permitir la introducción de datos concernientes a la dirección del viento. Para subsanar esta carencia, recurrimos a la información histórica de vientos proporcionada por el Archivo de Información Oceanográfica Nacional. Este valioso recurso nos permite construir una rosa de los vientos que refleja las direcciones predominantes en la región.

Una vez identificada la dirección predominante del viento, procedemos a realizar la modelación, centrándonos en la fecha en la que se han registrado las condiciones históricas relevantes. Es crucial comprender que, aunque la dispersión de la nube de ceniza se basa en la dirección del viento, esta puede experimentar variaciones significativas en distintas épocas del año.

Imagen GEO-D-5 Representación gráfica de la dirección de los vientos en Colima



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV. Con datos de DIGAOHM.

Conscientes de la impracticabilidad de realizar un análisis detallado para cada día del año, optamos por integrar en nuestro atlas el escenario más probable. Este enfoque se fundamenta en los vientos históricos presentados en la imagen GEO-E-05, lo que nos permite ofrecer una representación más precisa y útil de la dispersión de cenizas volcánicas en la región.

De manera particular y en términos generales, la dirección preferencial de la nube es hacia el sureste, alcanzando el Estado de Guerrero y posiblemente cubriendo partes de los Estados de Michoacán y Colima. Podrían haber depósitos de 17 hasta los 49mm, particularmente en su trayectoria hacia el noreste.

Peligro por nube volcánica:

Para Jalisco, se estima que, durante una erupción, la nube de ceniza volcánica llegaría al norte de este en aproximadamente cuatro horas, con una altura de 7.40 km, y se mantendría suspendida por más de 24 horas a una altura de 2.96 km, en la parte sureste del municipio. La concentración de ceniza alcanzaría los 0.73 mg/m3 en las primeras 9 horas, disminuyendo posteriormente a 0.32 mg/m3 pasadas las 24 horas desde el inicio de la erupción (Mapa GEO-E-06).

Volcán Seboruco

Siendo reconocido como uno de los más desafiantes y potencialmente peligrosos de la región. A lo largo de su milenaria existencia, este coloso ha despertado en ocho ocasiones, desatando fuerzas naturales impresionantes que han dejado su marca en la historia geológica de la zona. La erupción más reciente se remonta al periodo comprendido entre 1870 y 1875, un evento que aún resuena en la memoria colectiva y que sirve como recordatorio de la impredecible naturaleza volcánica.

Imagen GEO-D-6 Volcán Ceboruco.



Tomada de Gaceta, UNAM, 2019

Ubicado estratégicamente en el corazón del Cinturón Volcánico Mexicano, en el estado de Nayarit, el volcán Ceboruco se alza majestuoso, imponente y vigilante. Su proximidad a centros urbanos como Tepic y comunidades cercanas como Jala agrega una capa adicional de preocupación sobre la seguridad de la población local. Además, su cercanía al río Santiago añade un elemento de riesgo adicional, esto lo podemos observar el en Mapa-GEO-D-07, ya que a lo largo de sus orillas se encuentran sistemas hídricos que alimentan varias presas hidroeléctricas operadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE). El potencial impacto de una reactivación volcánica en esta zona podría tener consecuencias devastadoras, afectando no solo a la población humana, sino también a la infraestructura vital y al ecosistema circundante en el estado de Nayarit**.**

Peligro por ceniza volcánica

El modelado realizado para el Volcán Seboruco se basa en una erupción con una duración de 3 horas, generando una altura de la nube de 13 km y un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de 24 horas. Si bien las modelaciones se realizaron en la plataforma Ash3d, esta se enfrenta a una limitación considerable al no permitir la introducción de datos concernientes a la dirección del viento. Para subsanar esta carencia, recurrimos a la información histórica de vientos proporcionada por el Archivo de Información Oceanográfica Nacional. Este valioso recurso nos permite construir una rosa de los vientos que refleja las direcciones predominantes en la región.

Imagen GEO-D-7 Representación gráfica de la dirección de los vientos en Nayarit



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV. Con datos de DIGAOHM.

Una vez identificada la dirección predominante del viento, procedemos a realizar la modelación, centrándonos en la fecha en la que se han registrado las condiciones históricas relevantes. Es crucial comprender que, aunque la dispersión de la nube de ceniza se basa en la dirección del viento, esta puede experimentar variaciones significativas en distintas épocas del año.

Conscientes de la impracticabilidad de realizar un análisis detallado para cada día del año, optamos por integrar en nuestro atlas el escenario más probable. Este enfoque se fundamenta en los vientos históricos presentados en la imagen GEO-E-05, lo que nos permite ofrecer una representación más precisa y útil de la dispersión de cenizas volcánicas en la región.

De manera general la dirección preferencial de depósito de ceniza es hacia el sureste, alcanzando el estado de Michoacán. En San Marcos y Hostotipaquillo en donde podría haber depósitos de hasta 8mm.

Peligro por nube volcánica:

Para Jalisco, se estima que, durante una erupción, la nube de ceniza volcánica llegaría al norte de este en aproximadamente una hora, con una altura de 13 km, y se mantendría suspendida por más de 24 horas a una altura de 10.40 km, en la parte noreste. La concentración de ceniza alcanzaría los 0.66 mg/m3 en las primeras 9 horas, disminuyendo posteriormente a 0.27 mg/m3 pasadas las 24 horas desde el inicio de la erupción (Mapa GEO-E-06).

Volcán Paricutín

Comenzó a formarse en 1942, en la parte norte de la base del pico de Tancítaro, en el eje volcánico correspondiente al Estado de Michoacán, sobre el pueblo de Parangaricutirimícuaro.

Imagen GEO-D-8 Volcán Paricutín



Tomada de DGCS, UNAM; 2023

El inicio de su actividad estuvo marcado por una secuencia ininterrumpida de fumarolas y explosiones piroclásticas, acompañadas por el lanzamiento de bombas volcánicas, todo ello precedido por un notorio abombamiento que se había manifestado seis meses atrás. Las erupciones, en su furia desatada, se desencadenaron a partir de la medianoche del mismo día, y en las primeras horas del siguiente, los flujos de lava comenzaron a desplazarse con determinación.

Esta intensa actividad volcánica persistió, con explosiones de bombas incandescentes y la formación de depósitos piroclásticos, hasta el año 1949. Un breve período de inactividad siguió, solo para ser interrumpido por una reactivación fulminante que se prolongó hasta marzo de 1952, cuando, de manera abrupta, cesó toda actividad.

Los ríos de lava, en su avance implacable, cubrieron una extensión de 18.5 km2, alcanzando una elevación de 424 metros con respecto al Valle de Quitzocho-Cuiyusuru, dejando una marca imborrable en el paisaje y la memoria de la región**.**

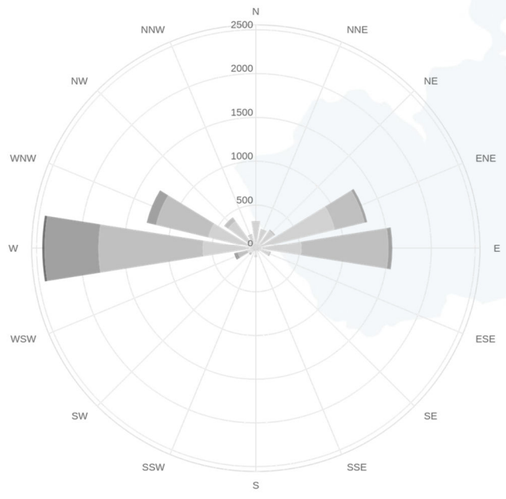
Peligro por ceniza volcánica

El modelado realizado para el Volcán Paricutín es a partir de una erupción con una duración de 24 horas, generando una altura de la nube de 10.86 km y un volumen emitido de 0.003 km3 durante una simulación de 24 horas. Si bien las modelaciones se realizaron en la plataforma Ash3d, esta se enfrenta a una limitación considerable al no permitir la introducción de datos concernientes a la dirección del viento. Para subsanar esta carencia, recurrimos a la información histórica de vientos proporcionada por el Archivo de Información Oceanográfica Nacional. Este valioso recurso nos permite construir una rosa de los vientos que refleja las direcciones predominantes en la región.

Una vez identificada la dirección predominante del viento, procedemos a realizar la modelación, centrándonos en la fecha en la que se han registrado las condiciones históricas relevantes. Es crucial comprender que, aunque la dispersión de la nube de ceniza se basa en la dirección del viento, esta puede experimentar variaciones significativas en distintas épocas del año.

Conscientes de la impracticabilidad de realizar un análisis detallado para cada día del año, optamos por integrar en nuestro atlas el escenario más probable. Este enfoque se fundamenta en los vientos históricos presentados en la imagen GEO-E-05, lo que nos permite ofrecer una representación más precisa y útil de la dispersión de cenizas volcánicas en la región.

Imagen GEO-D-9 Representación gráfica de la dirección de los vientos en Michoacán.



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV. Con datos de DIGAOHM

En términos generales, la dirección preferencial de la nube es hacia el noreste, alcanzando el Estado de Querétaro. La altura máxima de la nube puede alcanzar los 13.03 km, particularmente en su trayectoria hacia el Golfo sobre el estado de Hidalgo.

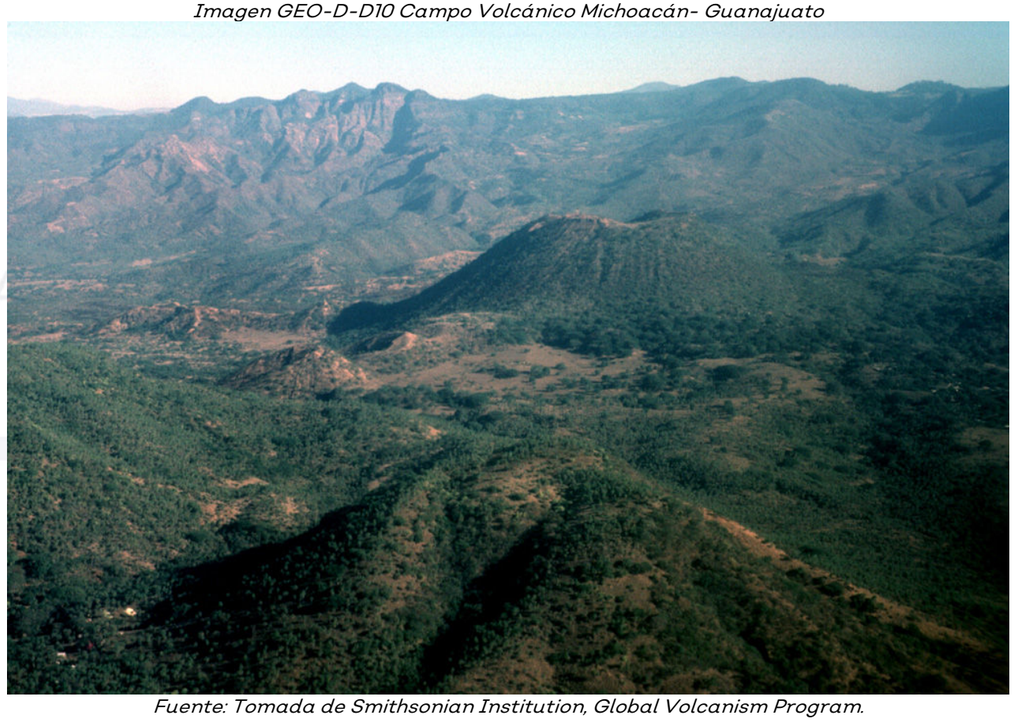
Peligro por nube de volcánica:

Para Jalisco, se estima que, durante una erupción, la nube de ceniza volcánica llegaría al sur del estado en 2 horas con una altura de 7.06km y se mantendría suspendida por más de 24 horas a una altura de 5.97 km, en la parte este del Estado (Mapa GEO-E-06).

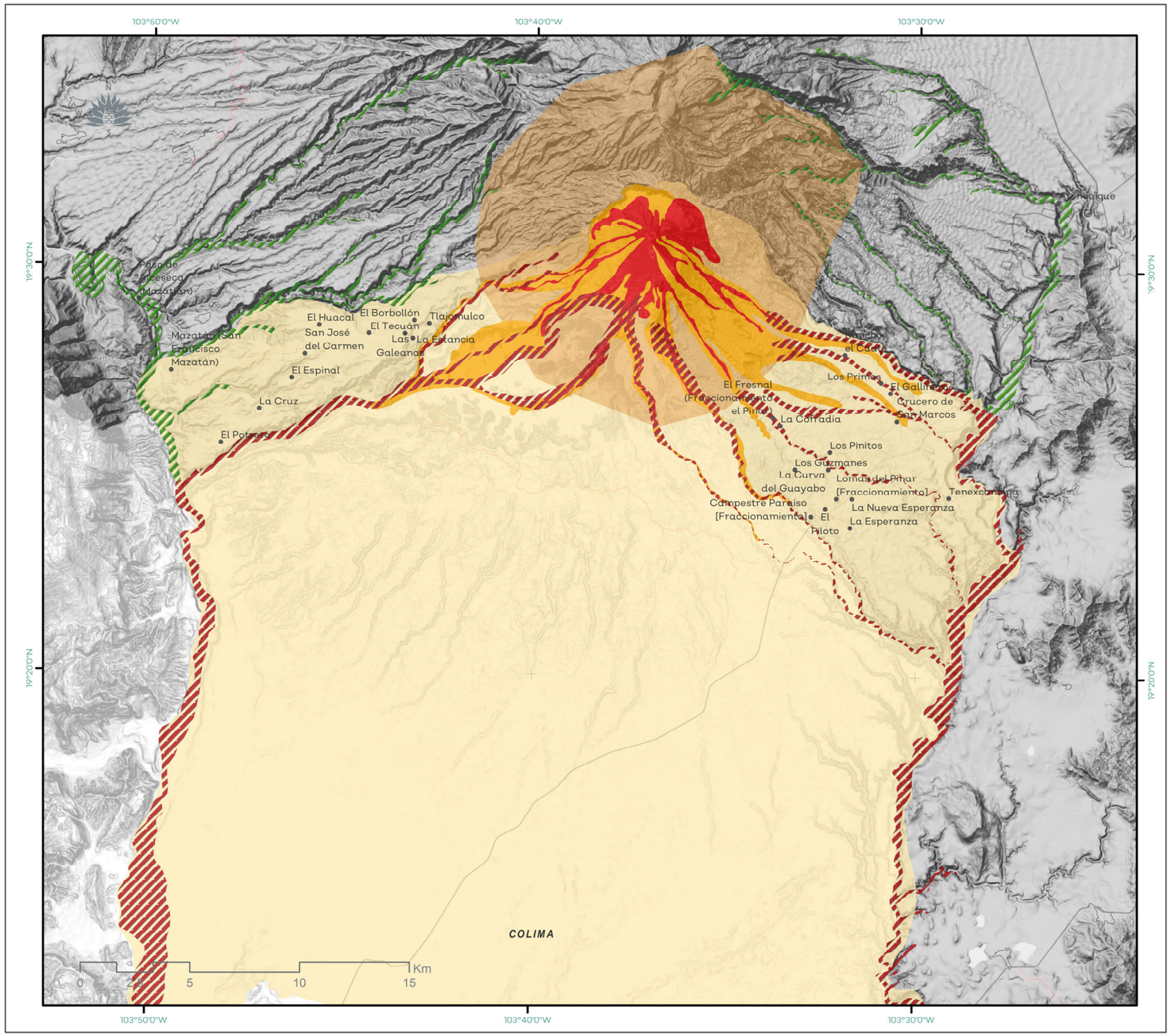
Campo Volcánico Michoacán-Guanajuato

Es un campo volcánico ubicado en los estados de Michoacán y Guanajuato; en el centro de México, que presenta numerosos conos de ceniza, volcanes de escudo y maars. El campo volcánico es conocido por la erupción del volcán El Jorullo y la erupción del volcán Paricutín. El campo volcánico cubre un área de 200 km por 250 km, tiene unos 1,400 respiraderos,1 en su mayoría conos de ceniza. Los volcanes de escudo son en su mayoría del Pleistoceno. Los conos de ceniza están dispersos y se producen en altitudes bajas, generalmente en llanuras aluviales o en los costados de los volcanes de escudo erosionados.

Imagen GEO-D-D10 Campo Volcánico Michoacán- Guanajuato



Fuente: Tomada de Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

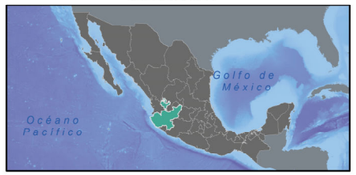
Erupciones Volcánicas
GEO-E-04

Leyenda Temática
Mapa de Peligros Volcánicos para el Volcán de Fuego

- Detritos
- Lahares
- Flujos de Lava (> 8 km)
- Flujos Piroclásticos (>12km)
- Proyectiles Balísticos (<8 km)
- Avalancha de Escombros Volcánicos (>30 km)

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1: 175, 000

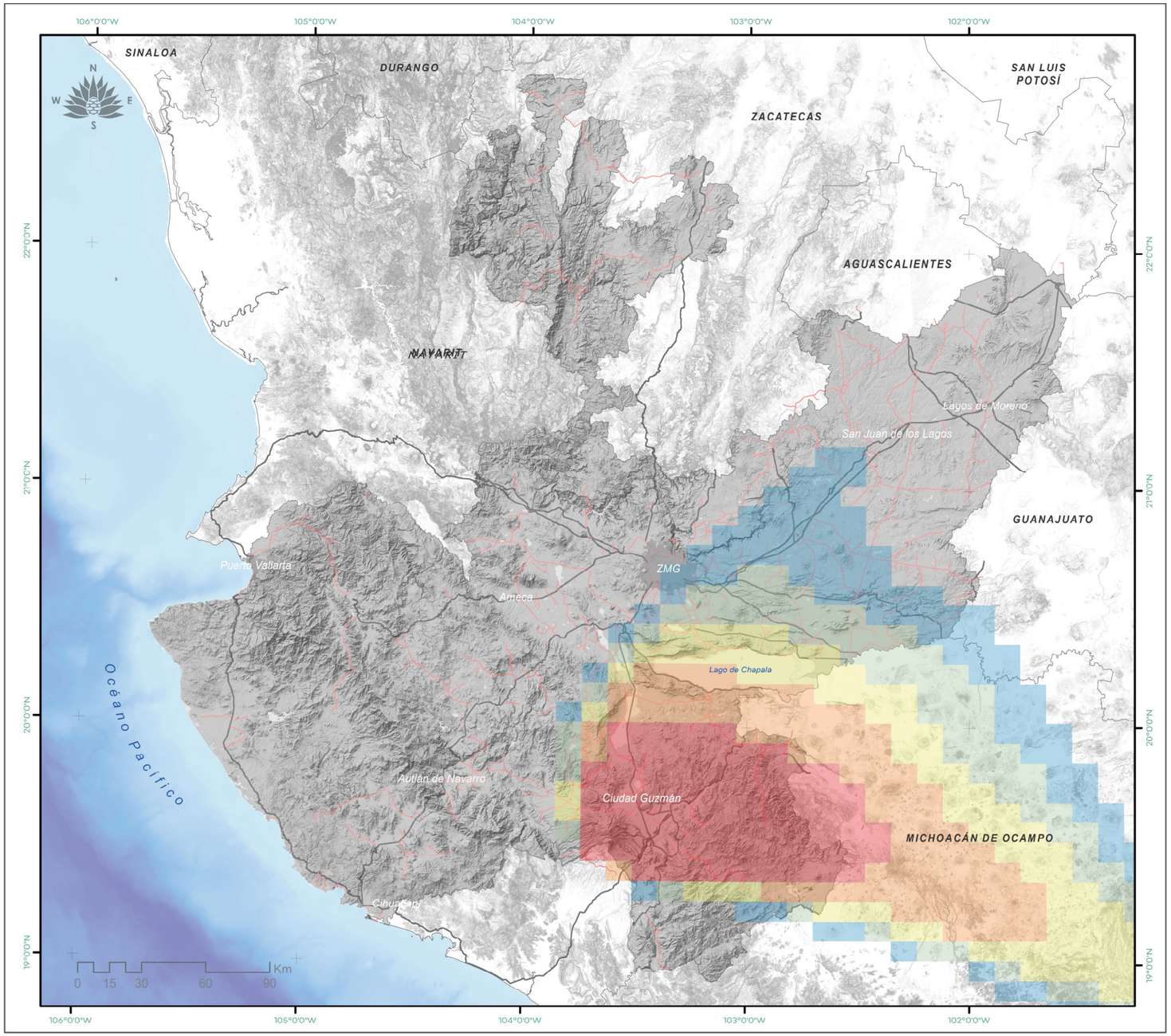
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
UCOL. Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima, 2003
Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, Mapa de Peligros del Volcán de Fuego de Colima, 2020
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-05

Leyenda Temática
Deposito de Ceniza Volcánica
por Erupcion del Volcán de Fuego

- 0.01 - 0.02 mm
- 0.03 - 0.06 mm
- 0.07 - 0.17 mm
- 0.18 - 0.67 mm
- 0.68 - 49.90 mm

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,600,000

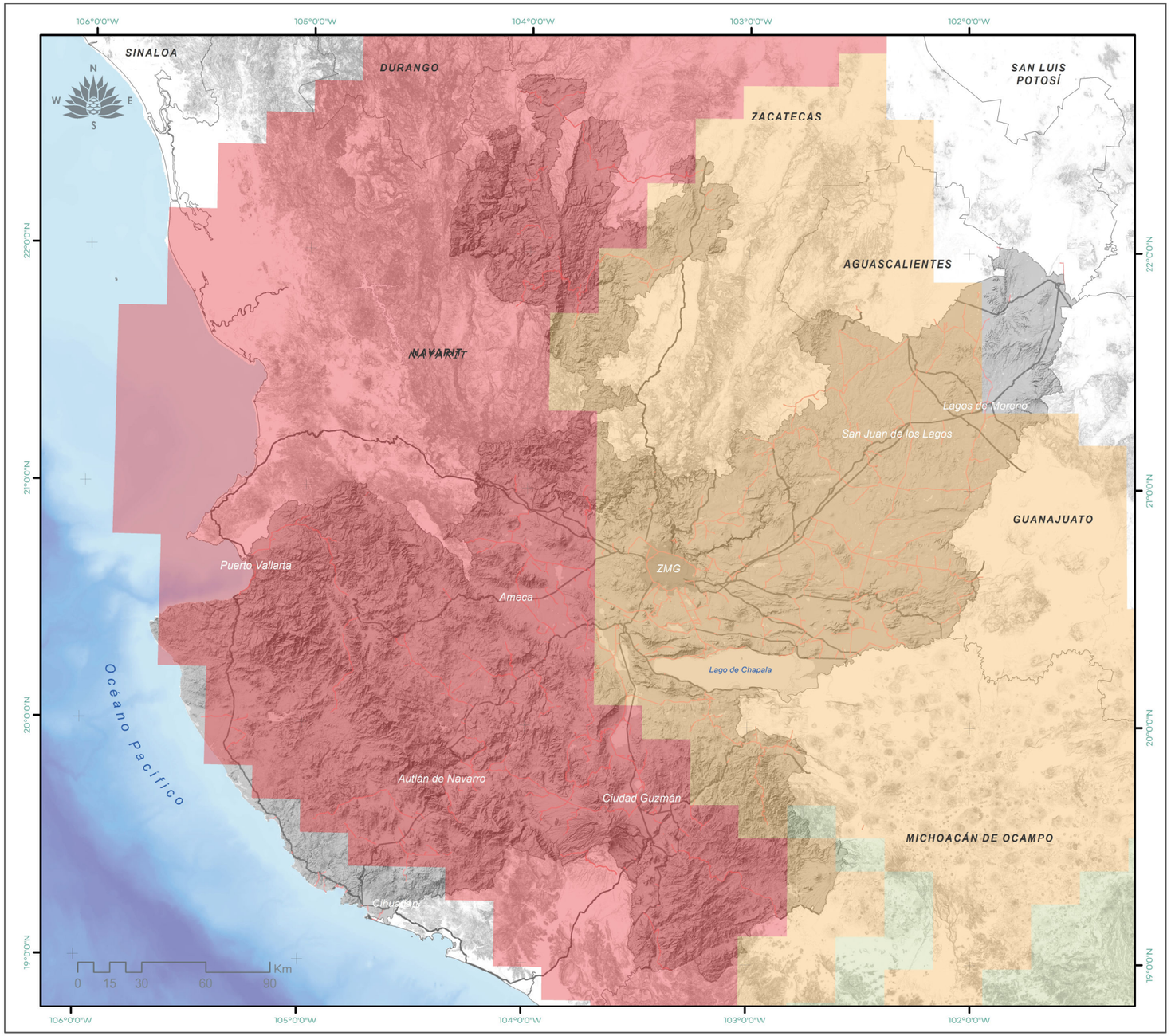
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS, Plataforma Ash3d, 2024
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-06

Leyenda Temática
Altura de la Nube Volcánica
por Erupcion del Volcán de Fuego

- 1.48 - 8.14 km
- 8.15 - 11.84 km
- 11.85 - 15.54 km
- 15.55 - 16.28 km

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,600,000

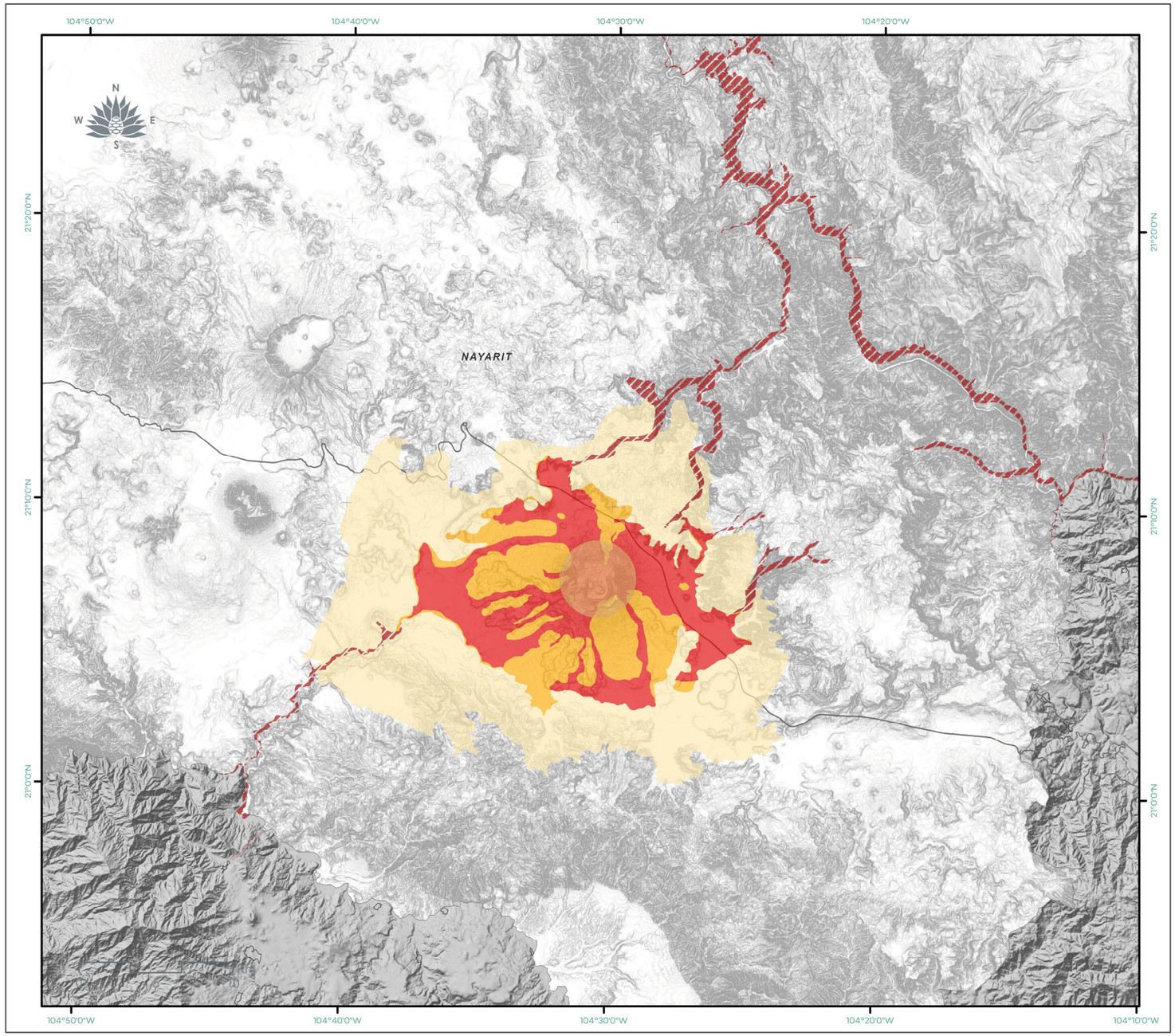
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS, Plataforma Ash3d, 2024
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-07

Leyenda Temática
Mapa de Peligros Volcánicos para El Volcán Ceboruco

- Detritos
- Lahares
- Flujos de Lava (> 8 km)
- Flujos Piroclásticos (>12km)
- Proyectiles Balísticos (<8 km)
- Avalancha de Escombros Volcánicos (>30 km)

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



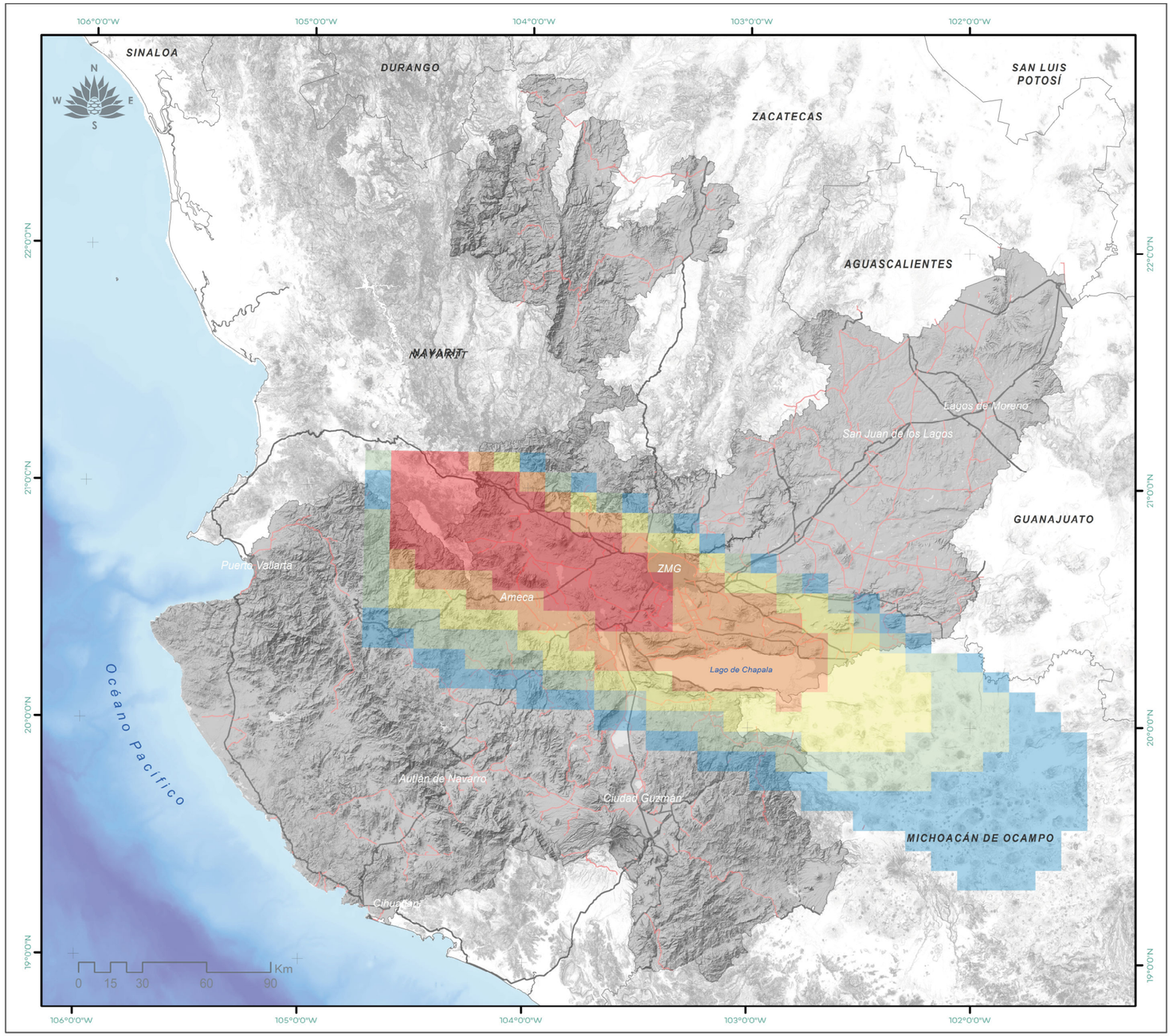
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1: 250,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
- SUS FUENTES -
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico. 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
UNAM, Mapa de Peligros del Volcán Ceboruco, 2019
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-08

Leyenda Temática
Deposito de Ceniza Volcánica
por Erupcion del Volcán Ceboruco

- 0.01 - 0.02 mm
- 0.03 - 0.07 mm
- 0.08 - 0.23 mm
- 0.24 - 0.97 mm
- 0.98 - 43.93 mm

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

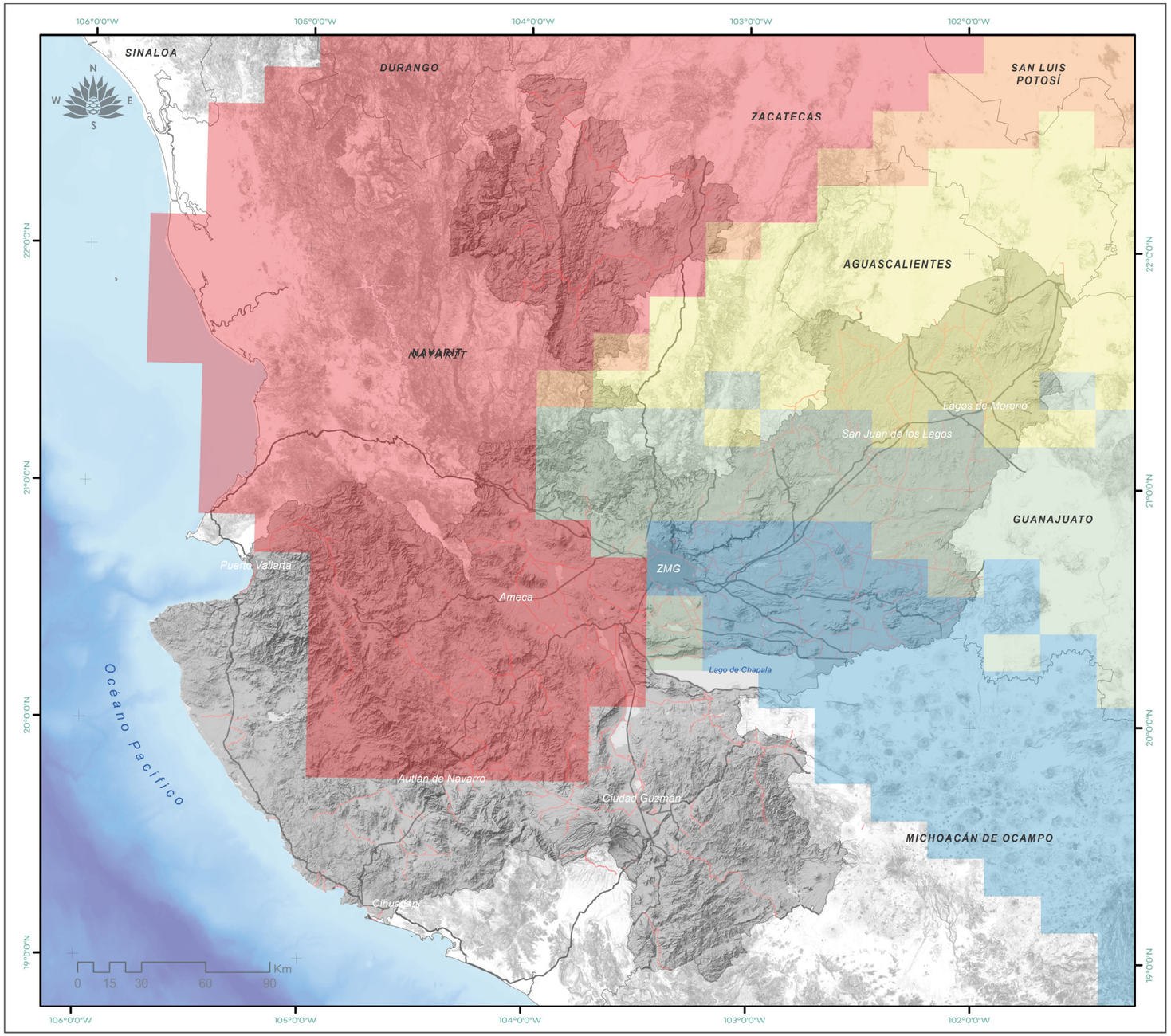
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

SUS	FUENTES
INEGI.	División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI.	Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI.	Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI,	Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS.	Plataforma Ash3d, 2024
	Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-09

Leyenda Temática
Altura de la Nube Volcánica
por Erupcion del Volcán Ceboruco

- 1.95 - 7.15 km
- 7.16 - 8.45 km
- 8.46 - 11.05 km
- 11.06 - 13.65 km
- 13.66 - 14.30 km

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

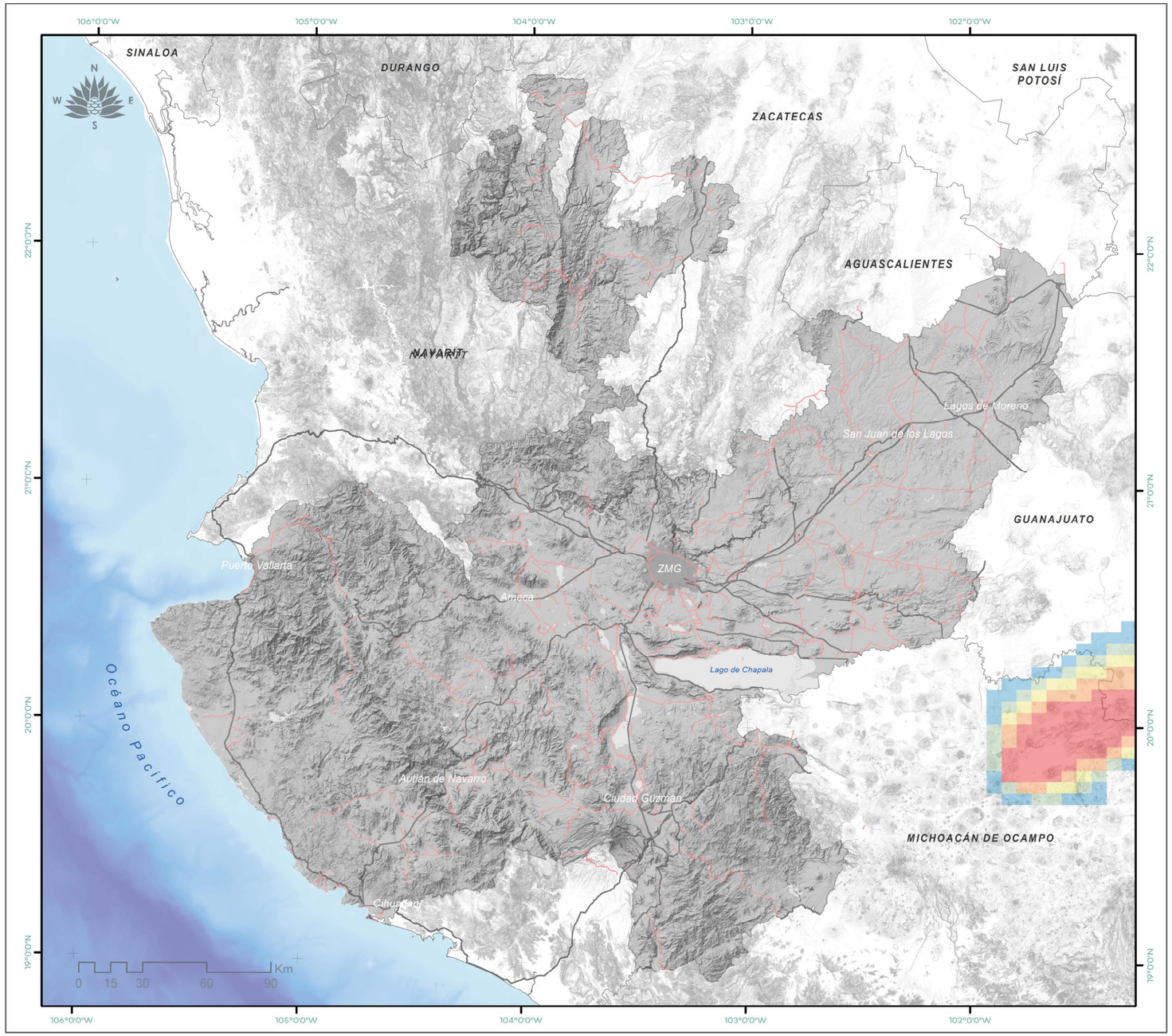
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS, Plataforma Ash3d, 2024
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-10

Leyenda Temática
Deposito de Ceniza Volcánica
por Erupcion del Volcán Paricutín

- 0.01 - 0.02 mm
- 0.03 - 0.05 mm
- 0.06 - 0.14 mm
- 0.15 - 0.45 mm
- 0.46 - 42.59 mm

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

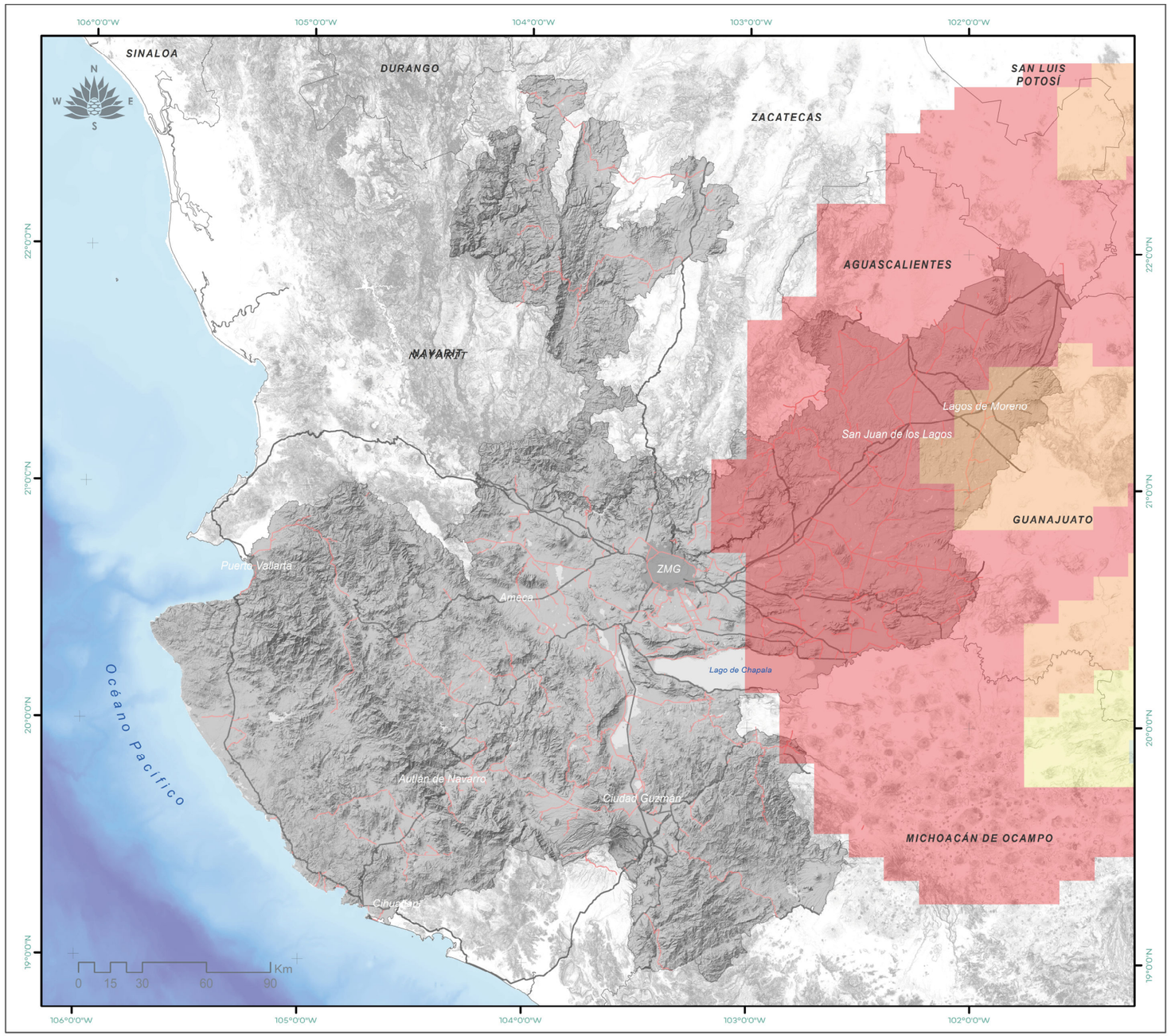
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS, Plataforma Ash3d, 2024
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Erupciones Volcánicas
GEO-E-11

Leyenda Temática
Altura de la Nube Volcánica
por Erupcion del Volcán Paricutín

- 4.34 - 7.06 km
- 7.07 - 10.86 km
- 10.87 - 11.40 km
- 11.41 - 11.95 km
- 11.96 - 13.03 km

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

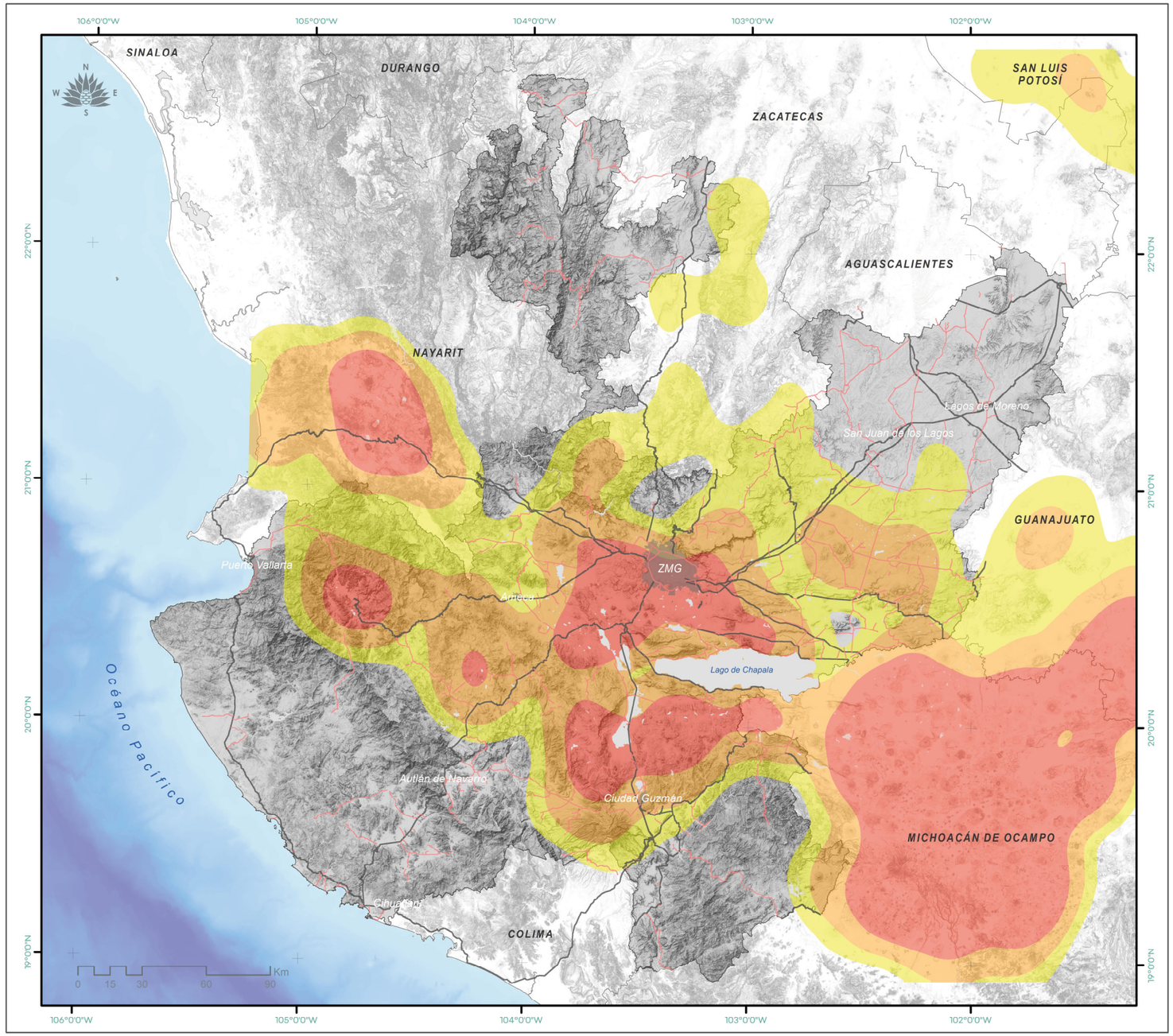
Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
INEGI, Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
USGS, Plataforma Ash3d, 2024
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Densidad de Estructuras Volcánicas GEO-E-12

Leyenda Temática

- 20- 60
- 70 - 200
- 300 - 800

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

SUS FUENTES

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Volcanes de México Escala 1:250,000, 2011
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.1.5.5. Vulnerabilidad y Riesgo

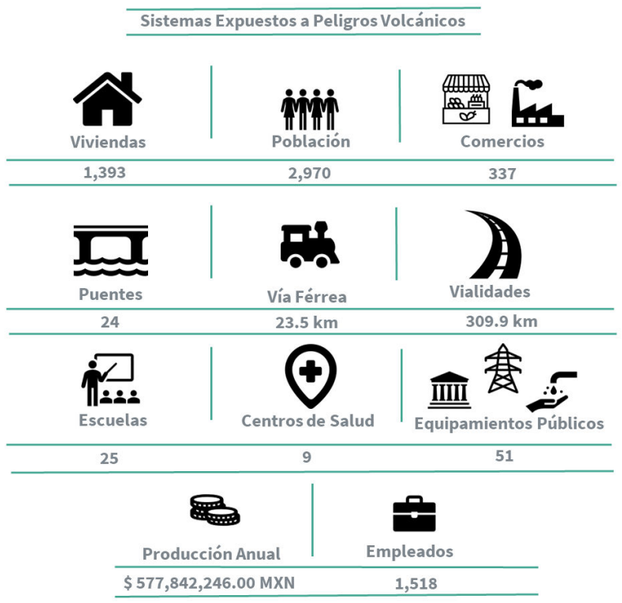
Vulnerabilidad ante la erupción del Volcán de Fuego.

El análisis indica que el depósito de cenizas se dirigiría mayormente hacia el este del volcán, afectando principalmente al Estado de Jalisco, así como partes de los estados de Colima y Michoacán. A nivel municipal se verían afectados 63 de los 125 municipios del estado, siendo los más afectados Tonila, Tuxpan y Zapotlán El Grande en donde podría haber depósitos de 17 hasta los 49 mm, la posible presencia de la nube volcánica sobre todo el estado a una altura promedio de 8 km y sus potenciales consecuencias como lo podrían generar. complicaciones respiratorias menores, síntomas oculares e irritación de la piel.

Un aspecto a considerar es que los sistemas hidrológicos se encuentran entre los más vulnerables a los peligros volcánicos, especialmente ante la amenaza de lahares. Las erupciones pueden derretir glaciares en la cima de los volcanes, desencadenando lahares que arrastran consigo sedimentos, rocas y material piroclástico. Estos flujos pueden obstruir ríos y arroyos, causando inundaciones y afectando a comunidades aledañas, como fue el caso de Atenquique.

Otras estructuras que se verían afectadas son las edificaciones, carreteras, puentes, ya que estos fenómenos podrían generar daños físicos, obstrucciones y fallos en su funcionamiento.

Imagen GEO-D-11 Representación gráfica de los sistemas expuestos a Peligros del Volcán de Fuego de Colima



Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024.

La interrupción de actividades comerciales y agrícolas debido a la presencia de ceniza volcánica puede causar pérdidas económicas significativas para los habitantes del municipio, así como para empresas locales y sectores clave de la economía. De acuerdo con la distribución espacial, se determina a la población, viviendas y estructuras expuestas, estas se encuentran descritas en la imagen GEO-D-10. De manera más detallada las poblaciones que se encuentran expuestas están descritas en la tabla GEO-D-3.

Tabla GEO-D-3 Poblaciones Expuestas a Peligros Volcánicos

Nombre	Población	Viviendas Totales
Tonila		
La Cofradía	72	51
Lomas del Pinar	4	34
La Esperanza	408	178
Los Guzmanes	7	1
Tenexcamilpa	231	81
La Curva del Guayabo	1	1
Crucero de San Marcos	28	20
La Nueva Esperanza	49	16
Los Pinitos	5	1
Campestre Paraíso	8	32
El Piloto	15	7
El Gallinero	7	60
Los Primos	3	1
Rancho el Cuate	1	1
Tuxpan		
Atenquique	744	288
Zapotitlán de Vadillo		
La Cruz	196	91
El Espinal	56	21
El Huacal	2	3
Mazatán	159	59
Paso de Alceseca (Mazatlán)	15	8
El Potrero	6	3
San José del Carmen	795	421
El Tecuán	125	50
Tlajomulco	4	2
El Borbollón	7	2
La Estancia	7	4
Las Galeanas	14	10

Realizado por Soluciones SIG SA. De CV, 2024. Con datos del censo de Población 2020

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Ceboruco

Según el análisis realizado, se proyecta que el depósito de cenizas se desplace predominantemente hacia el este-sureste del volcán, lo que podría afectar El sur de Nayarit y la parte Noroeste de Jalisco, .A nivel municipal se verían afectados 69 de los 125 municipios del estado, siendo los más afectados San Marcos y Hostotipaquillo en donde podría haber depósitos de 8 mm, la posible presencia de la nube volcánica sobre todo el estado a una altura promedio de 7 km y sus potenciales consecuencias como lo podrían generar. complicaciones respiratorias menores, síntomas oculares e irritación de la piel.

Un aspecto a considerar es que los sistemas hidrológicos se encuentran entre los más vulnerables a los peligros volcánicos, especialmente ante la amenaza de lahares. Para el volcán el ceboruco el río que podría presentar esta afectación es El Río Bolaños, que se encuentra en los límites de Jalisco y Nayarit, en el municipio de Hostotipaquillo.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Paricutín

De acuerdo con la simulación, se estima que el depósito de cenizas seguiría una dirección hacia el nor-noreste del volcán, afectando principalmente al Estado de Tlaxcala, así como a partes de los estados de Michoacán, Guanajuato y partes de Querétaro. De tal forma que el estado de Jalisco no se encontraría en la trayectoria directa de la ceniza, por lo que no se presenta ningún peligro por depósito de ceniza. No obstante, es relevante considerar la vulnerabilidad de la región frente a la presencia de nubes volcánicas y las potenciales implicaciones que estas puedan tener, como ya se ha mencionado en puntos anteriores. La nube volcánica arribará a la parte este del estado con una altura promedio de 7 km.

Vulnerabilidad ante el surgimiento de un volcán monogenético.

De acuerdo con la zonificación del campo volcánico monogenético activo del CENAPRED alcanza a cubrir 40% del área del Estado, incluye domos de lava y conos de ceniza inactivos que se encuentran dentro, así como otras estructuras volcánicas alrededor del área de estudio. La mayor concentración de estructuras volcánicas se encuentra al centro y sureste, dentro del límite, fuera de ellos a unos 10 km de distancia, se encuentra el campo volcánico Michoacán-Guanajuato. Conforme al análisis se puede estimar que la probabilidad de que surja un nuevo volcán monogenético en las inmediaciones del municipio es media.

Como se mencionó en el apartado de Peligro a Nivel Estatal el mayor peligro es la caída de ceniza volcánica, pero con base a la distribución espacial se determina la población, viviendas y estructuras expuestas descritas en la imagen GEO-D-10.

1.1.5.6. Propuestas de Reducción del Riesgo

Existen estrategias para gestionar los riesgos que amenazan a las áreas cercanas a volcanes activos. Las características y la intensidad de la actividad histórica y reciente de un volcán permiten diseñar programas específicos y efectivos.

Lo primordial sería el desarrollo de programas básicos de investigación geológica y geofísica. Estos programas posibilitan una caracterización integral y detallada del volcán, abarcando aspectos petrológicos, geoquímicos, estratigráficos y evolutivos. Con el fin de tener una comprensión más profunda del comportamiento eruptivo pasado, lo que a su vez permite prever el comportamiento futuro. Sin embargo, estas investigaciones pueden requerir meses o incluso años de trabajo arduo, y no siempre es posible realizarlas a tiempo, especialmente cuando los volcanes están activos.

Conociendo la naturaleza destructiva de la actividad volcánica en sus diversas manifestaciones, es crucial implementar medidas de prevención, reducción y protección para las poblaciones y los bienes materiales amenazados por una posible erupción. Esto incluye la adecuada preparación de la población ante desastres, planificando medidas de emergencia específicas, y fomentando una comunicación efectiva entre la comunidad científica, las autoridades de protección civil y la población potencialmente afectada.

Específicamente, en el caso del Volcán de Fuego, basado en los antecedentes, es fundamental evaluar la posibilidad de construir obras de mitigación contra los lahares como los son las presas Sabo en Shimabara, Japón. que han requerido estudios técnicos y científicos de alto nivel. Aunque estos estudios y la construcción de infraestructura pueden llevar años y una erupción podría ocurrir antes.

En el presente, el conocimiento del mapa de amenazas, las rutas de evacuación, la identificación de sitios seguros y la posibilidad de reubicación de comunidades expuestas, son las mejores opciones para enfrentar una posible erupción.

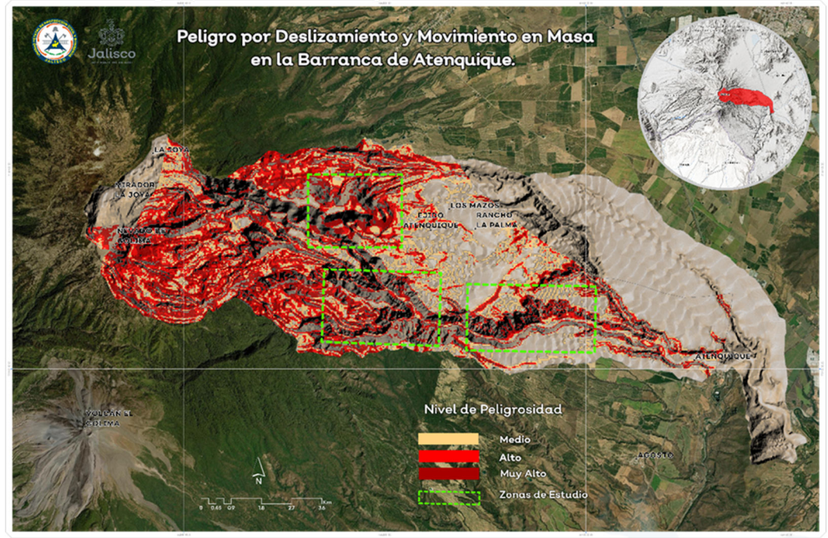
Para este efecto se señala la necesidad de priorizar la reubicación de Atenquique a una posición externa a la barranca en donde está situado.

De igual forma en el análisis de sistemas expuestos, se señalan las vialidades potencialmente afectables ante una situación de gran proporción, lo cual comprometería la viabilidad de los operativos de evacuación de las 28 localidades expuestas.

En ese sentido, las rutas de evacuación están claramente definidas en el Plan Volcán Colima, elaborado por la UEPCB. Es crucial continuar difundiendo este plan y realizar simulacros con la población para prepararlos ante las diversas amenazas que puede provocar el Volcán de Colima, como la caída de ceniza, los lahares, entre otros.

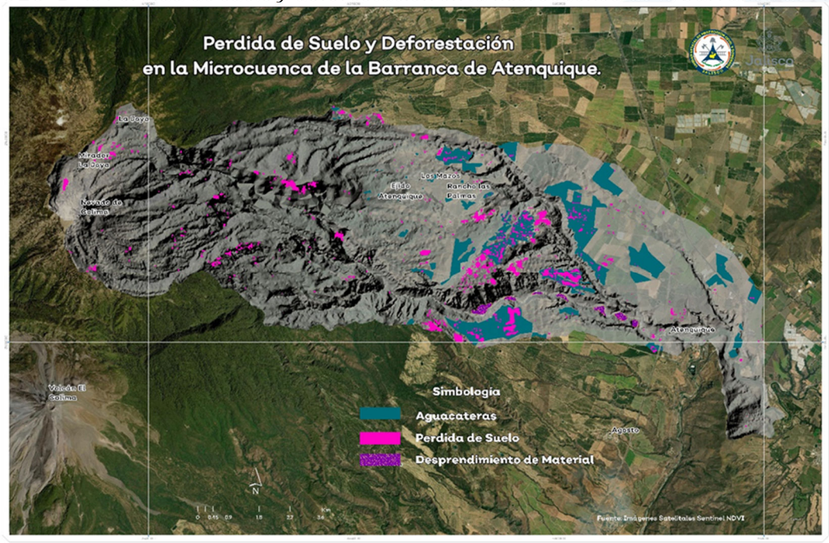
El gobierno del Estado de Jalisco, a través de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos, ha desarrollado un análisis multicriterio que incluye la caracterización del medio físico, la pérdida de suelo, la erosión, el cambio de uso de suelo y los deslizamientos de laderas. Además, se han obtenido imágenes de alta resolución mediante un dron de ala fija para determinar el nivel de peligro por lahar en la barranca de Atenquique. Esta información permite posicionar el monitoreo visual, sísmico y meteorológico, y establecer un sistema de alerta temprana para la población de Atenquique. Ejemplos de estos análisis se pueden ver en las imágenes GEO-D-12 a GEO-D-16.

Imagen GEO-D-12 Peligro por deslizamiento y movimiento de masa en la barranca de Atenquique



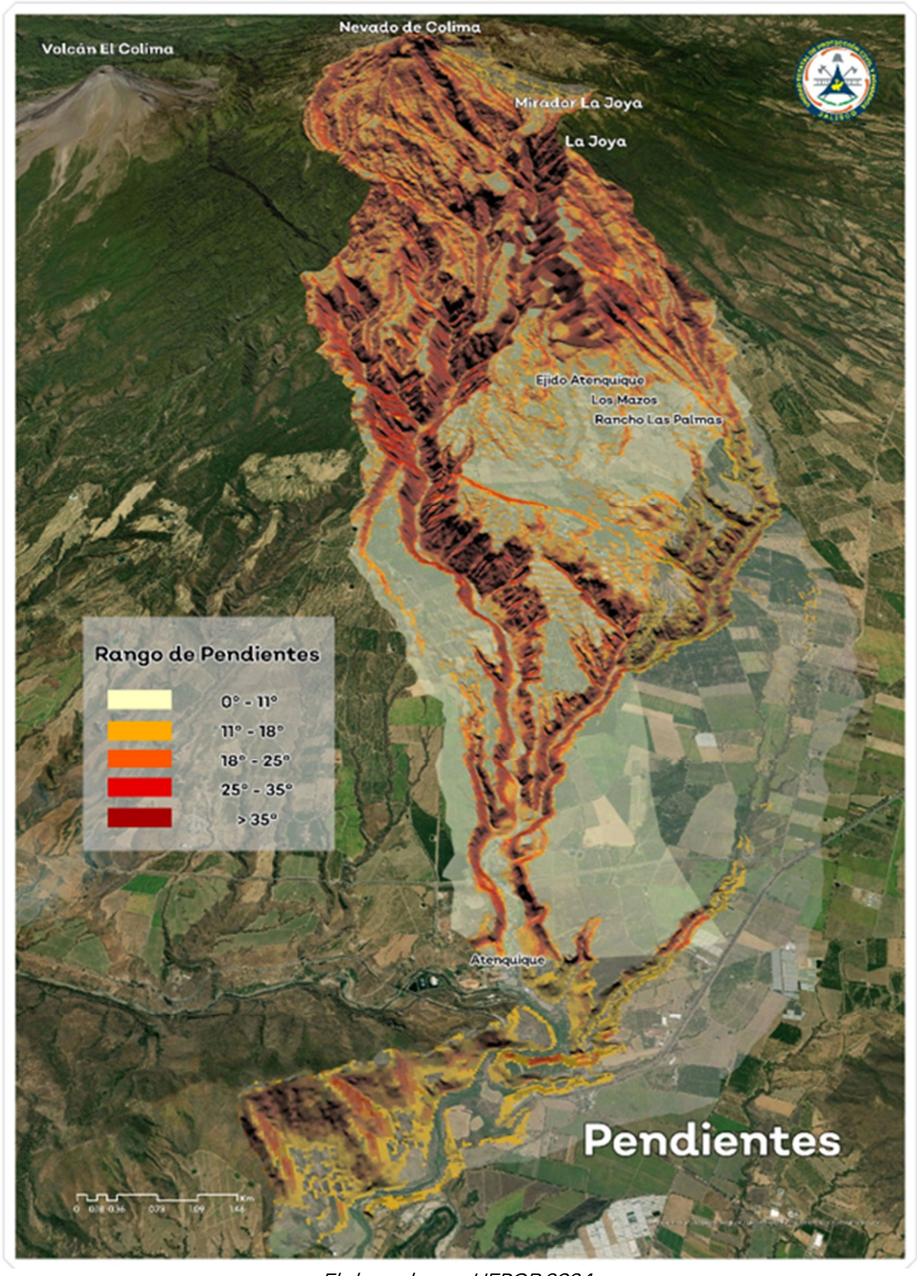
Elaborado por UEPCB,2024

Imagen GEO-D-13 Pérdida de suelo y deforestación en la microcuenca de la barranca de Atenquique



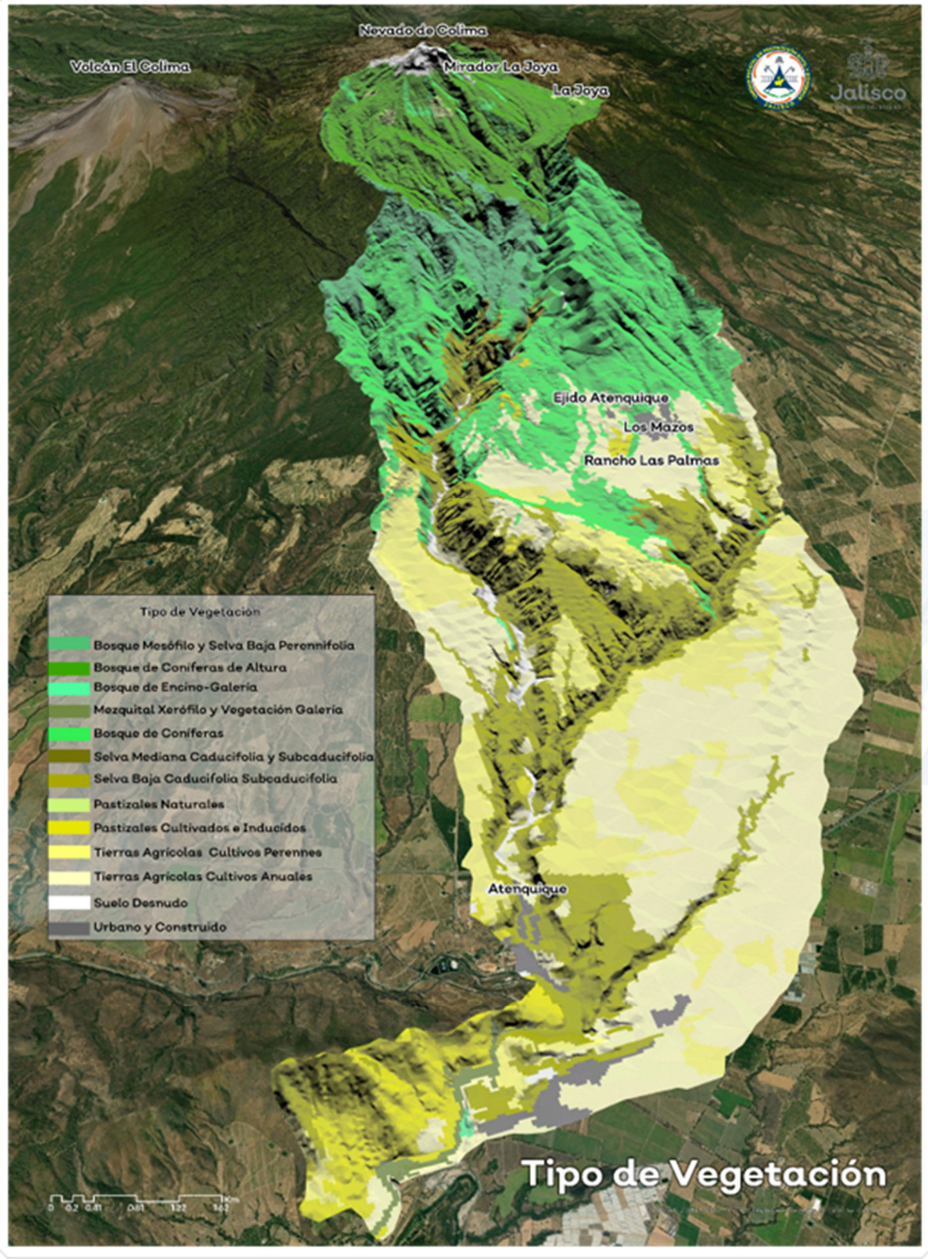
Elaborado por UEPCB,2024

Imagen GEO-D-14 Mapa de pendientes de la barranca de Atenquique



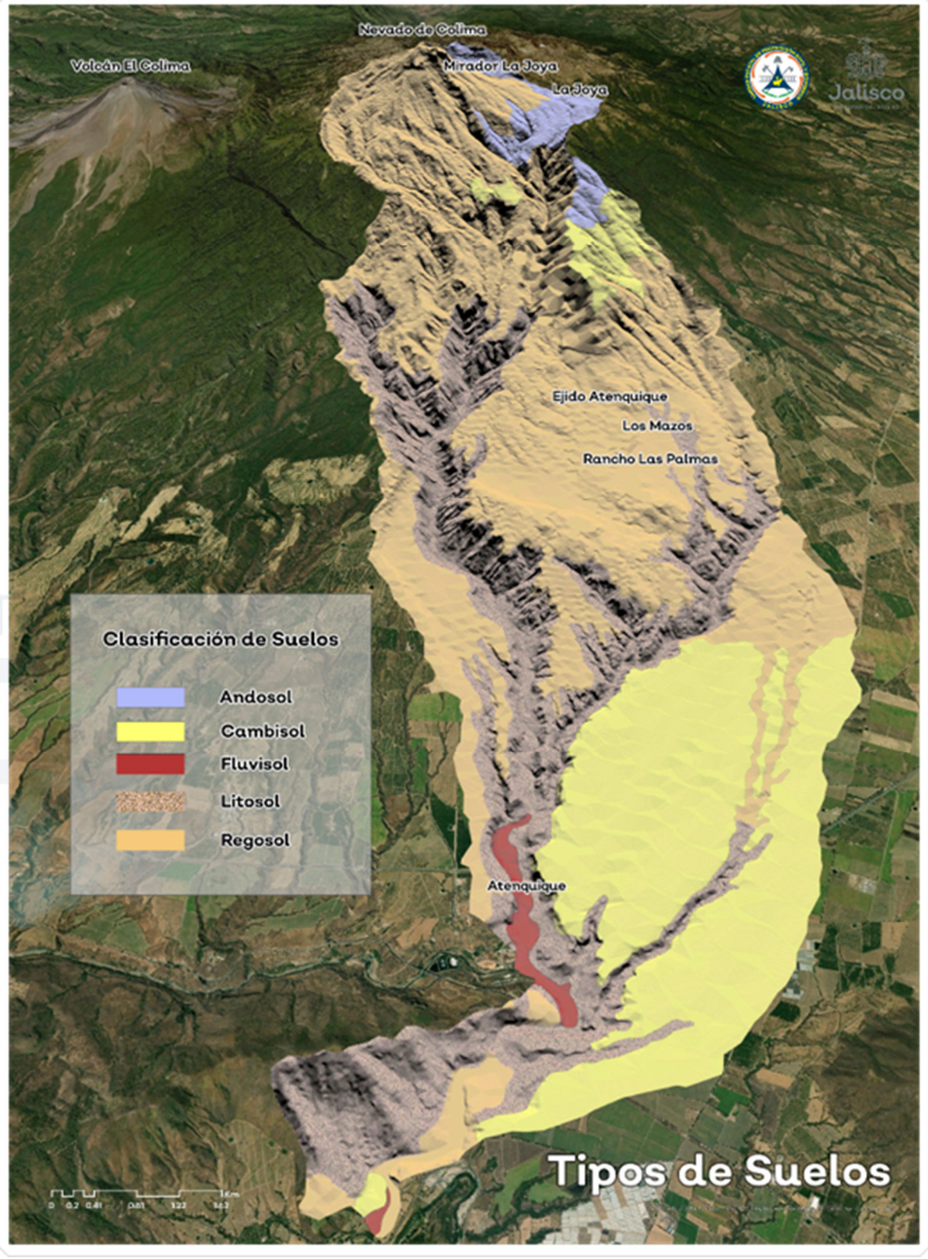
Elaborado por UEPCB,2024

Imagen GEO-D-15 Tipo de vegetación en la barranca de Atenquique



Elaborado por UEPCB,2024

Imagen GEO-D-16 Tipos de suelo en la barranca de Atenquique



Elaborado por UEPCB,2024

Caldera la Primavera.

Un factor crucial a considerar dentro de los peligros volcánicos es la caldera de La Primavera (Coli). Las calderas, como tipos de volcanes, son mucho más peligrosas que los estratovolcanes, como lo son los volcanes de Colima y el Seboruco. Las calderas explotan de manera violenta con muy poco aviso. Los avisos muchas veces son sutiles. Si la caldera sufre otro evento piroclástico, los resultados podrían ser enormemente importantes, hasta catastróficos, para Guadalajara

Dados los alcances de este documento, no fue considerado realizar una caracterización detallada del sitio. Sin embargo, mediante información periodística y testimonios de la Unidad de Protección Civil, se ha confirmado la existencia de sistemas de aguas termales y lodos calientes en la región.

La presencia de aguas termales en una región puede ser un indicativo de la actividad volcánica subyacente, siendo común encontrar estas fuentes en zonas con volcanes activos o dormidos.

Importancia del Monitoreo de Fluidos Hidrotermales

Los fluidos (gases y agua) liberados desde el sistema hidrotermal pueden proporcionar valiosa información sobre los cambios en el comportamiento de los volcanes. Por esta razón, es esencial monitorear estos fluidos periódicamente. El análisis de la composición y la temperatura de los gases y aguas termales puede revelar indicios tempranos de actividad volcánica, lo que permite tomar medidas preventivas adecuadas.
Necesidad de Estudios Detallados

Se requieren estudios geológicos, geofísicos y geoquímicos más detallados y actualizados para evaluar con precisión la situación en La Primavera. Estos estudios deben enfocarse en aspectos como:

- Temperatura del subsuelo: Medición y monitoreo de la temperatura para detectar anomalías térmicas.
- Permeabilidad y contenido de fluidos: Análisis de la permeabilidad del terreno y la composición de los fluidos hidrotermales.
- Concentraciones de elementos tóxicos: En la zona de Cerritos Colorados, se han detectado concentraciones significativas de mercurio y arsénico, lo que representa un riesgo considerable debido a la contaminación ambiental asociada. Es fundamental investigar y evaluar la fuente y el alcance de esta contaminación para implementar medidas de mitigación efectivas.

La caldera de La Primavera representa un componente significativo de los peligros volcánicos en la región. La presencia de estos sistemas hidrotermales no solo subraya la actividad geotérmica subyacente, sino que también plantea riesgos ambientales que deben ser abordados. Mediante estudios exhaustivos y monitoreo continuo, es posible mejorar la comprensión del comportamiento volcánico y geotérmico de la zona, permitiendo una gestión más efectiva de los riesgos y la protección de las comunidades locales.

Sistema de Alertamiento Volcánico

El gobierno del Estado de Jalisco, a través de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos (UEPCB), implementó en 2005 un sistema de monitoreo visual con cámaras en el Observatorio del Nevado de Colima. En 2019, se añadió instrumentación especializada para analizar el comportamiento térmico y sísmico del volcán. Actualmente, seis cámaras permiten la vigilancia visual, proporcionando información sobre las condiciones meteorológicas, nubosidad y posibles exhalaciones, así como el incremento térmico del Volcán de Colima.

Imagen GEO-D-17 Sistema de Alertamiento



Elaborado por UEPCB,2024

El monitoreo sísmico está compuesto por tres estaciones ubicadas en la zona volcánica. Los datos recolectados son almacenados, procesados y analizados en tiempo real y post-evento mediante el software SEISCOMP. Estas estaciones permiten el seguimiento de sismos, algunos de los cuales podrían originarse en la actividad interna del volcán. Los especialistas analizan estos datos para determinar su origen, siendo parte integral de la Red Sísmica del Estado de Jalisco.

Imagen GEO-D-D12 Monitoreo visual, meteorológico y térmico en El Volcán El Colima, Observatorio en el Nevado de Colima de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco.

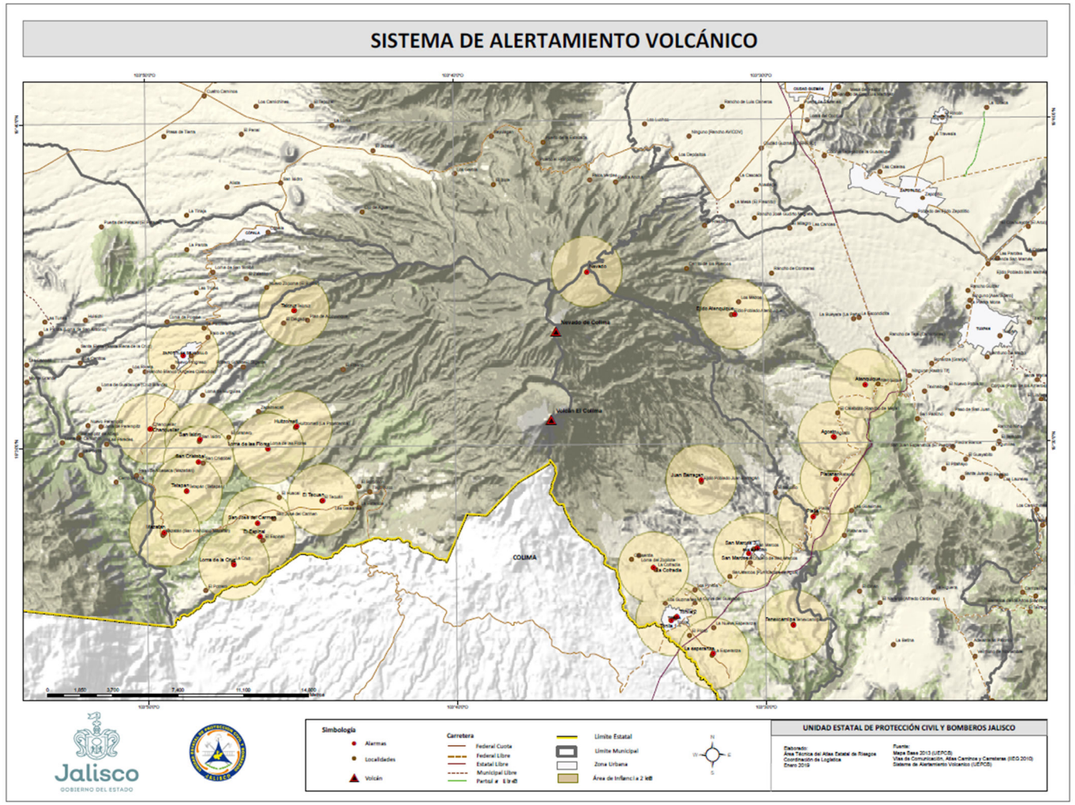


Elaborado por UEPCB,2024

La jefatura de monitoreo de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco elabora reportes y boletines informativos cuando se detecta actividad relevante o extraordinaria en el volcán o el Parque Nacional Nevado de Colima. Esto incluye exhalaciones volcánicas, caída de nieve o lluvia. Además, se monitorean las barrancas de La Arena en el municipio de Tonila y la Barranca de Atenquique en el municipio de Tuxpán, donde podrían ocurrir lahares y flujos de lodo.

Desde octubre de 2005, Jalisco cuenta con el Sistema de Alertamiento Volcánico, compuesto por 27 alarmas distribuidas en las comunidades de Tonila, Zapotitlán de Vadillo y Tuxpan, cercanas al Volcán de Colima. Estas alarmas están clasificadas según el nivel de activación y las amenazas potenciales debido al aumento de actividad volcánica, permitiendo la emisión de alertas tempranas para proteger a la población.

Imagen GEO-D-D13 Sistema de Alertamiento Volcánico.



Elaborado por UEPCB,2024

ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

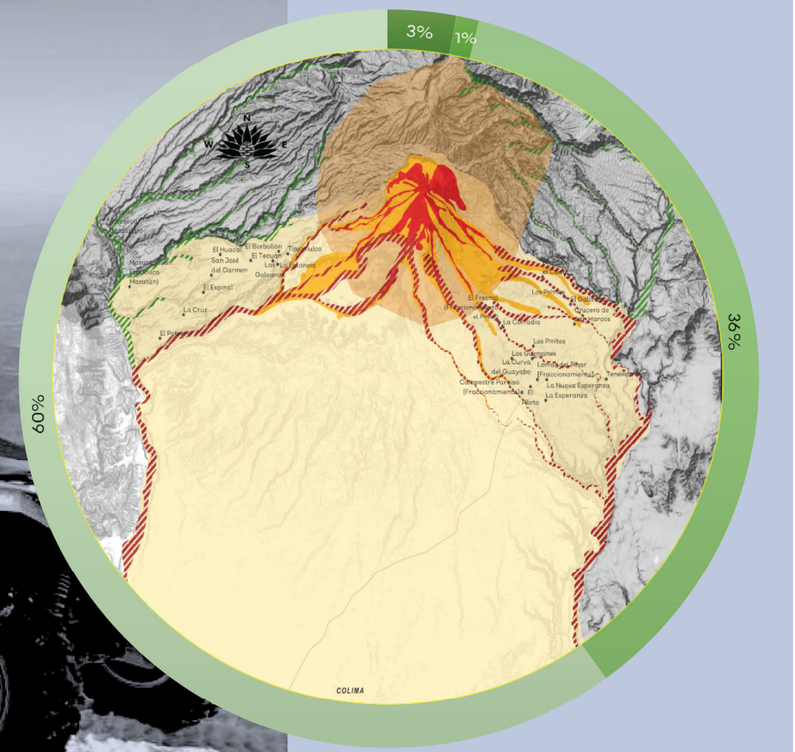
Volcán de Fuego

El Volcán de Colima, situado entre Colima y Jalisco, es un estratovolcán andesítico de 3860 msnm. y forma parte del Complejo Volcánico de Colima. Es el volcán más activo de México, con erupciones registradas desde 1560 hasta 2017.

5 principales tipos de vegetaciones expuestas

- Praderas
- Sin vegetación aparente
- Forestal
- Agricultura

16 de Octubre de 1955, Lahar en Atenquique



1, 393 viviendas

27 localidades en 3 municipios

85 equipamientos

Población potencialmente expuesta 2,970

309.9 km Vialidades

En caso de suspensión de actividades

1, 518 empleados expuestos

337 establecimientos económicos

$577, 842, 246.00MNX perdida potencial anual

Tipos de amenazas clasificadas:

- Detritos y lahares
- Flujos de lava
- Flujos piroclásticos
- Proyectiles balísticos
- Avalancha de escombrosvolcánicos
- Nube volcánica
- Depósito de ceniza volcánica

1.2. Fenómenos químico tecnológicos

1.2.1. Almacenamiento de sustancias peligrosas

Los fenómenos Químico-Tecnológicos serán relacionados con las actividades humanas e industriales, ya que es la ocupación del suelo y las prácticas económicas las que condicionan el desarrollo de fenómenos que afectan la normalidad física del territorio de los fenómenos químico-tecnológicos el peligro se define como la capacidad intrínseca de una sustancia química de causar daño o afectación a las personas, a las propiedades y al ambiente. Esta definición de peligro no involucra periodos de retorno ni intensidades, sin embargo, el proceso de análisis de riesgo incluye la probabilidad de que suceda un accidente o evento determinado, así como las probabilidades de daño a la población.

1.2.1.1. Introducción

Los riesgos químicos se presentan debido al manejo y almacenamiento de sustancias químicas y/o materiales peligrosos que se llevan a cabo por actividades industriales, comerciales o de servicio. En la imagen QTC-A-1 se muestran las principales causas para que ocurran estos accidentes.

Imagen QTC-A-1. Principales causas de accidentes con manejo de sustancias peligrosas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Al ocurrir estos accidentes con sustancias químicas provocan efectos negativos sobre la población, ya que pueden causar lesiones, invalidez, intoxicación o enfermedad, a corto o mediano plazo. También provoca contaminación del suelo, aire, agua superficial y subterránea. Además, ocasionan daños en construcciones, en equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios. Todo esto ocasiona una pérdida económica, debido a la suspensión de actividades productivas, pérdida de empleos, gastos de reconstrucción de viviendas y servicios públicos, así como gastos en el auxilio de la población afectada.

1.2.1.2. Antecedentes del Fenómeno

A continuación se muestran antecedentes en algunas industrias por el manejo de sustancias peligrosas, dentro del Estado de Jalisco.

03 de Septiembre de 2021 (UDGTV, 2021)	En Lagos de Moreno, fueron evacuadas 300 personas por derrame de Metabisulfito de sodio al 30%, esto ocurrió en una industria de plásticos industriales, ya que el tanque de almacenamiento se llenó más de su capacidad.	
01 de Noviembre de 2023 (Jornada, 2023)	Se atendieron decenas de reportes por olor a hidrocarburos o químicos solventes en el drenaje, en varias colonias de la capital jalisciense. Se inició una investigación para determinar si se trató de una descarga industrial y de qué tipo.	
30 de Diciembre de 2023 (Informador, 2023)	Incendio en fabrica de químicos en la colonia Ferrocarril, Guadalajara. Tras el accidente se derramaron ácidos y sosa cáustica a la vía pública, solicitando personal del SIAPA.	
13 de Marzo de 2020 (UDGTV, 2020)	Fuga de nitrógeno deja dos personas fallecidas en Fabrica Nestlé Nantli, Ocotlán. Tras el accidente se suspendieron operaciones en la fábrica.	

1.2.1.3. Metodología y Memoria de Cálculo

En una primera etapa y de acuerdo con el listado del Anexo 18 de La Guía de Contenido Mínimo, se identificaron todas aquellas actividades industriales y comerciales del Estado que mantienen un peligro o riesgo debido al manejo de sustancias peligrosas. Estas se consultaron a partir del Directorio Nacional de Unidades Económicas (DENUE) de INEGI 2020, en el cual se encuentran las actividades por sector económico, y de las cuales se localizan a partir de la clave de actividad. La

distribución de actividades se proyectó en el programa ArcMap 10.7 en un mapa de puntos, para entender las concentraciones de cada uno de estos sitios dentro del Estado.

También se identificaron los principales parques industriales que se encuentran en el Estado, esto a partir de la identificación de ubicaciones con la imagen satelital de Google Earth Pro, así como con la ayuda de la información de que comparte Geocomunes sobre Corredores industriales en México que se elaboró en el 2020. Con esto se trazaron polígonos en Google Earth Pro, para dimensionar la extensión con la que cuenta cada Parque industrial. Es importante mencionar que no se realizaron los polígonos de todas las industrias que se encuentran alrededor de estos parques industriales, ya que la información se complementa con el primer mapa de Actividades industriales y comerciales del DENUE.

En una segunda etapa se realizaron escenarios de posibles accidentes, debido a que fue posible visitar alrededor de 36 empresas pertenecientes al Estado de Jalisco, para la ruta de campo se seleccionaron los municipios **Arandas, Atotonilco el Alto, Ocotlán, Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, El Salto, Zapotlanejo, Tonalá, Guadalajara, Zapopan, San Pedro Tlaquepaque, Acatlán de Juárez y Tala,** ya que estos sitios cuentan con un gran número de industrias, sin embargo existen otros municipios con un concentrado de industrias que manejan sustancias peligrosas.

El objetivo de las visitas a las industrias nos permitió recopilar información acerca de las sustancias que se manejan en las industrias catalogadas como de peligro o riesgo, de acuerdo a lo establecido en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, considerando:

- El primer listado de actividades altamente riesgosas DOG 28 de marzo 1990
- El segundo listado de actividades altamente riesgosas DOG 4 de mayo de 1992

Además, se consideraron las instalaciones y actividades contempladas en el campo de la aplicación de las siguientes normas oficiales mexicanas y disposiciones legales:

- NOM-003-SECRE-2011 Sistemas de distribución de gas natural y de gas LP por ductos
- NOM-007-SECRE-2010 Sistemas de transporte de gas natural por medio de ductos
- NOM-013-SECRE -2012 Terminales de almacenamiento de gas natural licuado
- NOM-028-STPS-2012 Sistema para la administración del trabajo-seguridad en los procesos y equipos críticos que manejan sustancias químicas peligrosas

A partir de los sitios identificados se tomaron datos específicos en fichas, tal como se muestra en la imagen QTC-A-2.

Imagen QTC-A-2. Ficha de datos del almacenamiento de sustancias peligrosas

Nombre de la persona que realiza el levantamiento:			
Nombre de la Industria o empresa:			
Tipo de Actividad que realiza:			
Número de personal en planta:	Operativo:		
Sustancia que se almacena:			
Cantidad de la sustancia:			
Proceso en el que se utiliza la sustancia:			
Sustancia reactiva durante el proceso:			
Estado de la sustancia	Liquido	Gas	
Temperatura dentro del tanque [c°]	Temperatura ambiente [c°]	Temperatura [c°]	
Temperatura del tanque en proceso [c°]			
Características del tanque de almacenamiento			
Coordenadas:			
Tipo de tanque y orientación	Cilindro Horizontal	Cilindro Vertical	Esfera
Medidas	Diámetro:	Longitud:	Volumen:
Cedula del tanque			
Tipo de material			
Presión de entrada			
Presión de salida			
Altura de la válvula de entrada			
Altura de la válvula de salida			
% De llenado de tanque			
Tipo de válvula			

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Las fichas de campo nos permitió introducir los datos del almacenamiento de la sustancia en un Software, que cumple con la función de realizar simulaciones de posibles accidentes, además se introdujeron datos atmosféricos de cada uno de los municipios, con todos los datos anteriores se decidió elegir un **Escenario Alternativo**, ya que como lo indica CENAPRED se conocen las condiciones locales.

Los software que se utilizaron para realizar las modelaciones fueron SCRI-FUEGO, SCRI - MODELOS y ALOHA, cada uno tiene características diferentes para realizar los escenarios y se describen a continuación.

El sistema SCRI-FUEGO simula escenarios de FlashFire, FireBall, Pool Fire, Jet Fire, y un equivalente al TNT. Los modelos se basan en metodologías publicadas en EPA y AICHE y se probaron extensivamente en tablas de resultados del manual EPA de RMP (Risk Management Program) y del TCPA (ToxicCatastrophePreventionAct de EPA-New Jersey).

El sistema SCRI-MODELOS simula Emisiones Continuas Puntuales (Chimeneas) y de Áreas, derrames con evaporación a nivel del suelo (continuos y finitos), chorro horizontal elevado (continuos y finitos), chorro vertical elevado o chimenea (continuos y finitos), emisión instantánea de una fuente de área, derrame de líquidos (continuos, finitos e instantáneos), nubes explosivas, etc. El software se utiliza actualmente por la PROFEPA y por más de 400 empresas y de Universidades en México y en el extranjero.

El software ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) de modelación de la EPA (Enviromental Protection Agency de los Estados Unidos), integra un modelo gaussiano para predecir la dispersión de sustancias, objeto de estudio, que describe el transporte y la mezcla de las sustancias en el aire y es la aproximación computarizada más aceptada para calcular la concentración de contaminantes en un punto determinado, para que estas modelaciones den como resultado los radios máximos de afectación probable, creando un escenario crítico de las situaciones de riesgo.

Para finalizar, se identificaron todas las gasolineras y gaseras que tiene el Estado, consultando las ubicaciones que el DENUE posee, pero de igual manera se solicitaron los registros con los que cuenta el área de Supervisión, Vigilancia y Asesoría, esto para comparar si el sitio de INEGI y el la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos cuentan con las mismas ubicaciones o hay una diferencia entre los datos de una fuente y otra.

Por otra parte, con base en la base de datos de las industrias localizadas por personal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco, que concentran un listado de las diferentes empresas, industrias y giros económicos que almacenan dentro de sus instalaciones sustancias químicas peligrosas, que, con base en el documento "Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México" publicado por CENAPRED, se clasifican en 14 sustancias que se utilizan en distintos usos y procesos de obtención.

Los resultados de la base de datos son los siguientes:

Tabla QTC-A-1. Usos y giros con almacenamiento de Gas LP

Uso	# de giros
Doméstico	92
Comercial	28
Industrial	95
Agrícola	-
Automotriz	3
Otros (Materia prima para fabricar plástico, hule sintético, productos químicos, etc.)	5
Total	162

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Cabe destacar que el uso doméstico ocupa el primer lugar en almacenamiento de Gas Lp, con un total de 92 estaciones de carburación. En seguida del uso doméstico se encuentra la industria tequilera que comprende el mayor número de sitios con almacenamiento de esta sustancia entre los diferentes usos en lo que se emplea dicha sustancia.

Para el caso del amoniaco, los resultados fueron los siguientes:

Tabla QTC-A-2. Usos y giros con almacenamiento de Amoníaco

Uso	# de giros	Uso	# de giros
Refrigerante	61	Fab. de químicos: nitrilo acrílico y sales de amonio	-
Fabricación de fertilizantes (abonos nitrogenados)	-	Eliminación de de monóxidos de nitrógeno de gases de escape de combustión	-
Fabricación de explosivos	-	Fines de neutralización	-
Fabricación ácido nítrico	-	Productos farmacéuticos	2
Industrias orgánicas, de colorantes, plásticos, fibras sintéticas, drogas, etc.	-	Fabricación de pegamentos	-
Fabricación de caprolactama	-	Plateado de espejos	-

Total: 63

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

De las 12 clasificaciones en las que se emplea el uso del amoniaco, solamente dos tienen registro de almacenar esta sustancia, destacando en mayor medida a su utilización como refrigerante, los cuales son 61 establecimientos, en su mayoría empresas dedicadas a la elaboración y distribución de hielo y empresas dedicadas al giro alimenticio.

En su caso, el ácido sulfúrico obtuvo los siguientes resultados:

Tabla QTC-A-3. Usos y giros con almacenamiento de Ácido sulfúrico

Uso	# de giros	Uso	# de giros
Fertilizantes superfosfatos, superfosfato de calcio, sulfato de amonio	4	Producción de sulfato de cobre	-
Sales sulfatadas	-	Prod. de ácido para acumuladores	-
Celofán, rayón.	-	Prod. de sulfato de cromo	1
Ácido clorhídrico, ácido nítrico	1	Potabilización de agua: para producir sulfato de aluminio a partir de bauxita	-
Tintes, pigmentos	-	Detergentes: en la sulfonación de dodecilbenceno, que es la materia prima básica para la mayoría de los detergentes utilizados en el hogar y la industria	-
Explosivos	-	Refinación de petróleo: para las calderas y procesos químicos	
Tratamiento de agua industrial	-	Generación térmica de energía: para el tratamiento de las calderas	10
Blanqueado de minerales	-	Industria minera para extraer elementos como cobre, níquel y hierro	2
		Total: 18	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Existen 18 giros que almacenan en sus instalaciones ácido sulfúrico, sin embargo, dentro de la base de datos se encontraron 21 establecimientos que no precisamente utilizan el ácido sulfúrico en una de las clasificaciones anteriormente mencionadas, sino, con otros fines y cuentan con cantidades considerables de dicha sustancia almacenada, sin embargo, no se especifica el uso o fin en la que es utilizada la sustancia. Estos giros corresponden a: fábricas de productos químicos 2; Cromadora 1; recuperación de papel 1; empresa de empaques 7; fabricación de tubos de acero de carbón 1 y la fabricación de elementos de suspensión automotriz 1. Estos resultados en conjunto con los de la tabla anterior, dan un resultado de 39 giros con almacenamiento de ácido sulfúrico.

El cloro presentó los siguientes resultados:

}

Tabla QTC-A-4. Usos y giros con almacenamiento de Cloro

	Uso	# de giros	Uso		# de giros
Industria automotriz	Espuma de asientos	1	Prod. de metales	Magnesio	-
	Pintura	-		Níquel	-
	Barnices	-		Bismuto	-
	Parachoques de resina	-		Titanio	-
Indus. de la construcción	Pisos	-		Circonio	-
	Pinturas	-		Zinc	-
	Barnices	-	Tratamiento de agua	Agua potable segura	12
Indus. electrónica	Semiconductores	-		Tratamiento de aguas residuales	24
	Discos para computadora	-	Prod. de plástico	Prod. de cloruro de vinilo, compuesto orgánico que se emplea principalmente en la síntesis del policloruro de vinilo, conocido como PVC.	-
	Aislamiento de hilos	-	Otros	Empuñaduras de palos de golf	-
Indus. química	Herbicidas	-		Tablas de surf	-
	Vitaminas B1 y B6	-		Cuerdas de nylon	-
	Detergentes	-		Tiendas de campaña	-
	Desinfectantes	1		Sacos de dormir	-
	Aislamiento térmico	-		Gabanes	-
	Empaque estéril	-		Mochilas	-
	Reactivos de laboratorio	-		Instrumentos electrónicos	-
Medicamentos	Antibióticos	-		Equipos quirúrgicos	-
	Tratamiento del cáncer	-		Objetos de uso ocular	-
	Moderadores de dolor	-		Productos de limpieza	1
	Anestesias locales	-			
	Antihistamínicos	-			
	Descongestionantes	-			
	Total: 39				

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

El almacenamiento y uso del cloro se encuentra concentrado principalmente en el tratamiento del agua, siendo las purificadoras de agua para consumo y las plantas de tratamiento de aguas residuales con 12 y 24 sitios respectivamente que contienen esta sustancia. Sin embargo, se encontraron 6 giros en los que aunque no se encuentra precisamente dentro de la clasificación también almacenan esta sustancia para diferentes usos, los cuales, no se encuentran descritos en la base de datos. Se utiliza en: Tequileras (3); Fabricación de bolsas de polietileno (1); producción de ácido clorhídrico (1) y para la obtención de cloro gas (1).

Dentro de los resultados del almacenamiento del hexano, los resultados fueron los siguientes:

Tabla QTC-A-5. Usos y giros con almacenamiento de Hexano

Uso	# de giros
Extracción de aceite de semillas (girasol, soya)	4
Agente para limpiar en imprentas, en industrias textiles, de muebles y de calzado	2
Determinar índice de refracción en los minerales	-
Llenado de termómetros en lugar de mercurio usualmente con un colorante rojo o azul	-
Solvente para barnices, pegamentos, cemento y tintas	3
Total	9

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Dentro de los registros de la base de datos se identificaron dos sitios en los que se encuentra el almacenamiento de hexano, esto para su compra y venta de productos químicos para distintos usos y aplicaciones.

Para el caso de la gasolina, los resultados corresponden a los siguientes:

Tabla QTC-A-6. Usos y giros con almacenamiento de Gasolina

Uso	# de giros
Combustible para los vehículos automotores y aviones con motores de combustión interna de alta y baja relación de compresión	489
Solvente industrial	14
Total	503

Se identificaron 489 estaciones de servicio y gasolineras en las que se brinda el servicio de abastecimiento de gasolina, los restantes corresponden a giros en los que se le da un uso de solvente. Con registros de almacenamiento de acetona se identificaron los siguientes:

Tabla QTC-A-7. Usos y giros con almacenamiento de Acetona

Uso	# de giros
Solvente para grasas, aceites, ceras, resinas, caucho, plásticos, lacas, barnices	16
Manufactura de metil isobutil cetona, ácido acético, cloroformo, yodoformo, bromoformo, diacetona alcohol, rayón, películas fotográficas, metacrilato de metilo, isopropanol y bisfenol A	4
Producción de explosivos	-
Total	20

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

La acetona se encuentra en 16 giros que principalmente lo utilizan como solvente para la fabricación de distintos productos.

En el caso del metanol, los resultados fueron los siguientes:

Tabla QTC-A-8. Usos y giros con almacenamiento de Metanol

Uso	# de giros
Anticongelante en radiadores de automóviles y frenos neumáticos	1
Solvente industrial, para nitrocelulosa, etilcelulosa, butiralpolivinilo	2
Fabricación de película fotográfica, plásticos, jabones, textiles, tintes de madera, tejidos con capa de resina sintética, cristal inastillable y productos impermeabilizantes.	4
Es materia prima para la elaboración de formaldehído y esteres metílicos de ácidos orgánicos e inorgánicos	1
Total	8

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

El resultado fueron 8 giros en los que el uso del metanol es implementado.

Para el caso del alcohol isopropílico los resultados fueron los siguientes:

Tabla QTC-A-9. Usos y giros con almacenamiento de Alcohol isopropílico

Uso	# de giros
Solvente para gomas, laca, aceites esenciales, productos cosméticos	3
Manufactura de acetona, glicerol, acetato isopropílico, isopropilamina y propilato de aluminio	3
Lociones para manos y para después de rasurarse, y cosméticos similares	3
Anticongelante en aceites y tintas	2
Ingrediente líquidos, limpia cristales, aromatizante sintético de bebidas no alcohólicas y alimentos	2
Fabricación de agua oxigenada, misma que se encuentra en los tintes para el pelo, y que además se emplea como desinfectante en medicina.	2
Total	15

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Y, por último, los resultados obtenidos para el óxido de etileno son los siguientes:

Tabla QTC-A-10. Usos y giros con almacenamiento de Óxido de etileno

Uso	# de giros
Manufactura de piel artificial, películas, placas fotográficas, seda artificial, perfumes y limpiadores de telas	3
Aromatizante en productos farmacéuticos y alimentos	1
Total	4

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En síntesis, se lograron identificar 10 sustancias peligrosas que se encuentran almacenadas en distintos giros ubicados en diversos municipios del estado de Jalisco, aunque, no se descarta la posibilidad de que existan más sitios en los que cuenten con almacenamiento de más sustancias, por lo que se exhorta a las autoridades competentes a mantener actualizado este catálogo de giros y las cantidades de sustancias para que no se manejen fuera de los lineamientos pertinentes y regulados bajo la ley.

1.2.1.4. Fichas de Campo

En las siguientes fichas se describen los datos que se utilizaron para realizar las modelaciones de posibles accidentes en cada una de las industrias, especificando en cada ficha la sustancia que se almacena, así como los datos de la fuente de emisión, los datos atmosféricos del municipio donde se encuentra la industria y el resultado de la modelación que corresponde a la zona de amenaza.

BACHOCO (AMONIACO)

Amoniaco (gas)	Bachoco	Atotonilco el Alto	Amoniaco (gas)	Bachoco	Atotonilco el Alto
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.8 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 26°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 1.78 m **Longitud:** 3.02 m **Volumen tanque:** 7485.8 L **Temperatura interna:** 31 °C **Presión interna:** 170 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 5 min **Cantidad de liberación:** 59.4 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 51 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 132 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 294 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.8 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 36°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 1.78 m **Longitud:** 3.02 m **Volumen tanque:** 7485.8 L **Temperatura interna:** 31 °C **Presión interna:** 170 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 5 min **Cantidad de liberación:** 29.3 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 55 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 140 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 312 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)			**Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)**		

AGYDSA (ANHÍDRIDO ACÉTICO)

Anhídrido acético (Líquido)	AGYDSA	Zapotlanejo	Anhídrido acético (Líquido)	AGYDSA	Zapotlanejo
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.30 m **Longitud:** 3.6 m **Volumen tanque:** 14957 L **Temperatura interna:** 31°C **Tanque al** 50% de lleno **Abertura circular:** 1 pulga **Altura de la abertura del tanque:** 0.46 m **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 87.3 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 15 m (100 ppm = ERPG-3) **Zona naranja:** 74 m (15 ppm = ERPG-2) **Zona amarilla:** 471 m (0.5 ppm =ERPG-1)	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.6 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano y forestal	**Datos de la fuente** **Diámetro:** 2.3 m **Longitud:** 3.6 m **Volumen tanque:** 14,957 L **Temperatura interna:** 32° C **Tanque al** 50% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Altura de la abertura del tanque:** 0.46 m **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 102 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 15 m (100 ppm = ERPG-3) **Zona naranja:** 74 m (15 ppm = ERPG-2) **Zona amarilla:** 471 m (0.5 ppm =ERPG-1)
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación			**El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación**		

AGYDSA (HIDRÓGENO)

Hidrógeno (Gas)	AGYDSA	Zapotlanejo	Hidrógeno (Gas)	AGYDSA	Zapotlanejo
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 1.76 m **Longitud:** 10.481 m **Volumen tanque:** 25,500 L **Temperatura interna:** 31°C **Abertura circular:** 1 pulga **Presión interna:** 113.7 psi **Duración de liberación:** 5 min **Cantidad de liberación:** 13.1 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 34 m (24000 ppm = 60% LEL) **Zona amarilla:** 85 m (4000 ppm = 10% LEL)	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.6 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 1.76 m **Longitud:** 10.481 m **Volumen tanque:** 25000 L **Temperatura interna:** 32°C **Presión interna:** 113.7 psi **Abertura circular:** 1 pulga **Duración de liberación:** 5 min **Cantidad de liberación:** 13.1 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 34 m (24000 ppm = 60% LEL) **Zona amarilla:** 85 m (4000 ppm = 10% LEL)
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación			**El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación**		

ARCHROMA (ACRILONITRILO)

Acrilonitrilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala	Acrilonitrilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.2 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 27°C **Humedad:** **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.74 m **Longitud:** 6.8 m **Volumen tanque:** 40000 L **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 547 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 145 m (28 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 559 m (1.7 ppm = AEGL-2 (60 minutos))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.7 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.74 m **Longitud:** 6.8 m **Volumen tanque:** 40000 L **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 652 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 197 metros (28 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 823 metros (1.7 ppm = AEGL-2 (60 minutos))
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación			El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

Acrilonitrilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.3 m/s **Dirección del viento:** S **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.74 m **Longitud:** 6.8 m **Volumen tanque:** 40000 L **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 614 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 150 m (28 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 575 m (1.7 ppm = AEGL-2 (60 minutos))
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

ARCHROMA (CLORURO DE TIONILO)

Cloruro de Tionilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala	Cloruro de Tionilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.2 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 27°C **Humedad:** 0 **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.39 m **Longitud:** 5.58 m **Volumen tanque:** 25000 L **Temperatura interna:** 30°C **Abertura circular:** 1 pulgada **Altura de la abertura del tanque:** 0.8 m **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 867 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 410 m (14 ppm = AEGL-3) **Zona naranja:** 1 km (2.4 ppm = AEGL-2)	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.7 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.39 m **Longitud:** 5.58 m **Volumen tanque:** 25000 L **Temperatura interna:** 30°C **Abertura circular:** 1 pulgada **Altura de la abertura del tanque:** 0.8 m **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 1011 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 495 m (14 ppm = AEGL-3) **Zona naranja:** 1.3 Km (2.4 ppm = AEGL-2)
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación			El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

Cloruro de Tionilo (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.3 m/s **Dirección del viento:** S **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.39 m **Longitud:** 5.58 m **Volumen tanque:** 25000 L **Temperatura interna:** 30°C **Abertura circular:** 1 pulgada **Altura de la abertura del tanque:** 0.8 m **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 953 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 522 m (14 ppm = AEGL-3) **Zona naranja:** 1.4 Km (2.4 ppm = AEGL-2)
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

ARCHROMA (SULFATO DE DIMETILO)

Sulfato de dimetil (Líquido)	ARCHROMA	Chapala	Sulfato de dimetil (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.2 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 27°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.78 m **Longitud:** 4.11 m **Volumen tanque:** 25000 **Tanque al** 80% de lleno **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 11.3 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 75 m (1.6 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 312 m (0.12 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 710 m (0.024 ppm = AEGL-1 (60 minutos))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.7 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.78 m **Longitud:** 4.11 m **Volumen tanque:** 25000 **Tanque al** 80% de lleno **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 19.9 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 72 m (1.6 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 272 m (0.12 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 582 m (0.024 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación			El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

Sulfato de dimetil (Líquido)	ARCHROMA	Chapala
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.7 m/s **Dirección del viento:** S **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.78 m **Longitud:** 4.11 m **Volumen tanque:** 25000 **Tanque al** 80% de lleno **Temperatura interna:** 30 °C **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 18.7 kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 74 m (1.6 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 276 m (0.12 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 589 m (0.024 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
El químico se escapa como líquido y forma un charco de evaporación		

COCA COLA (AMONIACO)

Amoniaco (Gas)	Coca Cola	Zapotlanejo	Amoniaco (Gas)	Coca Cola	Zapotlanejo
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 3.8 m **Longitud:** 4.4 m **Volumen tanque:** 50000 L **Temperatura interna:** 24 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 28 min **Cantidad de liberación:** 322 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 61 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 158 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 352 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.6 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 3.8 m **Longitud:** 4.4 m **Volumen tanque:** 50000 L **Temperatura interna:** 24 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 28 min **Cantidad de liberación:** 322 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 61 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 147 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 329 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)			Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

BAJO CERO (AMONIACO)

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.77 m **Longitud:** 5.15 m **Volumen tanque:** 2397.1 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 2 min **Cantidad de liberación:** 19.9 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 49 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 125 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 277 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.76 m **Longitud:** 2.59 m **Volumen tanque:** 1173.8 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.75 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 36 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 92 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 207 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.61 m **Longitud:** 4.21 m **Volumen tanque:** 1234.7 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 10.3 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 36 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 94 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 213 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.61 m **Longitud:** 4.45 m **Volumen tanque:** 1323.3 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 11 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 38 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 97 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 219 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.77 m **Longitud:** 5.15 m **Volumen tanque:** 2397.1 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 2 min **Cantidad de liberación:** 19.9 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 49 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 125 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 277 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.76 m **Longitud:** 2.59 m **Volumen tanque:** 1173.8 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.75 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 36 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 92 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 207 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.61 m **Longitud:** 4.21 m **Volumen tanque:** 1234.7 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 10.3 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 36 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 94 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 213 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.61 m **Longitud:** 4.45 m **Volumen tanque:** 1323.3 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 11 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 38 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 97 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 219 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Amoniaco (Gas)	Hielo Bajo Cero	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.77 m **Longitud:** 5.15 m **Volumen tanque:** 2397.1 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 178 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 2 min **Cantidad de liberación:** 19.9 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 49 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 minutos)) **Zona naranja:** 125 m (160 ppm = AEGL-2 (60 minutos)) **Zona amarilla:** 277 m (30 ppm = AEGL-1 (60 minutos))
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Anhidro acético (Líquido)	INGREDION	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 3.4 m **Longitud:** 4.5 m **Volumen tanque:** 45850 L **Temperatura interna:** 25 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 19.2 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 14 m (100 ppm = ERPG - 3) **Zona naranja:** 66 m (15 ppm = ERPG - 2) **Zona amarilla:** 369 m (0.5 ppm = ERPG - 1)
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

Anhidro acético (Líquido)	INGREDION	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 4% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 3.4 m **Longitud:** 4.5 m **Volumen tanque:** 45850 L **Temperatura interna:** 25 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 hr **Cantidad de liberación:** 19.2 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 14 m (100 ppm = ERPG - 3) **Zona naranja:** 64 m (15 ppm = ERPG - 2) **Zona amarilla:** 362 m (0.5 ppm = ERPG - 1)
Producto químico inflamable que se escapa del tanque (no se quema)		

JAGUAR (ISOBUTANO)

Isobutano (Líquido)	JAGUAR	Zapotlanejo
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 2.5 m **Longitud:** 7.3 m **Volumen tanque:** 29000 L **Temperatura interna:** 31 °C **Tanque al** 90% de lleno **Duración que se quema:** 10 s **Diámetro de fireball:** 141 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 403 m (10 kW/(sq m) = potencialmente letal con 60 sec) **Zona naranja:** 577 m (5 kW/(sq m) = quemaduras de segundo grado con 60 sec) **Zona amarilla:** 918 m (2 kW/(sq m) = dolor con 60 sec)
Bleve de líquido inflamable		

SELLO ROJO (AMONIACO)

Amoniaco (Gas)	Sello Rojo	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.75 m **Longitud:** 3.25 m **Volumen tanque:** 1436 L **Temperatura interna:** 24 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.24 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 47 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 124 m (160 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 281 m (30 ppm = AEGL-1 (60 min))
Químico flamable escapa de un tanque (sin incendio)		

Amoniaco (Gas)	Sello Rojo	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.75 m **Longitud:** 3.25 m **Volumen tanque:** 1436 L **Temperatura interna:** 24 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.24 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 45 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 117 m (160 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 269 m (30 ppm = AEGL-1 (60 min))
Químico flamable escapa de un tanque (sin incendio)		

Amoniaco (Gas)	Sello Rojo	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 4 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.40 m **Longitud:** 2.1 m **Volumen tanque:** 264 L **Temperatura interna:** 26 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 1.68 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 20 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 53 m (160 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 122 m (30 ppm = AEGL-1 (60 min))
Químico flamable escapa de un tanque (sin incendio)		

Amoniaco (Gas)	Sello Rojo	Guadalajara
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.25 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 5% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.40 m **Longitud:** 2.1 m **Volumen tanque:** 264 L **Temperatura interna:** 26 °C **Presión interna:** 9.5 atm **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 1.68 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 19 m (1100 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 50 m (160 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 116 m (30 ppm = AEGL-1 (60 min))
Químico flamable escapa de un tanque (sin incendio)		

INGREDION (ANHÍDRO ACÉTICO)

SIAPA NO.3 (CLORO)

Cloro (Gas)	SIAPA No. 3	Tonalá	Cloro (Gas)	SIAPA No. 3	Tonalá
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2.3 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 25°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.68 m **Longitud:** 2.5 m **Volumen tanque:** 907 L **Temperatura interna:** 25 °C **Presión interna:** 65 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.49 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 279 m (20 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 772 m (2 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 1.3 Km (0.5 ppm = AEGL-1 (60 min))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.7 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 32°C **Humedad:** 0% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 0.68 m **Longitud:** 2.5 m **Volumen tanque:** 907 L **Temperatura interna:** 32 °C **Presión interna:** 65 psi **Abertura circular:** 1 pulgada **Duración de liberación:** 1 min **Cantidad de liberación:** 9.16 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 258 m (20 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 761 m (2 ppm = AEGL-2 (60 min)) **Zona amarilla:** 1.3 m (30 ppm = AEGL-1 (60 min))
Químico que se escapa de un tanque			**Químico que se escapa de un tanque**		

ZOLTEK (ACETATO DE METILO)

Acetato de metilo (Líquido)	ZOLTEC	El Salto	Acetato de metilo (Líquido)	ZOLTEC	El Salto
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 24°C **Humedad:** 8% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 10 m **Longitud:** 2.54 m **Volumen tanque:** 200000 L **Temperatura interna:** 4 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Cantidad de liberación:** 882 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 11 m (10000 ppm = PAC - 3) **Zona naranja:** 34 m (1700 ppm = PAC - 2) **Zona amarilla:** 111 m (250 ppm = PAC - 1)	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.5 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 29°C **Humedad:** 33% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 10 m **Longitud:** 2.54 m **Volumen tanque:** 200000 L **Temperatura interna:** 4 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Cantidad de liberación:** 992 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** menos de 10 m (10000 ppm = PAC - 3) **Zona naranja:** 33 m (1700 ppm = PAC - 2) **Zona amarilla:** 108 m (250 ppm = PAC - 1)
Químico que se escapa de un tanque (sin incendio)			**Químico que se escapa de un tanque (sin incendio)**		

ZOLTEK (ACRILONITRILO)

Acrilonitrilo (Líquido)	ZOLTEC	El Salto	Acrilonitrilo (Líquido)	ZOLTEC	El Salto
Datos atmosféricos **Velocidad del viento:** 2 m/s **Dirección del viento:** E **Temperatura:** 24°C **Humedad:** 8% **Nubosidad:** 5 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 24 m **Longitud:** 9.47 m **Volumen tanque:** 4286000 L **Temperatura interna:** 30 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Cantidad de liberación:** 496 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 147 m (28 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 567 m (1.7 ppm = AEGL-2 (60 min))	**Datos atmosféricos** **Velocidad del viento:** 2.5 m/s **Dirección del viento:** W **Temperatura:** 29°C **Humedad:** 33% **Nubosidad:** 6 **Rugosidad del suelo:** urbano o forestal	**Datos de la fuente de emisión** **Diámetro:** 24 m **Longitud:** 9.47 m **Volumen tanque:** 4286000 L **Temperatura interna:** 30 °C **Tanque al** 90% de lleno **Abertura circular:** 1 pulgada **Cantidad de liberación:** 626 Kg	**Zona de amenaza** **Zona roja:** 204 m (28 ppm = AEGL-3 (60 min)) **Zona naranja:** 851 m (1.7 ppm = AEGL-2 (60 min))
Químico que se escapa de un tanque (sin incendio)			**Químico que se escapa de un tanque (sin incendio)**		

GAS ROSA (GAS LP)

Gas LP	Gas Rosa	El Salto	Gas LP	Nestlé	Ocotlán
Bola de fuego	**Características de la Bola de Fuego**	**Distancias a nivel de piso y Radiación**	**Bola de fuego**	**Características de la Bola de Fuego**	**Distancias a nivel de piso y Radiación**
Datos atmosféricos **Temperatura:** 25°C **Humedad:** 33%	**Diámetro de la bola de fuego:** 275.96 m **Altura al centro de la bola de fuego:** 206.97 m **Duración de la bola de fuego:** 17.9 s	**Zona roja:** 762.63 m (8 kW/m²) **Zona naranja:** 1078.57 m (4 kW/m²) **Zona naranja:** 1739.74 m (1.5 kW/m²)	**Datos atmosféricos** **Temperatura:** 31°C **Humedad:** 10%	**Diámetro de la bola de fuego:** 291.39 m **Altura al centro de la bola de fuego:** 218.54 m **Duración de la bola de fuego:** 18.4 s	**Zona roja:** 782 m (8 kW/m²) **Zona naranja:** 1107.41 m (4 kW/m²) **Zona naranja:** 1787.27 m (1.5 kW/m²)

DIAN (PLOMO, ÁCIDO SULFÚRICO, HIDRÓXIDO DE SODIO)

DIAN PROCESOS METALURGIA	Plomo	El Salto	DIAN PROCESOS METALURGIA	Ácido sulfúrico (Líquido)	El Salto
Agente Corrosivo			**Agente Corrosivo**		
Datos atmosféricos **Temperatura:** 25°C **Humedad: 10%**	**Almacenamiento** 16 Tótems de Ácido sulfúrico de baterías	**Toxicidad aguda** **Oral =** 2140 mg/kg peso corporal **Inhalación =** 375 mg/m^3 de aire	**Datos atmosféricos** **Temperatura:** 25°C **Humedad: 10%**	**Almacenamiento** 16 Tótems de Ácido sulfúrico de baterías	**Toxicidad aguda** **Oral =** 2140 mg/kg peso corporal **Inhalación =** 375 mg/m^3 de aire

DIAN PROCESOS METALURGIA	Hidróxido de sodio (Polvo)	El Salto
Agente Corrosivo		
Datos atmosféricos **Temperatura:** 25°C **Humedad: 10%**	**Almacenamiento** 250kg de Hidróxido de sodio (sosa)	**Niveles de toxicidad** **IDLH** = 250 mg/m^3 **CPT** = 2 mg/m^3

PEMEX (GASOLINA)

PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina Premium	El Salto	PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina Regular	El Salto
Charco de fuego TV-01			**Charco de fuego TV-02**		
Datos atmosféricos **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 233.71 m **Altura al centro de la flama de fuego:** 70.74 m **Tasa de combustión total :**321.75 kg/s Kg	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 103.02 m (37.5 kW/m2)** **Zona naranja: 185.69 m (12.5 kW/m2)** **Zona naranja: 233.71 m (8 kW/m2)**	**Datos atmosféricos** **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 233.71 m **Altura al centro de la flama de fuego:** 70.74 m **Tasa de combustión total :**321.75 kg/s Kg	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 103.02 m (37.5 kW/m2)** **Zona naranja: 185.69 m (12.5 kW/m2)** **Zona naranja: 233.71 m (8 kW/m2)**

PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina Regular	El Salto	PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina Regular	El Salto
Charco de fuego TV-03			**BLEVE TV-04**		
Datos atmosféricos **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 233.56 m **Altura al centro de la flama de fuego:** 70.74 m **Tasa de combustión total :**321.75 kg/s Kg	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 102.66 m (37.5 kW/m2)** **Zona naranja: 185.49 m (12.5 kW/m2)** **Zona naranja: 233.56 m (8 kW/m2)**	**Datos atmosféricos** **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 169.07 m **Altura al centro de la bola de fuego:** 126.80 m **Duración de la bola de fuego:** 13.1 s	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 169.90 m (43.39 kW/m2)** **Zona naranja: 333.24 m (15.34 kW/m2)** **Zona naranja: 444.66 m (9.12 kW/m2)**

PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina Premium	El Salto	PEMEX TAD EL CASTILLO	Gasolina contaminada	El Salto
BLEVE TV-07			**Charco de fuego TV-08**		
Datos atmosféricos **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 63.24 m **Altura al centro de la bola de fuego:** 47.43 m **Duración de la bola de fuego:** 4.9 s	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 27.53 m (90.72 kW/m2)** **Zona naranja: 79.10 m (32.08kW/m2)** **Zona amarilla: 109.80 m (19.07 kW/m2)**	**Datos atmosféricos** **Temperatura:** 28°C **Humedad:** 0%	**Características del charco de Fuego** **Diámetro de la bola de fuego:** 74.54 m **Altura al centro de la flama de fuego:** 29.56 m **Tasa de combustión total : 36.75** kg/s Kg	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 31.46 m (37.5 kW/m2)** **Zona naranja: 58.87 m (12.5 kW/m2)** **Zona amarilla: 74.54 m (8 kW/m2)**

HYDRA QUIM (ETANO)

HYDRA QUIM	ETANO	El Salto
Charco de fuego TV-08		
Datos atmosféricos **Temperatura: 29°C** **Humedad: 25%** **Velocidad del viento : 2.7 m/s a 10.0 m**	**Características del charco de Fuego** **Masa de la fuente instantánea : 600 kg** **Tiempo promedio de la explosión: 5 s**	**Distancias a nivel de piso y Radiación** **Zona roja: 30.50 m (14,500 ppm)** **Zona naranja: 56.94 m (29,000 ppm)** **Zona amarilla: 53.20 m (32,000)**

1.2.1.5. Peligro / Susceptibilidad

En Tabla QTC-A-1 se muestran las actividades económicas con manejo de sustancias peligrosas, mostrando la clave del sector, así como el nombre de la actividad en el sector y el número de unidades económicas o sitios donde existe el peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas. Las actividades con mayor número de unidades económicas pertenecen a los sectores de las Industrias manufactureras, Comercio al por mayor, Comercio al por menor y Servicios de salud y de asistencia social, con 2,594, 1,333, 1,203 y 1,041 respectivamente.

Tabla QTC-A-11. Actividades peligrosas por el manejo de sustancias peligrosas por Sector Económico

Clave Sector	Actividad	Unidades económicas
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	12
21	Minería	78
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor	105
31-33	Industrias manufactureras	2,594
43	Comercio al por mayor	1,203
46	Comercio al por menor	1,333
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	35
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y Servicios de Remediación	31
62	Servicios de salud y de asistencia social	1,041

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE, INEGI, 2024.

De acuerdo a lo elaborado para la identificación de principales parques industriales o zonas industriales principales en el Estado de Jalisco, se obtuvo el número de 108 en total. Los cuales se muestran en la tabla QTC-A-2 de acuerdo a su municipio.

Tabla QTC-A-12. Principales parques y zonas industriales en Zapopan

Parque industrial By KIVA	Parque industrial Nogales
Parque industrial Camichín 1	Parque industrial Quality Park
Parque industrial Cumbres Tesistán	Parque industrial San José del Astillero
Parque industrial El Arco	Parque industrial San José del Astillero 2
Parque industrial El Camichín 2	Parque industrial Tecnológico II
Parque industrial El Tule	Parque industrial Tesistan 3
Parque industrial Ferran I	Parque industrial Zapopan
Parque industrial Ferran III	Parque industrial Zapopan Norte
Parque industrial GreenTech	Poniente industrial Park
Parque industrial Hacienda Tesistan	San Angel Industrial Park
Parque industrial Las Cañadas	Technology Park Guadalajara 1
Parque industrial Los Molinos	West Plaza Park
Zona industrial Belenes	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-13. Principales parques y zonas industriales en San Pedro Tlaquepaque

BL Alamo industrial Park	Parque industrial Liebres
Parque industrial Alamitos	Parque industrial Meridian Sur
Parque industrial El Alamo	Parque industrial Prologis
Parque industrial Escala Guadalajara	Parque industrial Santa Rosa
Parque industrial GrunPark La Llave	Parque industrial Tecnológico II
Parque industrial Grunpark Los Mezquites	Parque industrial Tecnológico III
Parque industrial Incalpa	Parque Industrial Tlaquepaque
Parque industrial Intermex	TlaquePark
Parque industrial La Brida	Zona industrial La Llave

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-14. Principales parques y zonas industriales en Atotonilco el Alto

Tequila Patron	Juframex
Alta Genética	Tubac
Tequila 7 Leguas	Industrias Besthelg
Tequila Patron	Spirits
Harinera Atotonilco	Grupo Boston
Don Julio Agavera Zona Altos Sur	Parque Industrial
Diageo	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-15. Principales parques y zonas industriales en El Salto

Parque industrial El Salto
El SaltoPark
Parque industrial Castillo
Parque industrial CIMEG
Parque industrial Los Altos
Parque industrial El Crucero
Parque industrial Panorama
Parque industrial Montenegro

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-16. Principales parques y zonas industriales en Tlajomulco de Zúñiga

Parque industrial Advance Guadalajara
Parque industrial Circuito Sur
Parque industrial Olimpo
Parque industrial RAQS
Parque industrial San Agustín
Parque industrial San Sebastián
Zona industrial Bugambilia

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-16. Principales parques y zonas industriales en Guadalajara

Guadalajara Park
BL Alamo industrial Park
Alamo Business Park
Alba Park
Zona industrial Colón

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-17. Principales parques y zonas industriales en municipios del Estado

Parque o zona industrial	Municipio
Leche 19 Hermanos	Tototlán
Sonora Agropecuaria	Tototlán
Tequila El Viejito	Tototlán
Forrajera 19 Hermanos	Tototlán
Planta Petfood	Tototlán
La Madrileña	Tototlán
Las Margaritas	Ameca
Santa Fe Confecciones	Ameca
Forrajera Ameca	Ameca
Industrias Melder	Ameca
Ingenio San Francisco Ameca	Ameca
Kampus Industrial Santa Rosa	Ixtlahuacán De Los Membrillos
Parque Industrial Cedros	Ixtlahuacán De Los Membrillos
Parque Industrial Arrayanes	Ixtlahuacán De Los Membrillos
Parque Industrial Ocotlán	Ocotlán
Pi. Fábrica De Nestlé	Ocotlán
Grupo TAOSA	Ocotlán
Biopapel	Tuxpan
Proesi	Tuxpan
Parque Industrial Los Altos	Tepatitlán De Morelos
Parque Industrial Royal Park Sur	Tepatitlán De Morelos
Parque Industrial Poncitlán	Poncitlán
Parque Industrial, Ingenio Tamazula De Giordano	Tamazula De Giordano
Parque Industrial Proan	San Juan De Los Lagos
Parque Industrial Zapotlán El Grande	Zapotlán El Grande
Parque Industrial La Barca Jalisco	La Barca
Parque Industrial Tala	Tala
Parque Industrial Colinas De Lagos	Lagos De Moreno
Parque Industrial Centro Logístico De Jalisco	Acatlán De Juárez
Parque Industrial 45 Valley	Encarnación De Díaz
Parque Industrial Vergeles	Autlán De Navarro
Parque Industrial Ingenio	El Grullo

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En las Tablas QTC-A-2 y Tabla QTC-A-3 se muestra el número de sitios con gasolineras y gaseras respectivamente, en la primera se refiere a información del DENUE y la segunda a información compartida por el área de Supervisión, Vigilancia y Asesoría de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco. El número de gaseras y gasolineras de ambas fuentes de información tienen una diferencia, por parte del área de inspecciones se cuenta con un mayor número de gaseras como gasolineras, con 275 y 124 respectivamente.

Tabla QTC-A-18. Gasolineras y Gaseras para el Estado de Jalisco DENUE

Código de actividad	Actividad	UE
468413	Comercio al por menor de gas L. P. en cilindros y para tanques estacionarios	281
468411	Comercio al por menor de gasolina y diesel	994

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, a partir del DENUE, INEGI, 2024.

Tabla QTC-A-3. Gasolineras y Gaseras para el Estado de Jalisco INSPECCIONES

Código de actividad	Actividad	UE
468413	Comercio al por menor de gas L. P. en cilindros y para tanques estacionarios	556
468411	Comercio al por menor de gasolina y diesel	1,118

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de información de Supervisión, Vigilancia y Asesoría de la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos Jalisco, 2024.

En la Tabla QTC-A-4 se encuentran las industrias que se visitaron en campo, de igual manera en el mapa QTC-A-02 se muestra la distribución de estas industrias en el Estado de Jalisco.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Tabla QTC-A-19. Industrias visitadas en campo

Número	Nombre de la Industria	Número	Nombre de la Industria
1	Pernod Ricard México	19	Gen Industrial
2	Casa Siete Leguas	20	Sello Rojo
3	Jesús Jiménez	21	Hidra Quim
4	Francisco Sotelo Arrañaga	22	Vazgar
5	Bachoco	23	Biozone Chemical
6	Nestlé	24	NAT GAS
7	Archroma	25	Pinturas Casther
8	Cytec	26	Hielo Bajo Cero
9	Envases Universales	27	INGREDION
10	Dian Procesos	28	PRAXAIR
11	Zoltec	29	ALMER
12	ZF Suspention	30	AGYDSA
13	Quimi Kao	31	Industrias Jaguar
14	PEMEX-CENEGAS	32	COCA COLA
15	PEMEX-LOGISTICA	33	JABIL
16	CH4	34	Pisa
17	Gas Rosa	35	ENCO GNV Golden
18	CEA-SIAPA	36	Ingenio

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

De acuerdo a las modelaciones realizadas, se proyectaron 10 de las 40 en total, correspondientes a las industrias Archroma, INGREDION, Sello Rojo, Zoltek, Hielo Bajo Cero, Mexichem, SIAPA, Hydra Quim, Pernod Ricard y PEMEX Tas El Castillo. Las sustancias modeladas para cada una de estas industrias se muestran en la Tabla QTC-A-5, donde se muestra la clase de peligrosidad y su categoría, a partir de fichas de seguridad.

Tabla QTC-A-20. Tabla de peligrosidad de sustancias peligrosas

Industria	Sustancia	Clase de peligro	Categoría
Archroma	Oleum 65%	-Toxicidad aguda por inhalación	2
		-Corrosión o irritación cutáneas	1 A
		-Lesiones o irritación ocular graves	1
		-Toxicidad específica del órgano blanco	3
INGREDION	Anhídrido acético	-Líquido inflamable	3
		-Toxicidad aguda (oral)	4
		Toxicidad aguda (por inhalación)	4
		-Corrosión o irritación cutánea	1 B
Sello Rojo	Amoniaco	-Corrosivos para los metales	1
		-Corrosión o irritación cutánea	1 B
		-Lesión ocular grave o irritación oculaR	1
		-Irritación de las vías respiratorias	3
		-Al medio ambiente – agudo	1
		-Al medio ambiente acuático - crónico	2
Zoltek	Acrilonitrilo	-Líquidos inflamables	2
		-Toxicidad aguda oral	3
		-Toxicidad aguda cutánea	3
		-Toxicidad aguda por inhalación	3
		-Corrosión o irritación cutánea	2
		-Lesiones o irritación ocular graves	1
		-Sensibilización cutánea	1
Mechichem	Hipoclorito de sodio	-Corrosivos para los metales	1
		-Corrosión o irritación cutánea	1 B
		-Lesiones oculares graves o irritación ocular	1
		-Medio ambiente acuático – crónico	2
		- Medio ambiente acuático - agudo	1
SIAPA	Cloro	-Toxicidad aguda por inhalación	3
		-Corrosión/Irritación cutánea	1 A
		-Lesiones oculares graves/Irritación ocular	1
		-Toxicidad específica de órganos diana	3
		-Toxicidad específica de órganos blanco	1 A
		-Toxicidad acuática aguda	1
		-Toxicidad acuática crónica	1
Pernod Ricard	Etanol	-Líquidos inflamables	2
		-Lesiones oculares graves o irritación ocular	2
PEMEX TAD El Castillo	Gasolina	-Líquidos inflamables	3
		-Inhalación	1
		-Mutagenicidad en células germinales	1
		-Carcinogenicidad	1
Gas Rosa		-Gases inflamables	1
		-Mutagenicidad en células germinales	2
		-Carcinogenicidad	2

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Con esto se obtuvieron distintas plumas de dispersión o radios de afectación que cuentan con una estimación de la zona de amenaza y amenaza en un punto, visualmente éstas se categorizan con colores rojos, anaranjados y amarillos, para poder identificar cuáles son los daños que puede provocar dentro cada zona de de amenaza.

Una zona de amenaza es un área donde un peligro (como la toxicidad o la radiación térmica) ha excedido un nivel de preocupación (LOC) especificado por el usuario. Por lo general se muestran hasta tres zonas de amenaza superpuestas en una sola imagen. La zona roja de amenaza representa el peor peligro ().

Por lo general las zonas rojas y anaranjadas implican las zonas de riesgos, mientras que la zona amarilla implica una zona de amortiguamiento, y la zona de la línea amarilla es una zona segura o de confianza.

Zona de Riesgo: área donde en caso de presentarse un evento (fuga, derrame, incendio o explosión) con sustancias químicas peligrosas, las concentraciones radiación térmica y ondas de sobrepresión que alcanzan, pueden producir efectos serios a la salud de la población, a los bienes o al ambiente, o pueden impedir a las personas llevar a cabo acciones de escape. Por lo que esta área es de restricción total en la **que no se debe permitir ningún tipo de actividad**, incluyendo asentamientos humanos, agricultura con excepción de actividades de forestación.

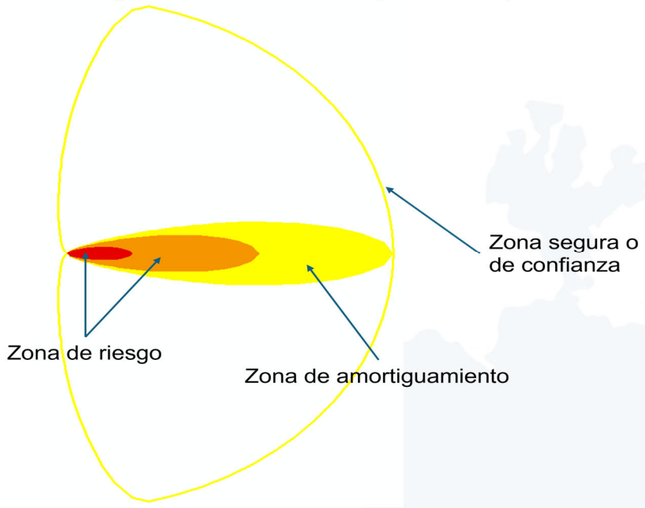
Zona de amortiguamiento: área donde si se presenta un evento (fuga, derrame, incendio o explosión) con sustancias químicas peligrosas, las concentraciones radiación térmica y ondas de sobrepresión que alcanzan no necesariamente pueden producir efectos serios a la salud de la población, a los

bienes o al ambiente, o que impidan a las personas llevar a cabo acciones de escape. Por lo que en esta **zona se puede permitir determinadas actividades productivas que sean compatibles**, con la finalidad de salvaguardar a la población y al ambiente restringiendo el incremento de la población asentada.

Zona segura o de confianza: son las incertidumbres en la dirección promedio del viento se representan en el gráfico de la zona de amenaza como líneas de confianza. El eje de la zona de amenaza gira un ángulo a cada lado del viento nominal. Se dibuja la dirección y el contorno de la zona de amenaza rotada.

En la Imagen QTC-A-3 se señalan las zonas descritas anteriormente.

Imagen QTC-A-3. Zonas de la pluma de dispersión



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Además, en las plumas de dispersión se marca un AEGL diferentes para cada zona, que es el umbral límite de exposición para la población y son aplicables para períodos de exposición de 10 min, 30 min, 1hr, 4hrs y 8hrs. En estos escenarios se eligieron exposiciones de una hora.
De acuerdo a términos descritos por la NOAA los AEGL se describen de la siguiente manera:

El **AEGL 3** que pertenece a la zona roja es la concentración en el aire, expresada como partes por millón (ppm) o miligramos por metro cúbico (mg/m3), de una sustancia por encima de la cual se predice que la población general, incluidas las personas susceptibles, podría experimentar efectos potencialmente mortales para la salud o la muerte.

El **AEGL 2** en la zona anaranjada, es la concentración en el aire (expresada como ppm o mg/m3) de una sustancia por encima de la cual se predice que la población general, incluidas las personas susceptibles, podría experimentar efectos adversos para la salud irreversibles u otros efectos graves y duraderos o una capacidad reducida para escapar.

Y finalmente el **AEGL 1** en la zona amarilla es la concentración en el aire (expresada como ppm o mg/m3) de una sustancia por encima de la cual se predice que la población general, incluidos los individuos susceptibles, podría experimentar malestar, irritación o ciertos efectos no sensoriales asintomáticos notables. Sin embargo, los efectos no son incapacitantes y son transitorios y reversibles al cese de la exposición.

A partir de lo descrito anteriormente se pueden entender los mapas de escenarios alternativos para las modelaciones de las industrias visitadas.

La industria de Archroma elabora colorantes textiles y productos químicos especiales para el pretratamiento, teñido, estampado y acabado de textiles (ARCHROMA, 2024). Para este capítulo se eligió la sustancia OLEUM al 65%, de la cual se obtuvieron tres plumas de dispersión diferentes, ya que se consideraron las tres direcciones del viento predominantes en el municipio de Chapala que son este, oeste y sur. Para los resultados de estas plumas de liberación de sustancias se obtuvieron rangos amplios de dispersión, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 259 a 302 metros, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 1.4 Km de distancia.

En la Industria INGREDION Guadalajara, dedicada a la elaboración de alimento, se almacena Anhídrido acético, de la modelación de esta sustancia se obtuvieron dos plumas de dispersión, ya que para el municipio de Guadalajara se tienen dos vientos predominantes, del este y oeste. La amplitud de ambas plumas no tiene gran diferencia entre éstas, la zona de riesgo o roja no la marca el programa, debido a que es una distancia pequeña, abarcando los 14 metros en ambas. En la zona anaranjada se alcanzan entre los 64 - 66 metros, finalmente esta pluma comprende una zona de amortiguamiento de 362 - 369 metros.

Otra de las modelaciones realizadas, fue para la industria Sello Rojo, que se dedica al procesamiento y comercialización de productos lácteos, en la cual se almacena amoniaco para el proceso en enfriado de los congeladores. El almacenamiento de esta sustancia se mantiene en tanques de diferentes tamaños, para este apartado se eligió sólo uno de éstos. De igual manera se obtuvieron dos plumas de dispersión debido a que esta industria también se encuentra en el municipio de Guadalajara. La pluma con viento predominante del este mantiene una pluma un poco más amplia que la del Oeste, alcanzando en la zona roja 47 metros, zona anaranjada 124 metros y zona de amortiguamiento de 281 metros. La pluma del oeste tiene una zona roja de 45 metros, zona anaranjada de 117 metros y la zona de amortiguamiento de 269 metros. Las afectaciones que podría provocar este supuesto escenario en los alrededores implica en su mayoría comercios y pocas escuelas y hospitales, y pérdidas económicas.

Otra industria modelada fue Zoltek, que se dedica a la comercialización de fibra de carbono como material de construcción compuesto primario, y entre las sustancias que utilizan en el proceso es el Acrilonitrilo, que, de acuerdo a la modelación, se proyectaron dos plumas de dispersión con vientos predominantes del este y oeste. La pluma con vientos predominantes del Oeste tiene una mayor amplitud, en la zona roja se mantiene hasta los 204 metros y en la zona anaranjada hasta los 851 metros, mientras que la pluma con vientos predominantes del Este en su zona roja va hasta los 147 metros y en su zona anaranjada los 567 metros, para estas plumas el modelado no se arrojaron resultados para las zonas de amortiguamiento.

En Gas Rosa, una empresa que se dedica a la la distribución de Gas LP, se decidió modelar un Fireball de un tanque grande de este mismo, el cuál en vez de mostrar una pluma de dispersión se muestra un círculo con diferentes radios de afectación, en este caso la zona roja se muestra un radio de 762 metros con una radiación de 8 kW/m, en la zona anaranjada se tiene un radio de 1,078 m con radiación de 4 kW/m^2 y en la zona amarilla un radio de 1,739 m con una radiación de 1.5 kW/m^2. En los siguientes párrafos se describen las afectaciones que tienen cada una de las radiaciones mencionadas anteriormente.

8 kW/m^2: Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min.

4 kW/m^2: ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.

1.5 kW/m^2: Máximo soportable por personas con vestimentas normales y un tiempo prolongado

La empresa de Mexichem produce y comercializa una gran variedad de materias primas, derivados industriales y productos terminados, que responden a la demanda de bienes esenciales para la construcción, el suministro y saneamiento de agua, la generación de energía, el transporte, las comunicaciones y el cuidado de la salud, entre muchos otros. Para este capítulo se eligió la sustancia hipoclorito, de la cual se obtuvieron dos plumas de dispersión diferentes, ya que se consideraron las dos direcciones del viento predominantes en el municipio de El Salto que son este, oeste. Para los resultados de estas plumas de dispersión se obtuvieron rangos amplios de dispersión, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 1.78 Km, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 4.98 Km de distancia.

Para CIA-SIAPA que se encarga del tratamiento de aguas para la región de la ZMG se almacena grande cantidades de gas cloro, para lo se aborda el peor escenario posible donde todo cloro es liberado a la atmósfera produciendo así una nube de gas cloro tóxica donde se obtuvieron dos plumas de dispersión diferentes, ya que se consideraron las dos direcciones del viento predominantes en la ZMG que son noreste, suroeste. Para los resultados de estas plumas de dispersión se obtuvieron rangos amplios de dispersión, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 1.6 Km, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 4.88 Km de distancia.

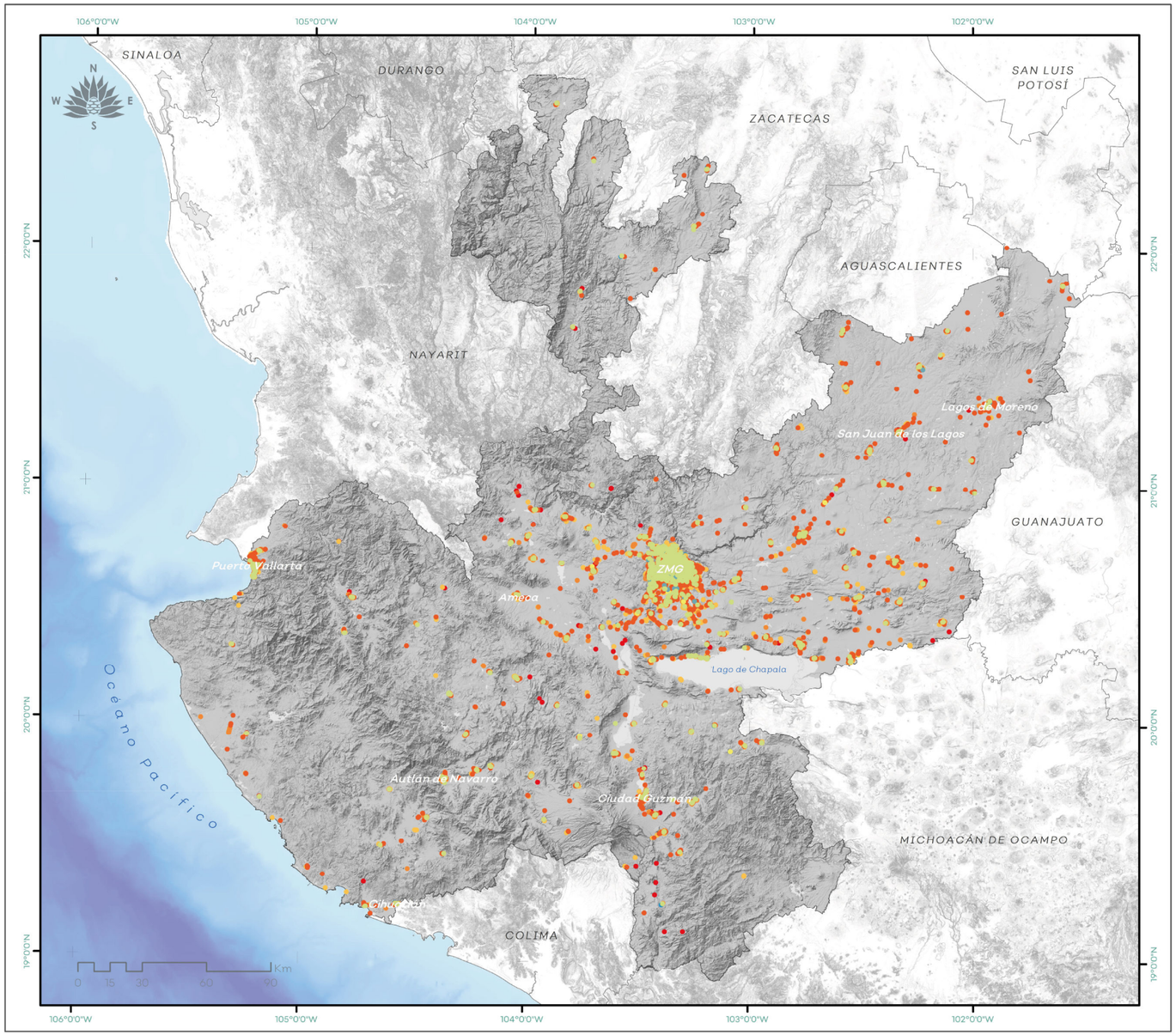
Para la empresa Hydra Quim elaboradora de productos de limpieza de cuidado personal y productos de limpieza industriales, se aborda el un escenario donde su almacenamiento de etano se ve comprometido produciendo así una nube explosiva donde los resultados fueron rangos amplios de daños, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 56.7 m, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 79.5 m de distancia.

Para la Tequilera Pernod Ricard donde se elaboradora destilados de agave, se aborda un escenario donde su almacenamiento de etanol se ve comprometido produciendo así un charco de fuego donde los resultados fueron rangos amplios de daños, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 706.5 m^2, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 2,706.7 m^2 de distancia.

Para la Terminal de almacenamiento y distribución El Castillo (TAD El Castillo - Pemex) donde se almacena y distribuye para su comercialización gasolina regular, gasolina premium y diesel , se aborda un escenario donde su almacenamiento y sistemas de seguridad de gasolina regular se ve comprometido, produciendo un escenario de bleve donde los resultados fueron los siguientes rangos, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 88,623.36 m^2, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 344,666.23 m^2 y para la zona amarilla de 609,065.09 m^2.

Para la Terminal de almacenamiento y distribución El Castillo (TAD El Castillo - Pemex) donde se almacena y distribuye para su comercialización gasolina regular, gasolina premium y diesel , se aborda el un escenario donde su almacenamiento y sistemas de seguridad de gasolina regular se ve comprometido, produciendo un escenario de charco de fuego donde los resultados fueron los siguientes rangos, en las zonas rojas o de mayor riesgo se alcanzan los 32,444.74 m^2, en las zonas anaranjadas se tienen rangos de hasta 105,973.0 m^2 y para la zona amarilla de 167,989.02 m^2.

ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Actividades con Manejo de Sustancias Peligrosas QTC - A - 01

Leyenda Temática

Sector

- Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor
- Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y servicios de remediación
- Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza
- Servicios de salud y de asistencia social
- Transportes, correos y almacenamiento
- Industrias manufactureras
- Comercio al por mayor
- Comercio al por menor
- Minería

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



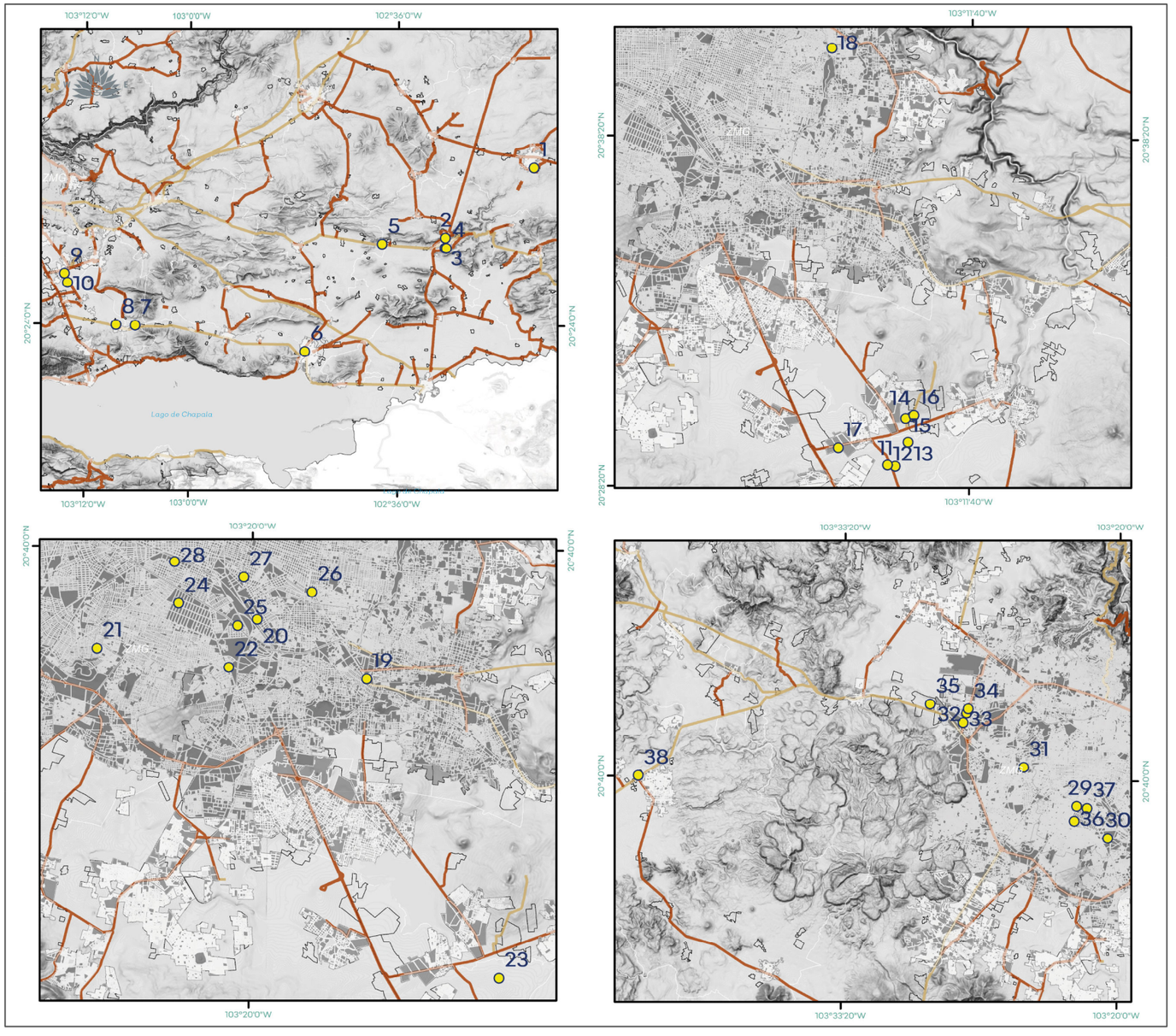
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Industrias Visitadas en Campo
QTC - A - 02

Leyenda Temática

Nombre de las industrias

1. Pernod Ricard Mexico
2. Casa Siete Leguas
3. Jesus Jiménez Sotelo
4. Francisco Sotelo Arrañaga
5. Rachnos
6. Nestlé
7. Archroma
8. Cytec
9. Envases Universales
10. Dian Procesos
11. Zoltec
12. ZF Suspention
13. Quimi Kao
14. PEMEX-CENEGAS
15. PEMEX LOGISTICA
16. CH4
17. Gas Rosa
18. CEA-SIAPA
19. Gen Industrial
20. Sello Rojo
21. Hidra Quim
22. Vazgar químicos de Occ Mexichem
23. Biozone Chemical
24. NAT GAS
25. Pinturas Casther
26. Hielo Bajo Cero
27. INGREDION
28. PRAXAIR
29. ALMER
30. AGYDSA
31. Industrias Jaguar
32. COCA COLA
33. JABIL
34. Pisa
35. ENCO GNV Golden Distribucion de gas natural
36. Ingenio

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



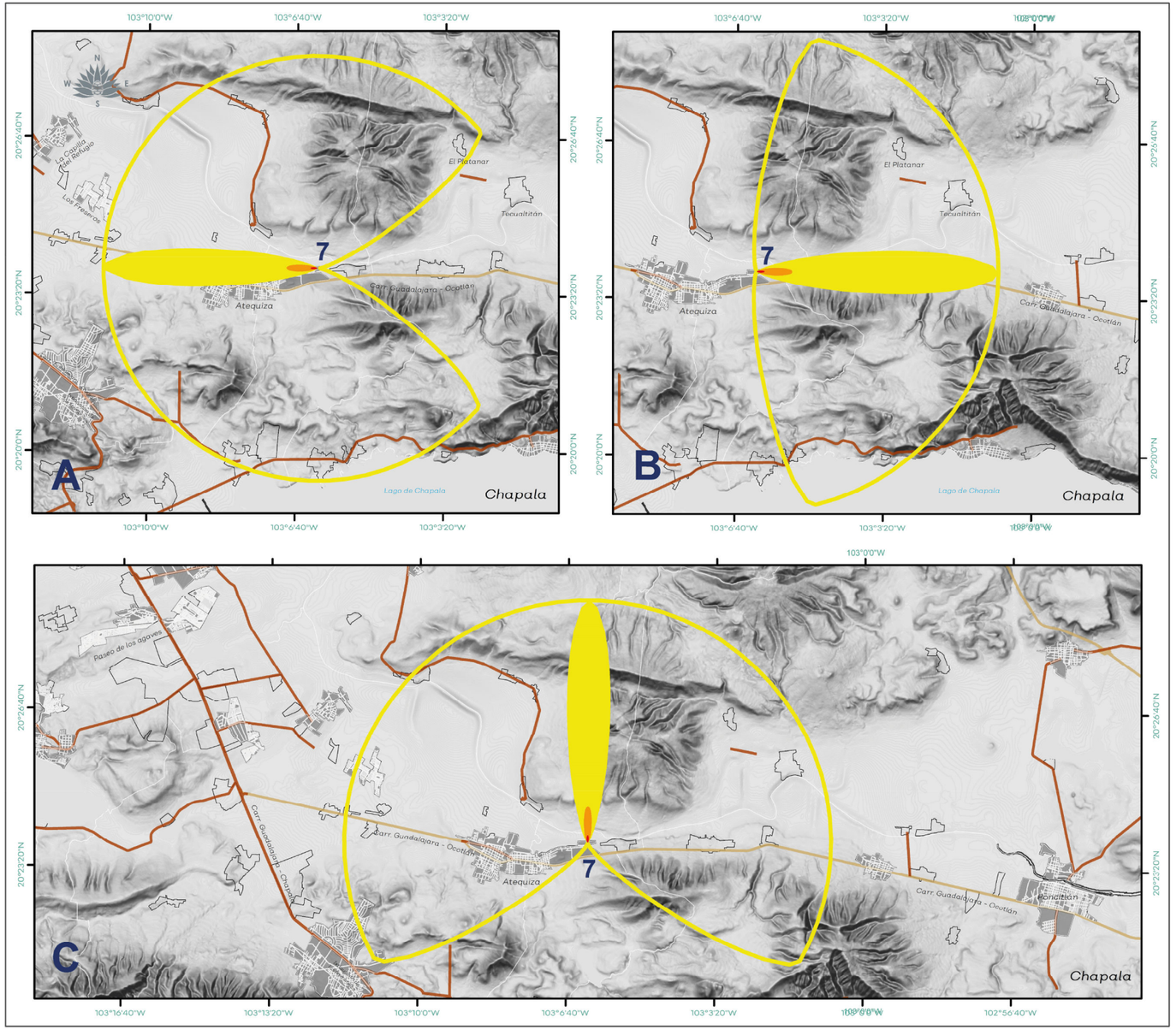
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión de Oleum (65 %)
Archroma
QTC - A - 03

Leyenda Temática

Radios de afectación

A Vientos predominantes del Este	B Vientos predominantes del Oeste	C Vientos predominantes del Sur
259 m (160 mg / (cu m) = AEGL - 3 [60 min])	299 m (160 mg / (cu m) = AEGL - 3 [60 min])	302 m (160 mg / (cu m) = AEGL - 3 [60 min])
1.2 Km (8.7 mg/ (cu m) = AEGL - 2 [60 min])	1.4 Km (8.7 mg/ (cu m) = AEGL - 2 [60 min])	1.4 Km (8.7 mg/ (cu m) = AEGL - 2 [60 min])
8.3 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])	9.4 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])	9.5 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])
8.3 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])	9.4 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])	9.5 Km (0.2 mg / (cu m) = AEGL - 1 [60 min])

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:150,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión de Anhídrido Acético
INGREDION
QTC - A - 04

Leyenda Temática

Radios de afectación

A
Dirección del viento del Este

66 m
(15 ppm = ERPG - 2 [60 min])
369 m
(0.5 ppm = ERPG - 1 [60 min])
369 m
(0.5 ppm = ERPG - 1 [60 min])

B
Dirección del viento del Oeste

64 m
(15 ppm = ERPG - 2 [60 min])
362 m
(0.5 ppm = ERPG - 1 [60 min])
362 m
(0.5 ppm = ERPG - 1 [60 min])

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:7,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Alineado a la Guia de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión de Amoniaco
Sello Rojo
QTC - A - 05

Leyenda Temática

Radios de afectación

A
Dirección del viento del Este

- 124 m (160 ppm = AEGL - 2 [60 min])
- 281 m (30 ppm = AEGL - 1 [60 min])
- 281 m (30 ppm = AEGL - 1 [60 min])

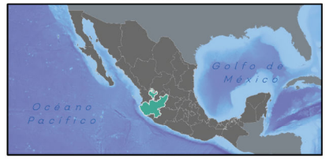
B
Dirección del viento del Oeste

- 117 m (160 ppm = AEGL - 2 [60 min])
- 269 m (30 ppm = AEGL - 1 [60 min])
- 269 m (30 ppm = AEGL - 1 [60 min])

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



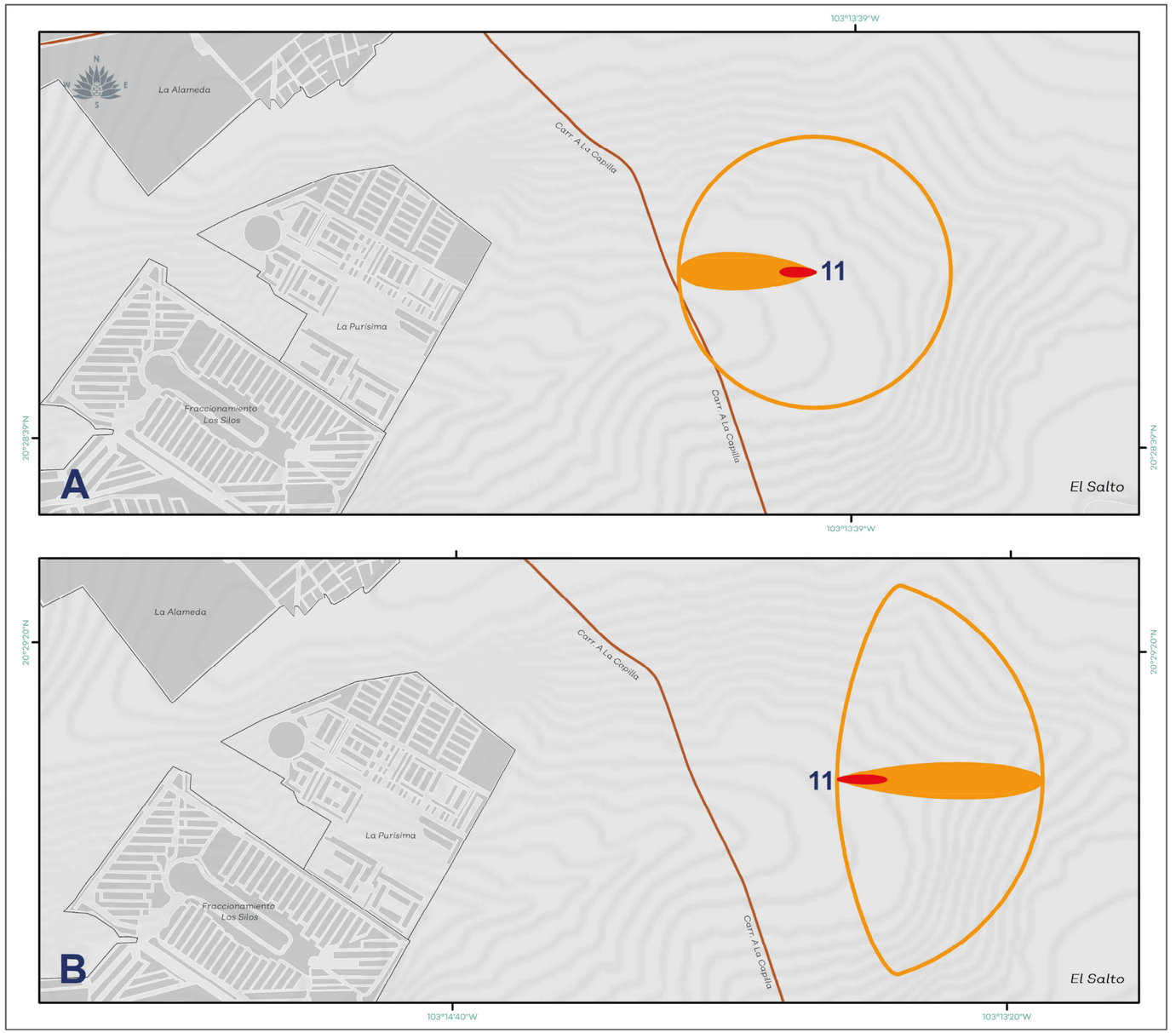
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:7,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión de Acrilonitrilo
Zoltek
QTC - A - 06

Leyenda Temática

Radios de afectación

A
Dirección del viento del Este

147 m
(28 ppm = AEGL - 3 [60 min])
567 m
(1.7 ppm = AEGL - 2 [60 min])
567 m
(1.7 ppm = AEGL - 2 [60 min])

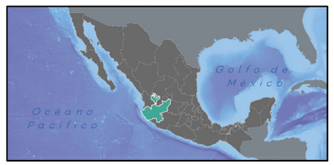
B
Dirección del viento del Oeste

204 m
(28 ppm = AEGL - 3 [60 min])
204 m
(1.7 ppm = AEGL - 2 [60 min])
204 m
(1.7 ppm = AEGL - 2 [60 min])

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Limite de Estudio
- Limite Estatal
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



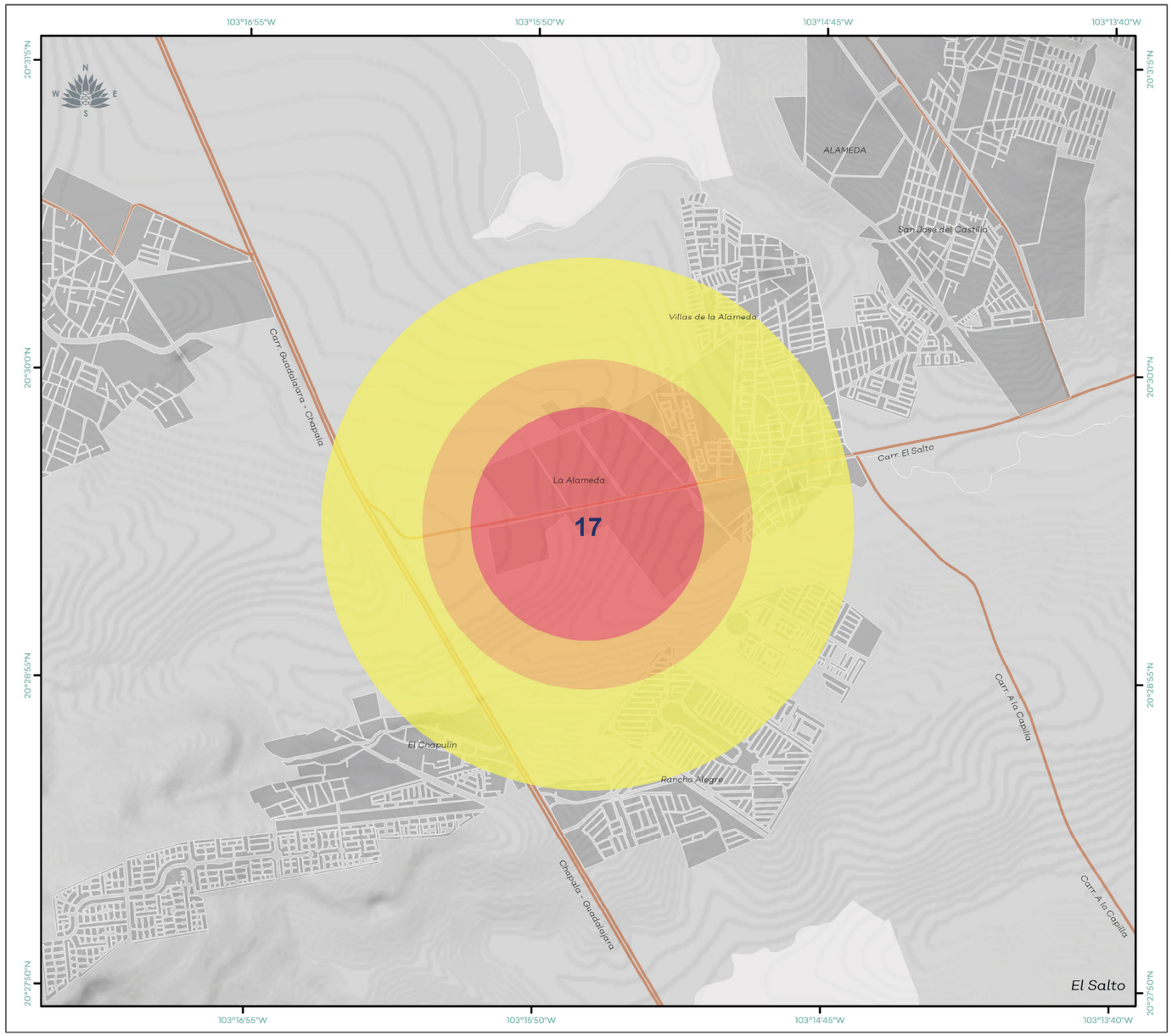
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:16,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Alineado a la Guia de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Fire Ball de Gas LP
Gas Rosa
QTC - A - 07

Leyenda Temática

Radios de afectación

- 8.00 kW/m2 a 762.63 m
- 4.00 kW/m2 a 1,078.57 m
- 1.50 kW/m2 a 1,739.74 m

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



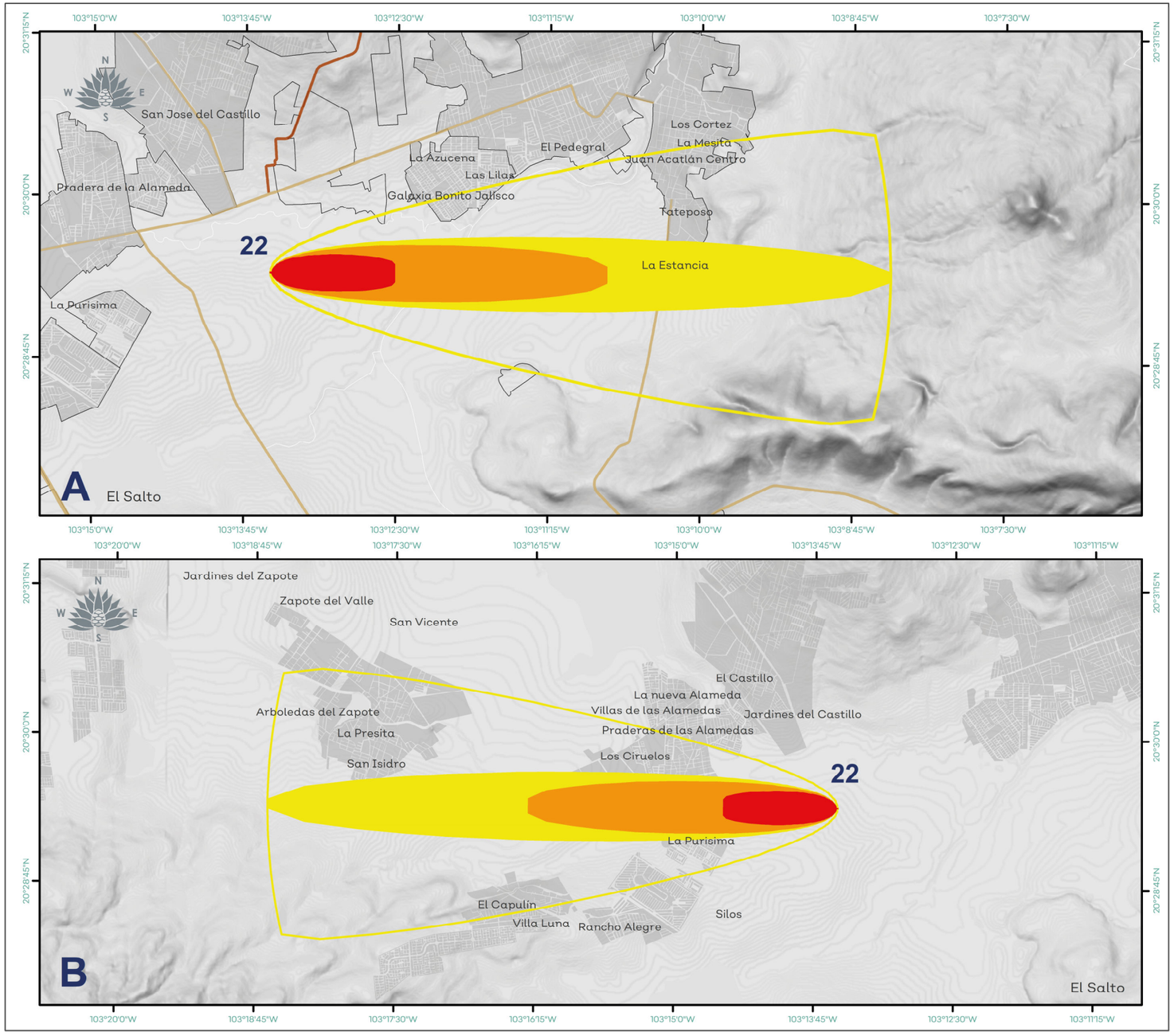
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016.
Datos recopilados en campo, procesados a través del Software SCRI-FUEGO 1.2.
Polígonos de manzanas del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión de Hipoclorito Mexichem
QTC - A - 08

Leyenda Temática

Radios de concentracion

A
Dirección del viento del Este

- 20 ppm = AEGL-3 (60 min) - Riesgo Alto
- 10 ppm = AEGL-2 (60 min) - Riesgo Moderado
- 5 ppm = AEGL-1 (60 min) - Riesgo Bajo
- 3 ppm Riesgo Muy Bajo

B
Dirección del viento del Oeste

- 20 ppm = AEGL-3 (60 min) - Riesgo Alto
- 10 ppm = AEGL-2 (60 min) - Riesgo Moderado
- 5 ppm = AEGL-1 (60 min) - Riesgo Bajo
- 3 ppm Riesgo Muy Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



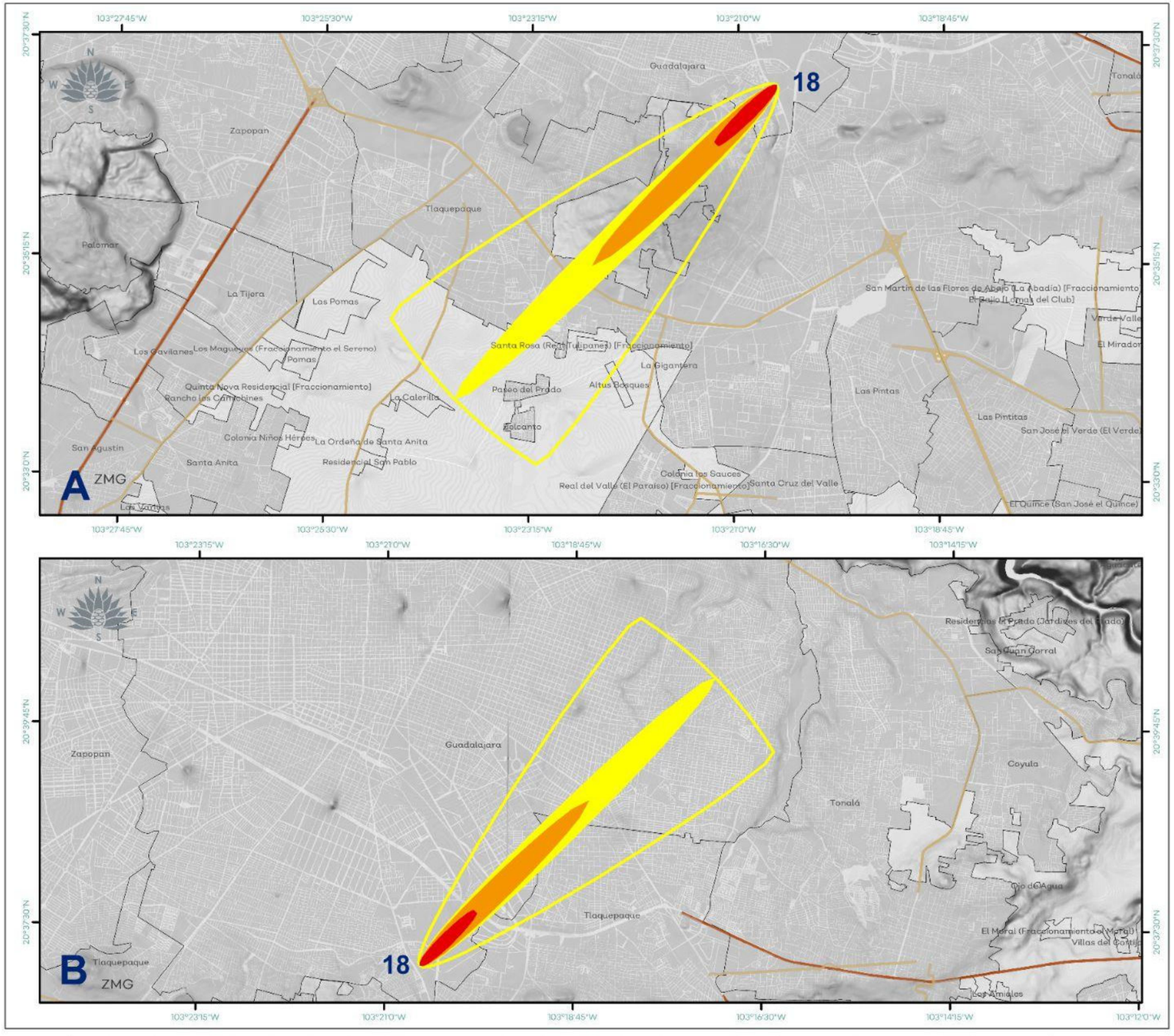
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:30,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016. Polígonos de manzanas y calles del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dispersión Nube de Cloro
CEA - SIAPA
QTC - A - 09

Leyenda Temática

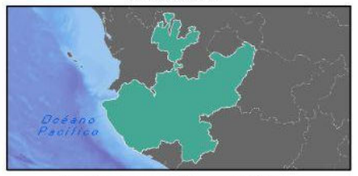
Radios de concentracion

A	B
Dirección del viento del Noreste	Dirección del viento del Suroeste
20 ppm = AEGL-3 (60 min) - Riesgo Alto	20 ppm = AEGL-3 (60 min) - Riesgo Alto
10 ppm = AEGL-2 (60 min) - Riesgo Moderado	10 ppm = AEGL-2 (60 min) - Riesgo Moderado
5 ppm = AEGL-1 (60 min) - Riesgo Bajo	5 ppm = AEGL-1 (60 min) - Riesgo Bajo
3 ppm Riesgo Muy Bajo	3 ppm Riesgo Muy Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



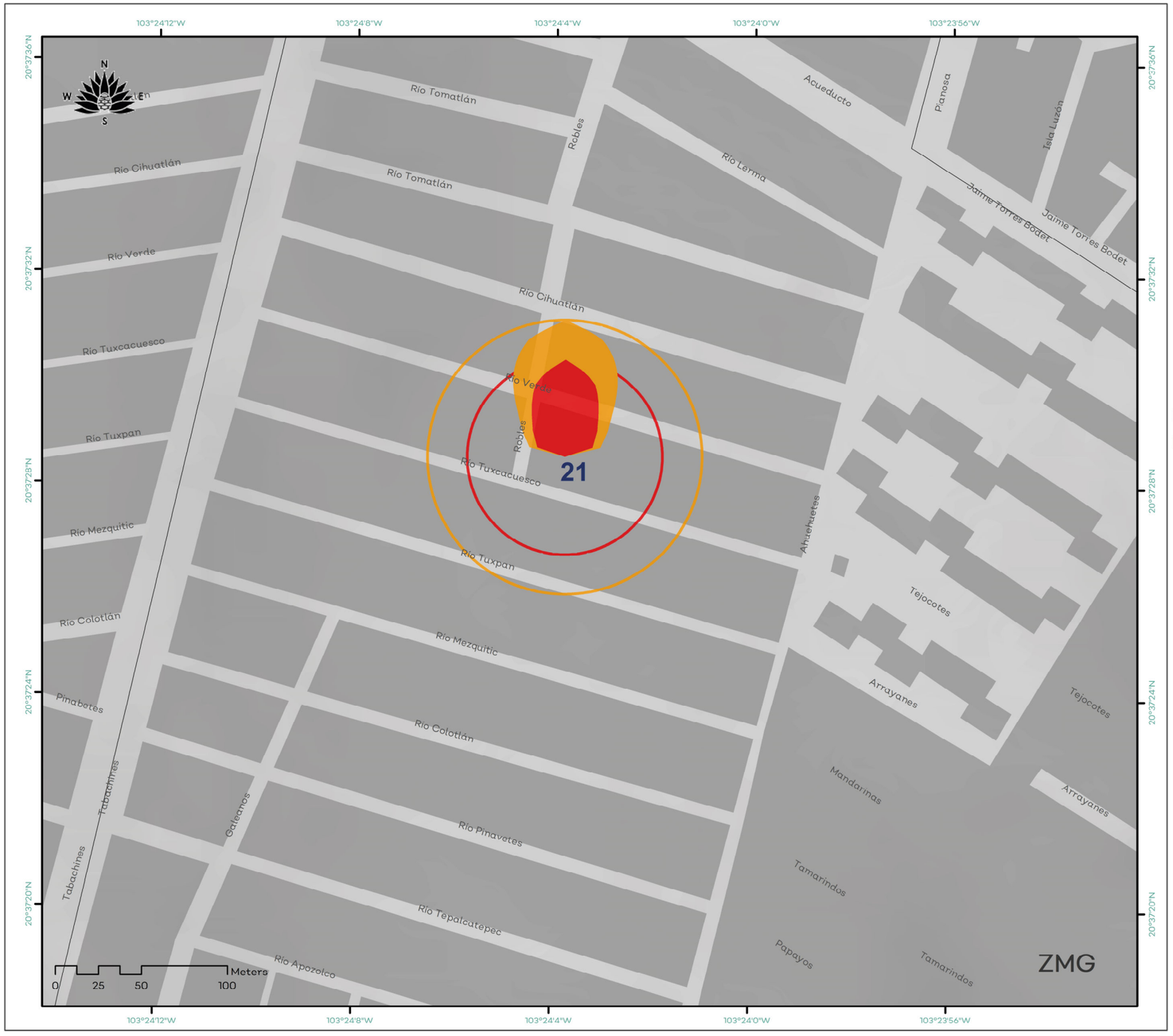
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:80,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO Alineado a la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas de Peligros y Riesgos, CENAPRED, 2016. Polígonos de manzanas y calles del Marco Geoestadístico INEGI, 2020.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Nube explosiva Etano
Hydra Quim
QTC - A - 10

Leyenda Temática

Dispersion de la Nube explosiva

- Zona de Isoconcentración: 29,000 ppm - Riesgo Alto
- Zona de Isoconcentración: 14,500 ppm - Riesgo Moderado
- Posible desplazamiento de la nube zona de Isoconcentración: 29,000 ppm - Riesgo Altp
- Posible desplazamiento de la nube zona de Isoconcentración: 14,500 ppm - Riesgo Moderado

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Charco de Fuego Etanol - 1 X 8 TQ - Cap. 300,000 lts
Pernod Ricard
QTC - A - 11

Leyenda Temática

Nivel de Riesgo

- Radiación Térmica: 37.50 kW/m2 Riesgo Alto
- Radiación Térmica: 12.50 kW/m2 Riesgo Moderado
- Radiación Térmica: 8.00 kW/m2 Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



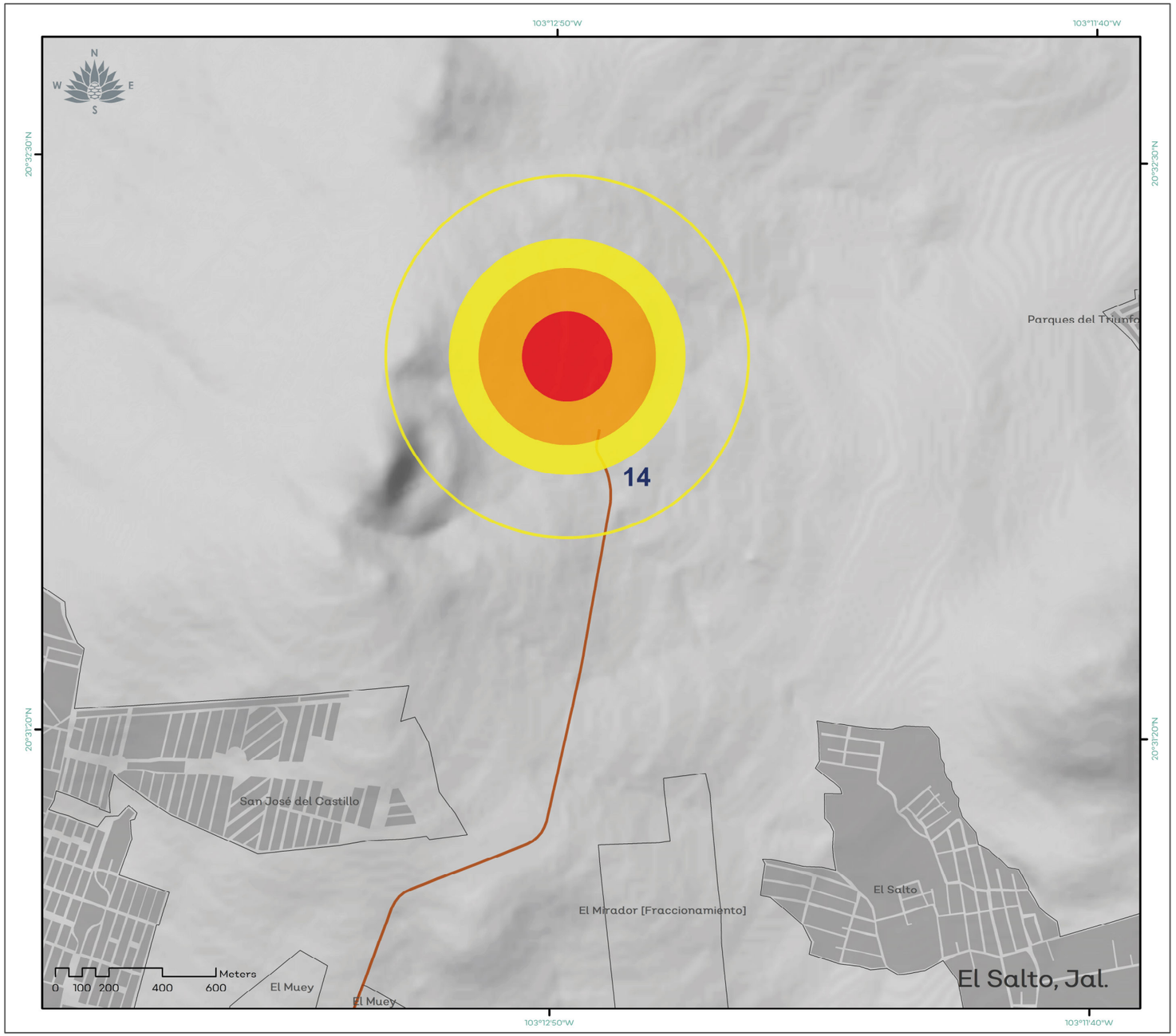
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bleve Gasolina Regular TV - 4 - 55 MB
Pemex TAD El Castillo
QTC - A - 12

Leyenda Temática

Nivel de Riesgo

- Dolor
- Radiación Térmica: 8.00 kW/m2 Riesgo Bajo
- Radiación Térmica: 12.50 kW/m2 Riesgo Moderado
- Radiación Térmica: 37.50 kW/m2 Riesgo Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



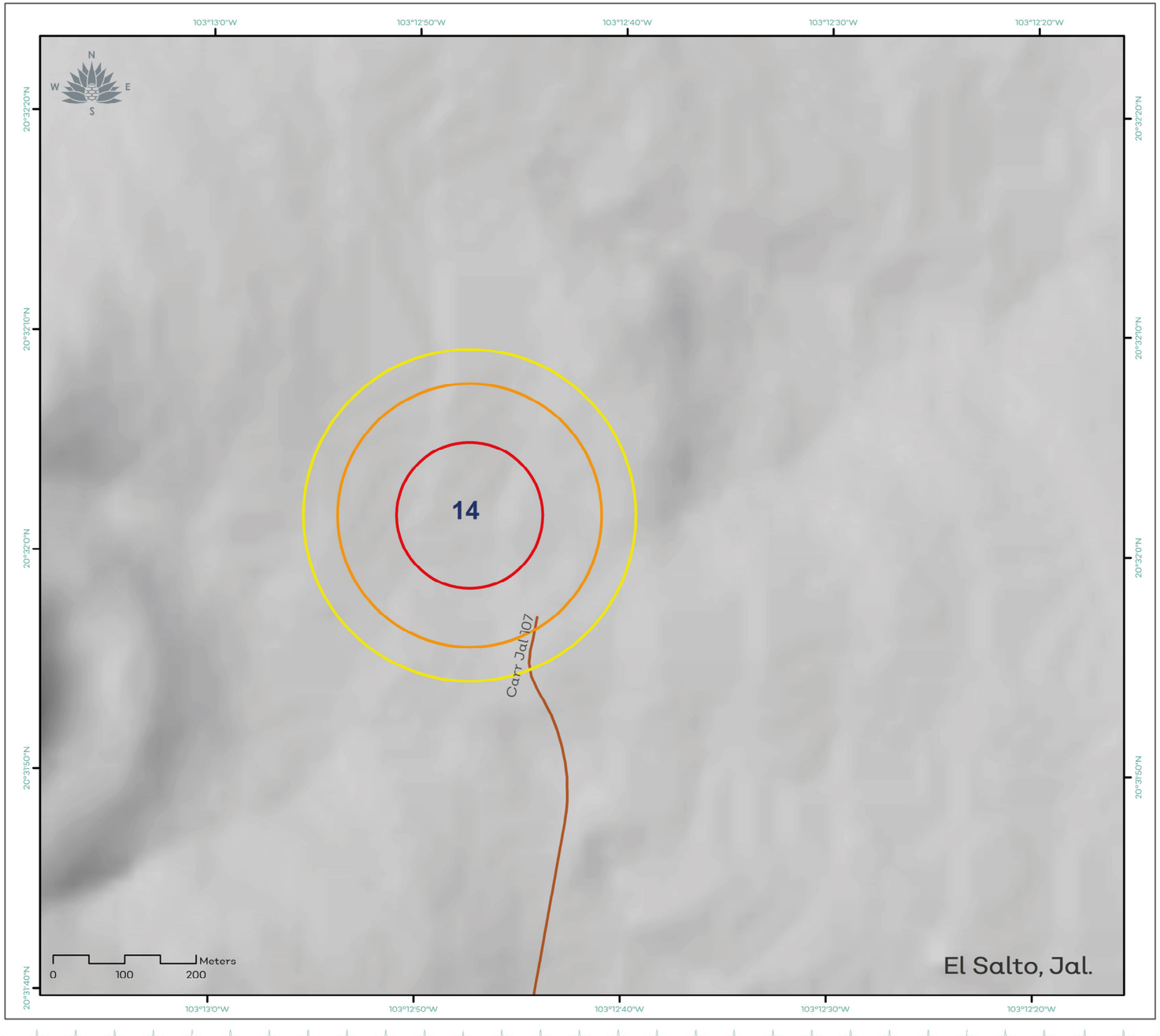
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022, Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Charco de Fuego Gasolina Regular TV - 2 - 55 MB
Pemex TAD El Castillo
QTC - A - 13

Leyenda Temática

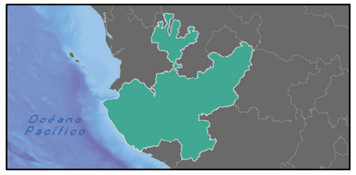
Nivel de Riesgo

- Radiación Térmica: 37.50 kW/m2 Riesgo Alto
- Radiación Térmica: 12.50 kW/m2 Riesgo Moderado
- Radiación Térmica: 8.00 kW/m2 Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



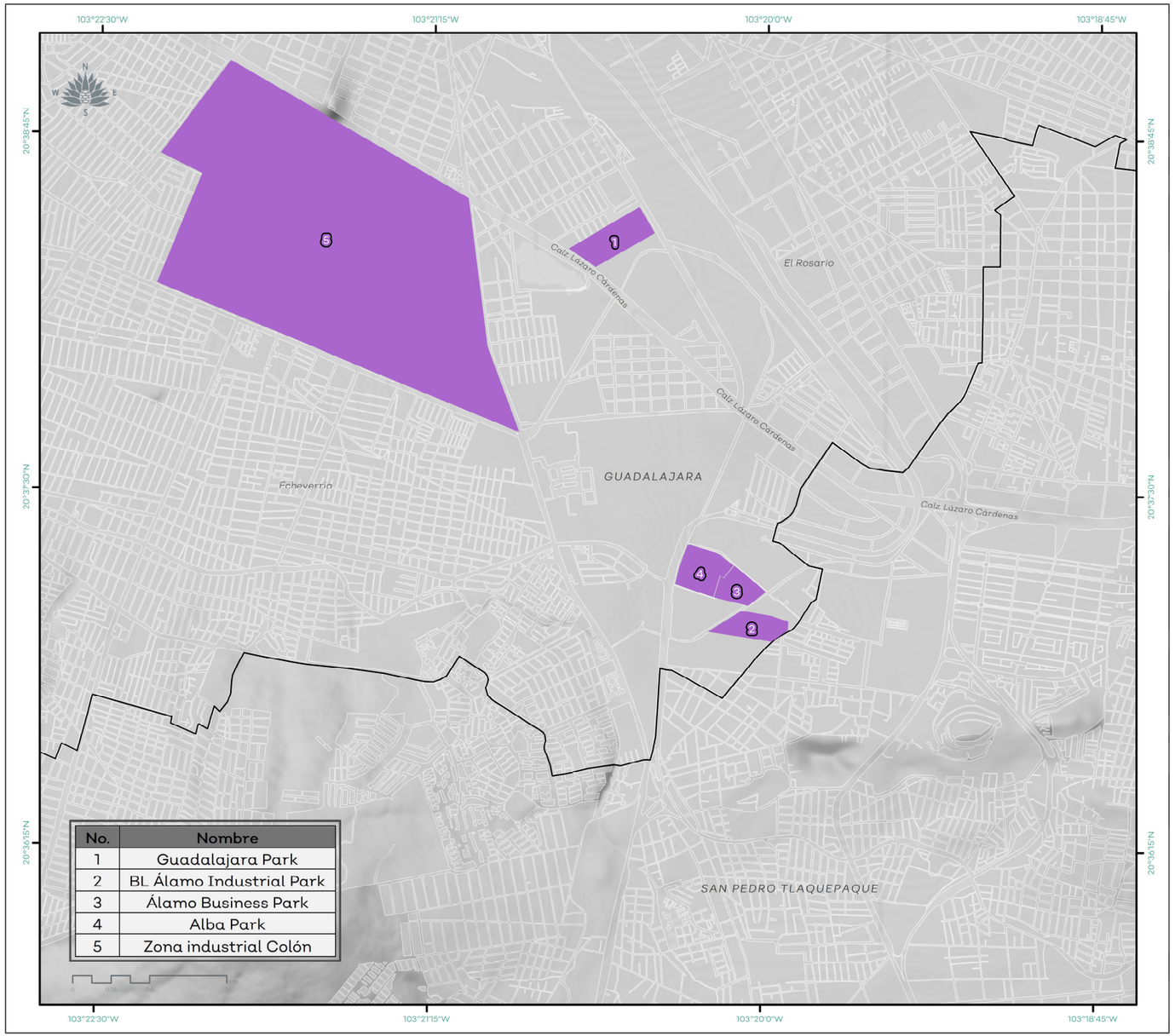
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:6,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



No.	Nombre
1	Guadalajara Park
2	BL Álamo Industrial Park
3	Álamo Business Park
4	Alba Park
5	Zona industrial Colón

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales en el Municipio de Guadalajara
QTC - A - 14

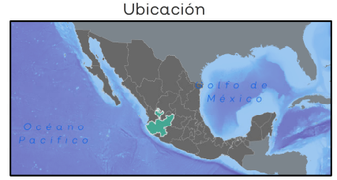
Leyenda Temática

Parques industriales

Simbología

Cuerpos de Agua
Zonas Urbanas
Límite Municipal
Limite Estatal

Ubicación



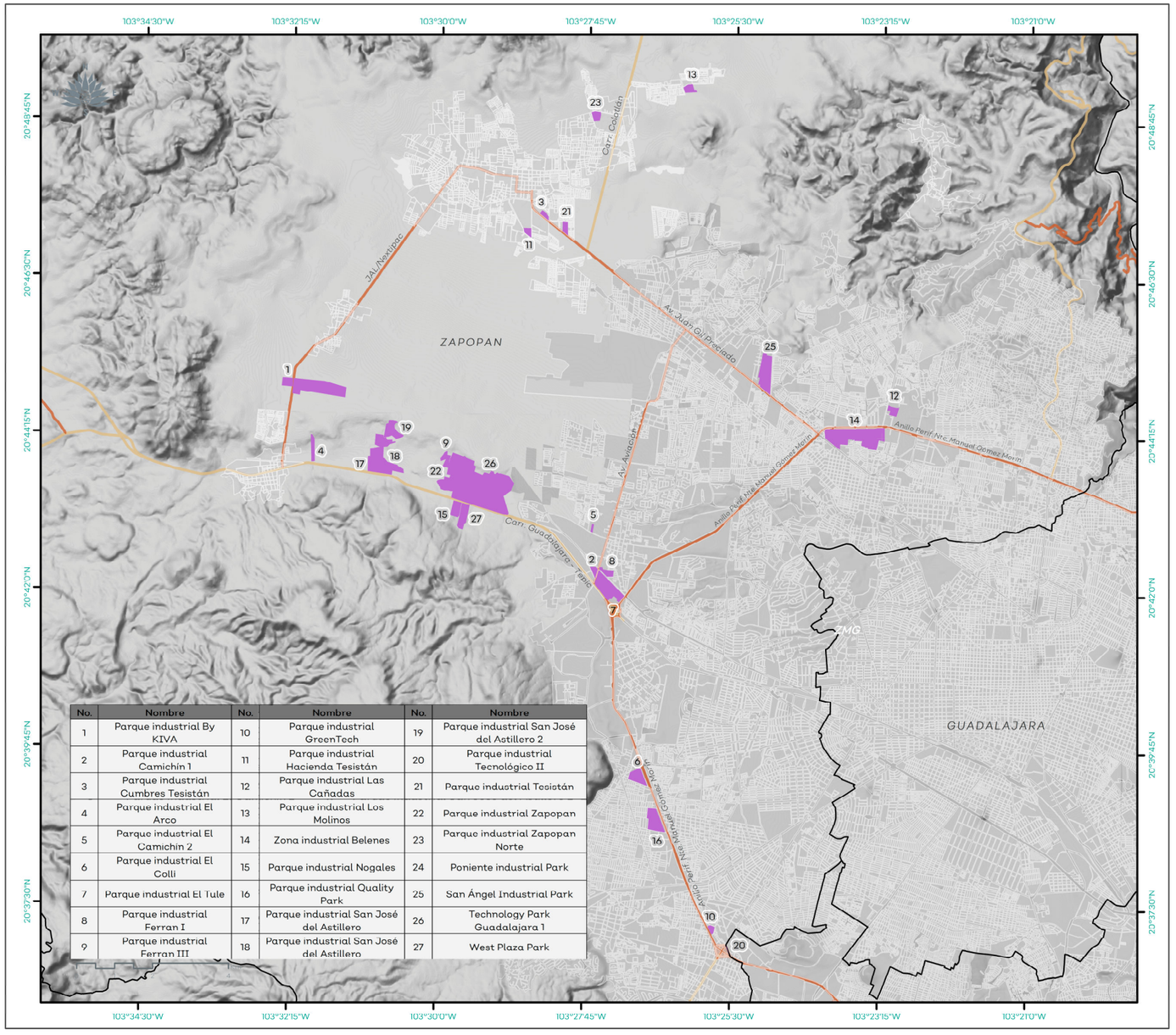
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



No.	Nombre	No.	Nombre	No.	Nombre
1	Parque industrial By KIVA	10	Parque industrial GreenTech	19	Parque industrial San José del Astillero 2
2	Parque industrial Camichín 1	11	Parque industrial Hacienda Tesistán	20	Parque industrial Tecnológico II
3	Parque industrial Cumbres Tesistán	12	Parque industrial Las Cañadas	21	Parque industrial Tesistán
4	Parque industrial El Arco	13	Parque industrial Los Molinos	22	Parque industrial Zapopan
5	Parque industrial El Camichín 2	14	Zona industrial Belenes	23	Parque industrial Zapopan Norte
6	Parque industrial El Colli	15	Parque industrial Nogales	24	Poniente industrial Park
7	Parque industrial El Tule	16	Parque industrial Quality Park	25	San Ángel Industrial Park
8	Parque industrial Ferran I	17	Parque industrial San José del Astillero	26	Technology Park Guadalajara 1
9	Parque industrial Ferran III	18	Parque industrial San José del Astillero	27	West Plaza Park

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales en el Municipio de Zapopan QTC - A - 15

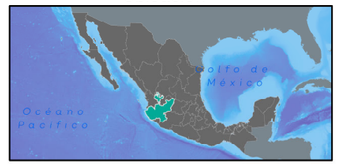
Leyenda Temática

Parques industriales

Simbología

Cuerpos de Agua
Zonas Urbanas
Límite Municipal
Limite Estatal
Carretera Estatal
Carretera Federal

Ubicación



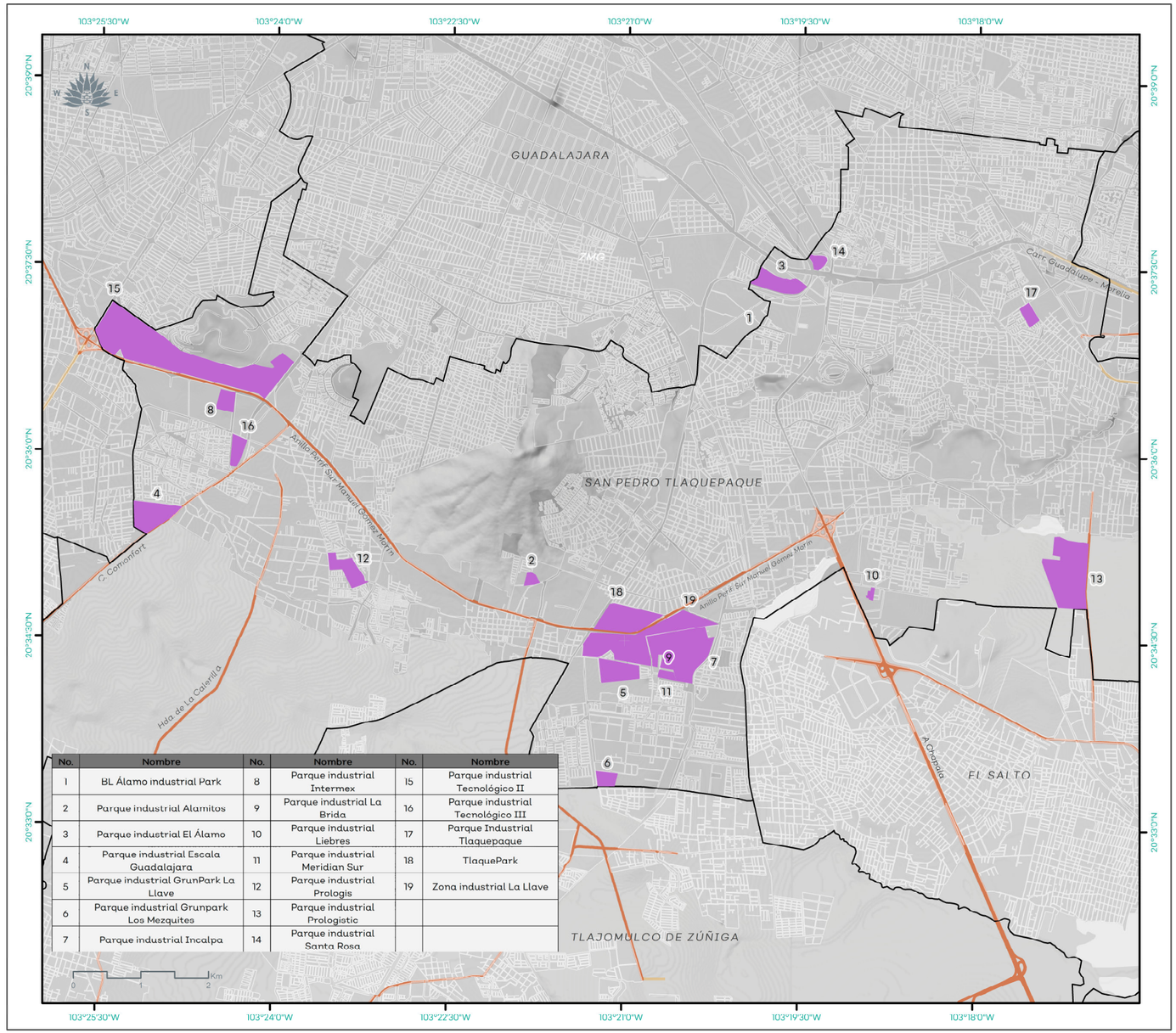
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,101,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



No.	Nombre	No.	Nombre	No.	Nombre
1	BL Álamo industrial Park	8	Parque industrial Intermex	15	Parque industrial Tecnológico II
2	Parque industrial Alamitos	9	Parque industrial La Brida	16	Parque industrial Tecnológico III
3	Parque industrial El Álamo	10	Parque industrial Liebres	17	Parque Industrial Tlaquepaque
4	Parque industrial Escala Guadalajara	11	Parque industrial Meridian Sur	18	TlaquePark
5	Parque industrial GrunPark La Llave	12	Parque industrial Prologis	19	Zona industrial La Llave
6	Parque industrial Grunpark Los Mezquites	13	Parque industrial Prologistic		
7	Parque industrial Incalpa	14	Parque industrial Santa Rosa		

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales en el Municipio de San Pedro Tlaquepaque
QTC - A - 16

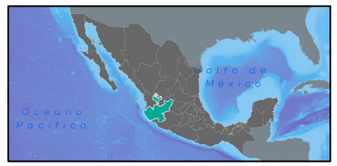
Leyenda Temática

Parques industriales

Simbología

Cuerpos de Agua
Zonas Urbanas
Límite Municipal
Limite Estatal
Carretera Estatal
Carretera Federal

Ubicación



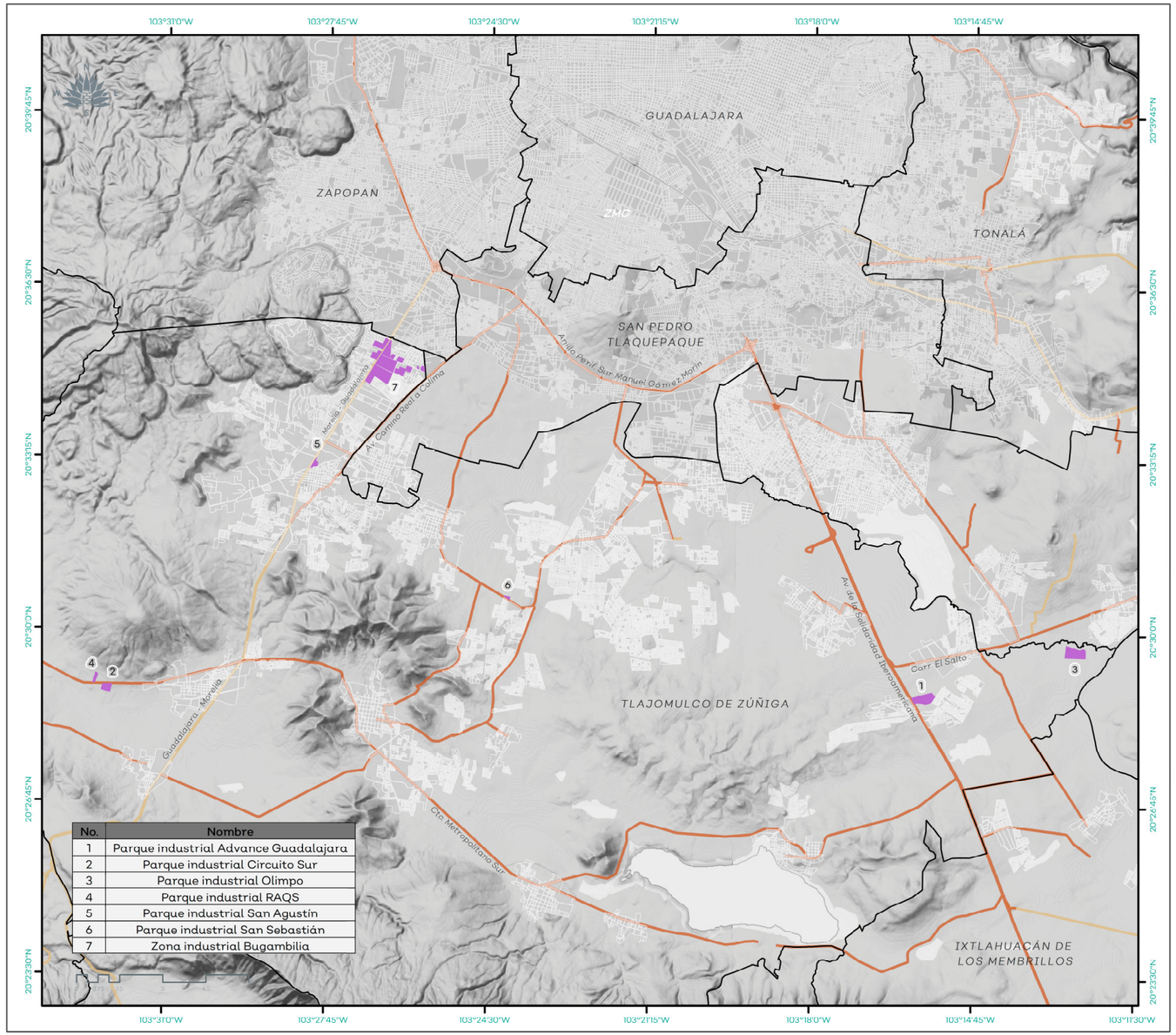
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,57,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



No.	Nombre
1	Parque industrial Advance Guadalajara
2	Parque industrial Circuito Sur
3	Parque industrial Olimpo
4	Parque industrial RAQS
5	Parque industrial San Agustín
6	Parque industrial San Sebastián
7	Zona industrial Bugambilia

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISCO 2024

Parques Industriales en el Municipio de Tlajomulco de Zúñiga
QTC - A - 17

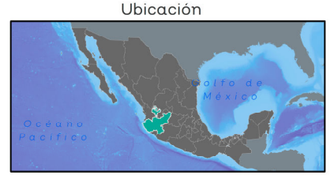
Leyenda Temática

Parques industriales

Simbología

Cuerpos de Agua
Zonas Urbanas
Límite Municipal
Limite Estatal
Carretera Estatal
Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

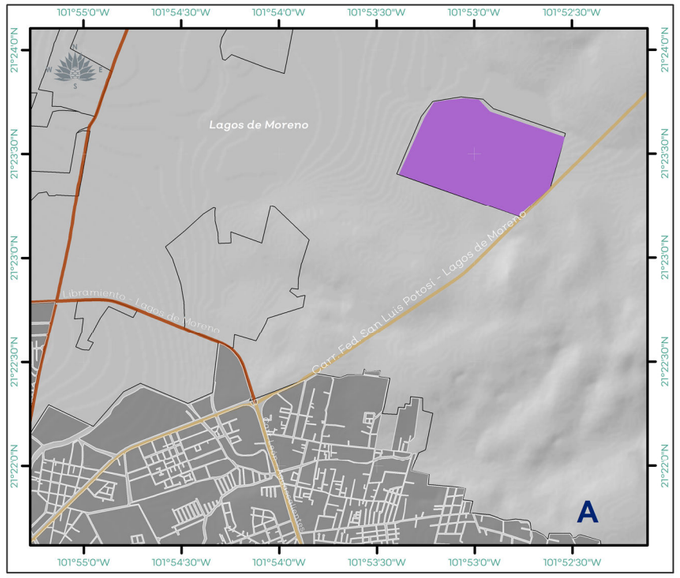
Proyección..... CGL
Datum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,134,000

Fuente

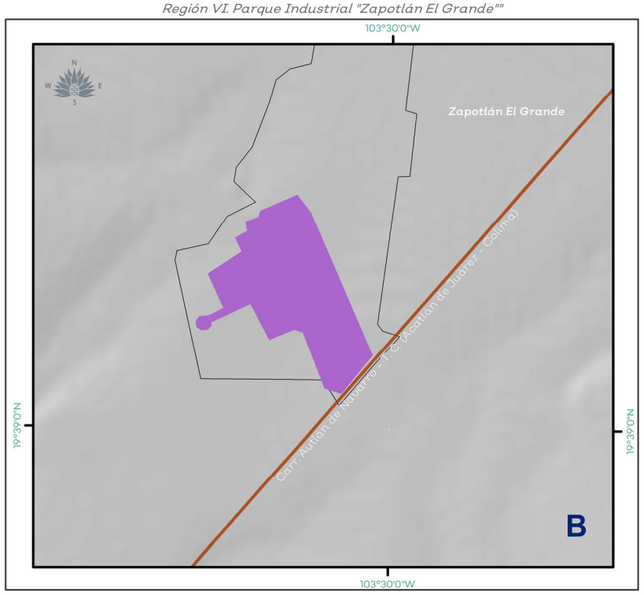
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

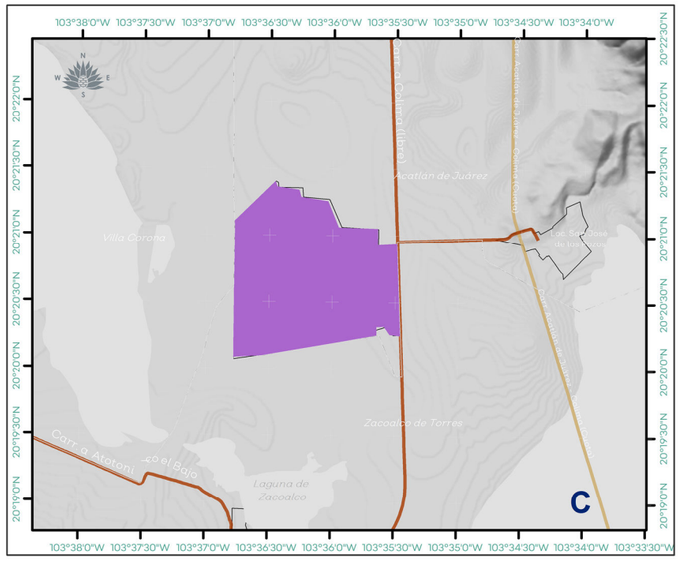
Región II. Parque Industrial "Colinas de Lagos"



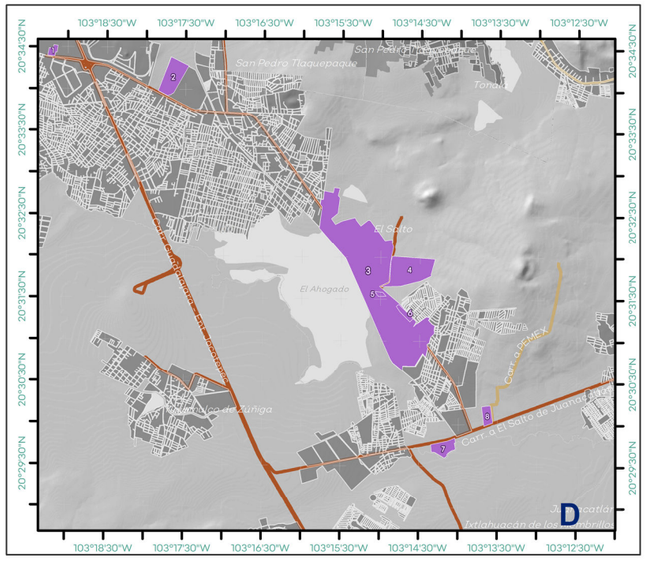
Región VI. Parque Industrial "Zapotlán El Grande""



Región XII. Parque Industrial "Centro Logístico de Jalisco"



Región XII. Parques Industriales "El Salto"



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales por Región
QTC - A - 18

Leyenda Temática

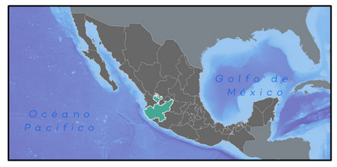
Parques Industriales

R - XII Centro
1. Montenegro
2. Los Altos
3. El Salto
4. CIMEG
5. El Crucero
6. Castillo
7. Panorama
8. El SaltoPark

Simbología

- Regiones
- Municipios
- Manzanas
- Cuerpos de Agua
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala.....1:1 800 000

Fuente

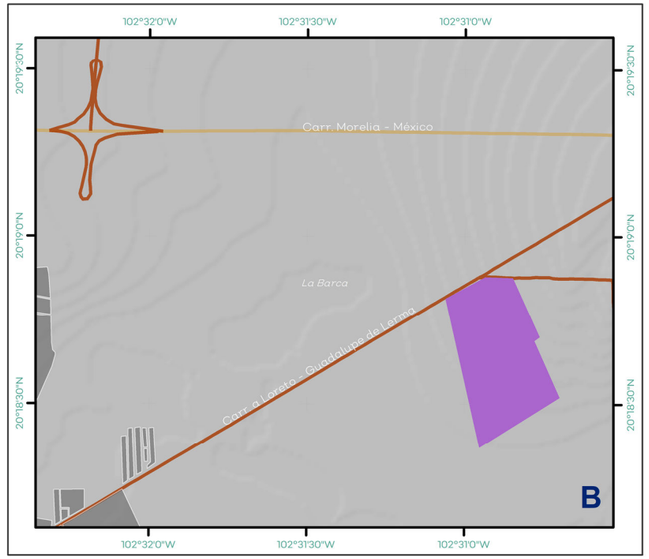
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

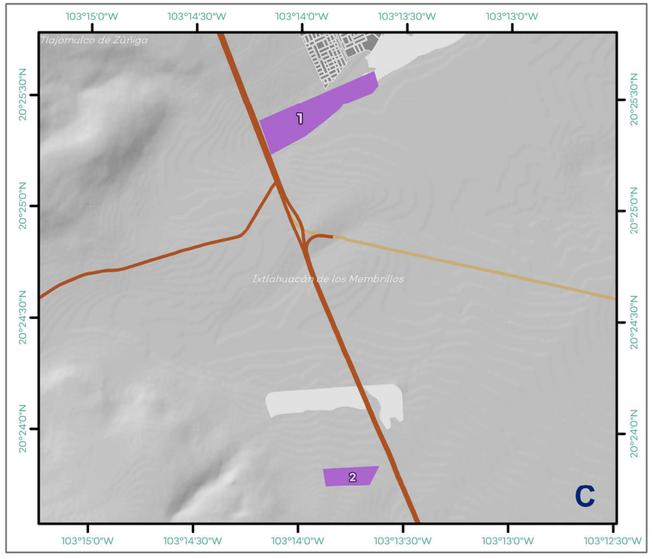
Junio 2024

Región X. Parque Industrial "Tala"



Región IV. Parque Industrial "La Barca Jalisco"





Región XII. Parques Industriales en Ixtlahuacán de los Membrillos

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales por Región
QTC - A - 19

Leyenda Temática

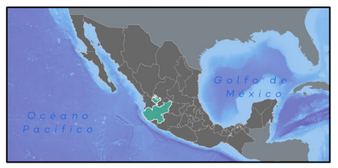
Parques Industriales

R - XII Centro
1. Kampus industrial Santa Rosa
2. Cedros

Simbología

- Regiones
- Municipios
- Manzanas
- Cuerpos de Agua
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

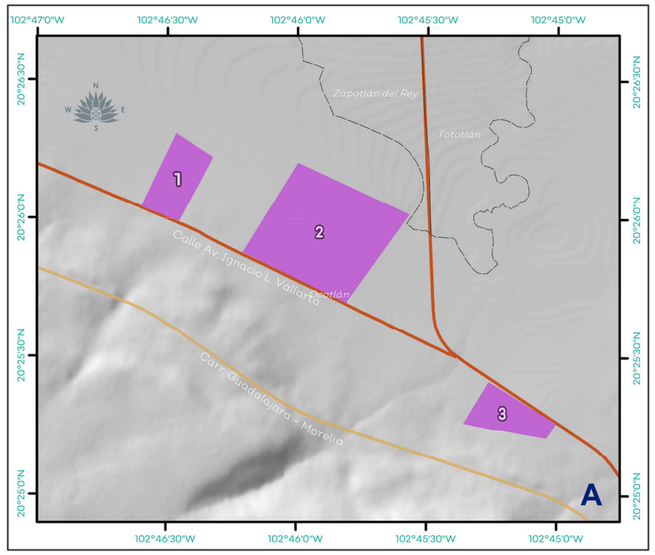
Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala.....1:1 800 000

Fuente

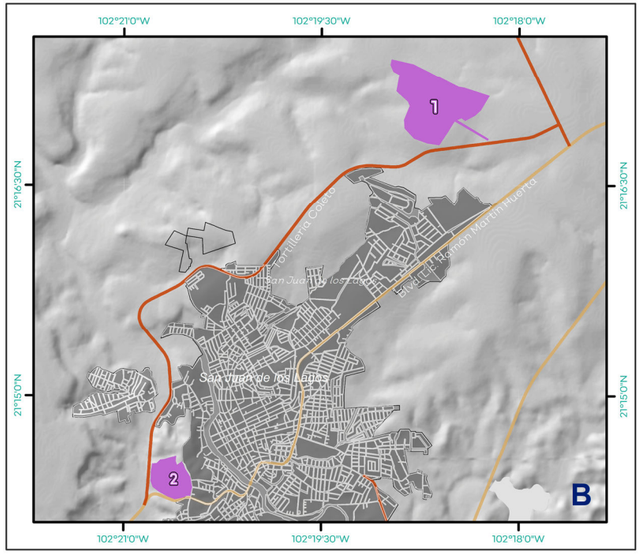
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

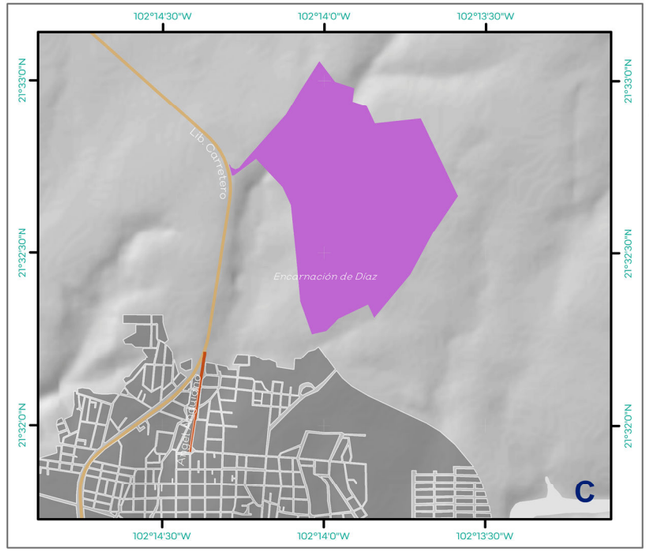
Región IV. Parques y Zonas Industriales "Ocotlán"



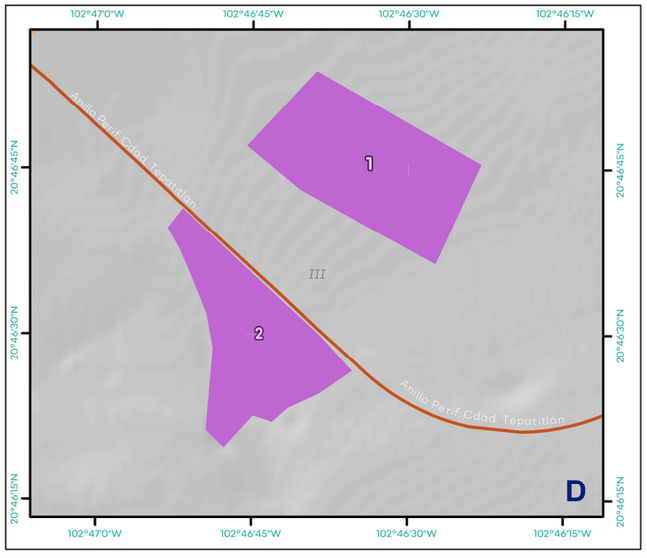
Región II. Parques Industriales "San Juan de los Lagos"



Región II. Parque Industrial "45 Valley"



Región III. Parques Industriales "Tepatitlán de Morelos"



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales por Región
QTC - A - 20

Leyenda Temática

Parques Industriales

R - IV Ciénega
1. Parque industrial Ocotlán
2. PI. Fabrica de Nestlé
3. Grupo TAOSA

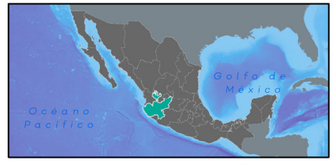
R - II Altos Norte
1. PROAN Complejo industrial
2.Parque industrial PROAN

R - III Altos Sur
1. Parque industrial Los Altos
2.Parque industrial Royal Park Sur

Simbología

- Regiones
- Municipios
- Manzanas
- Cuerpos de Agua
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

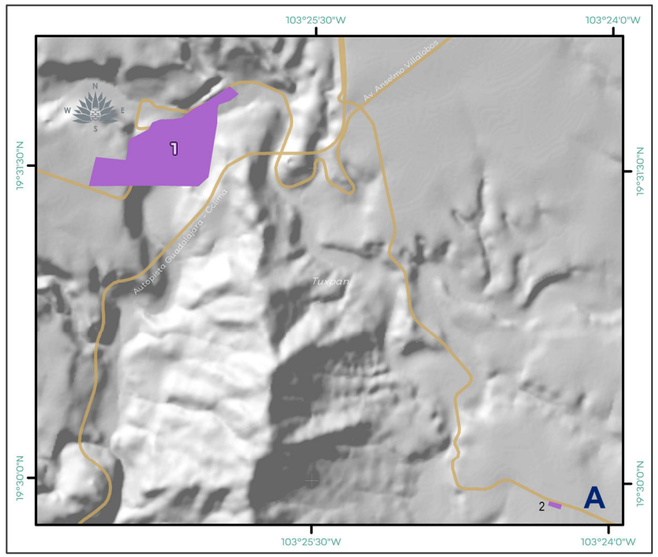
Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala.....1:1 800 000

Fuente

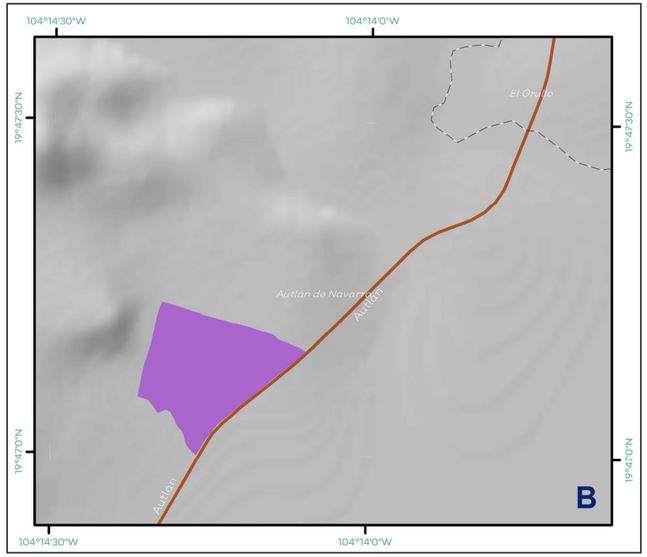
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Región VI. Zonas Industriales "Tuxpan"



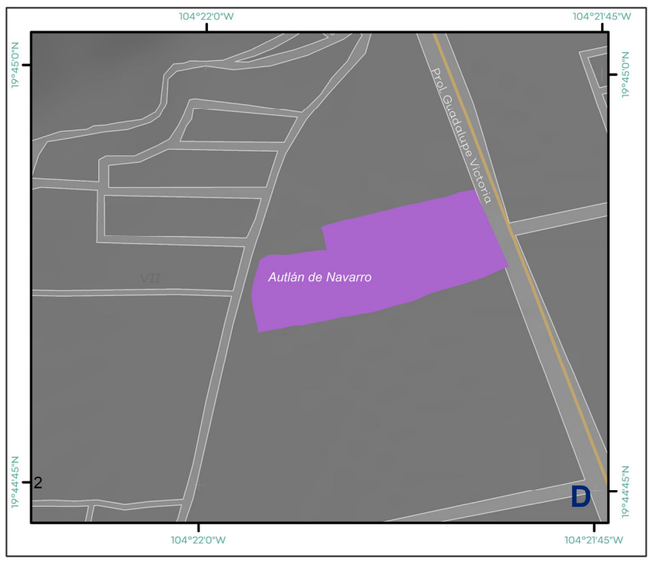
Región VII. Parque Industrial "Ingenio"



Región VI. Parque Industrial "Ingenio"



Región VII. Parque Industrial "Vergeles"



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales por Región
QTC - A - 21

Leyenda Temática

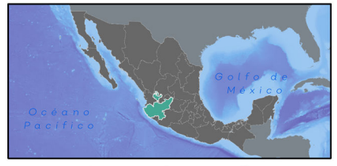
Parques Industriales

R - VI Sur
1. Bio Pappel Kraft
2. PROENSI

Simbología

- Regiones
- Municipios
- Manzanas
- Cuerpos de Agua
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

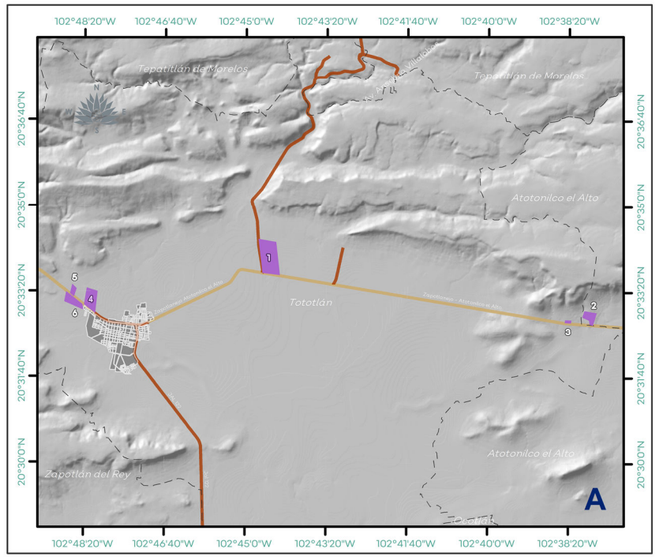
Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala.....1:1 800 000

Fuente

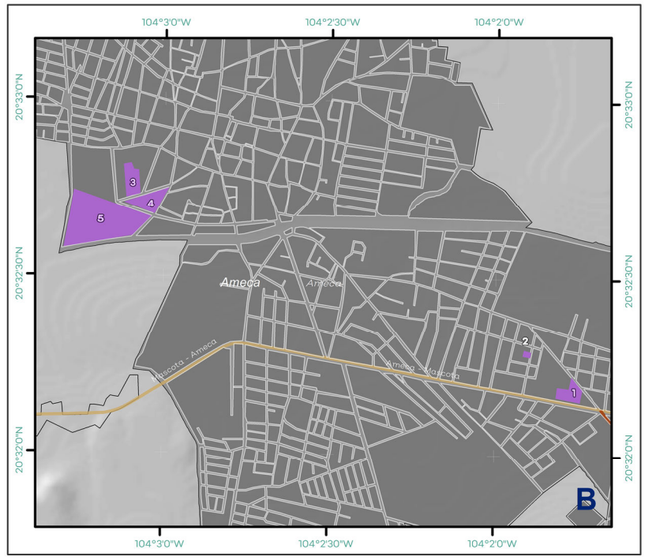
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimetrico Oceanico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

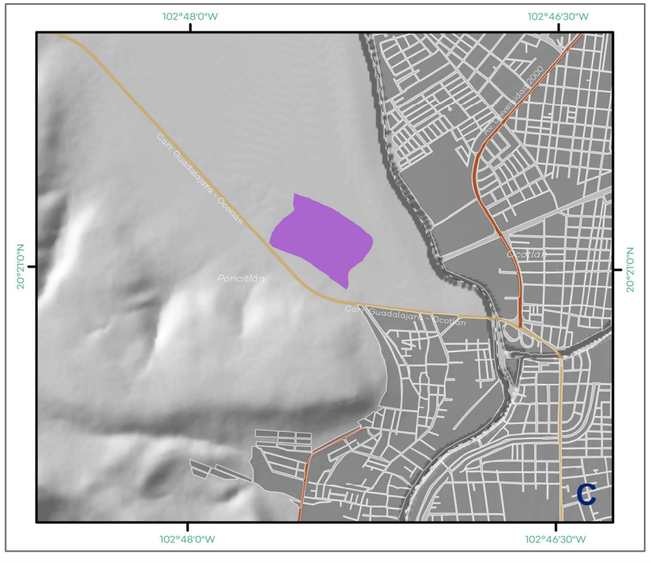
Región IV. Zonas Industriales "Tototlán"



Región X. Zonas Industriales "Ameca"



Región IV. Zona Industrial "Poncitlán"



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales por Región
QTC - A - 22

Leyenda Temática

Parques Industriales

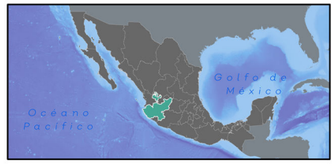
R - IV Ciénega "Tototlán"
1. Leche 19 Hermanos
2. Sonora Agropecuaria
3. Tequila El Viejo
4. Forrajera 19 Hermanos
5. Planta PetFood
6. La Madrileña

R - X Valles
1. Las Margaritas
2. Santa Fe Confecciones
3. Forrajera
4. Industrial Melder
5. Ingenio San Francisco Ameca

Simbología

- Regiones
- Municipios
- Manzanas
- Cuerpos de Agua
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



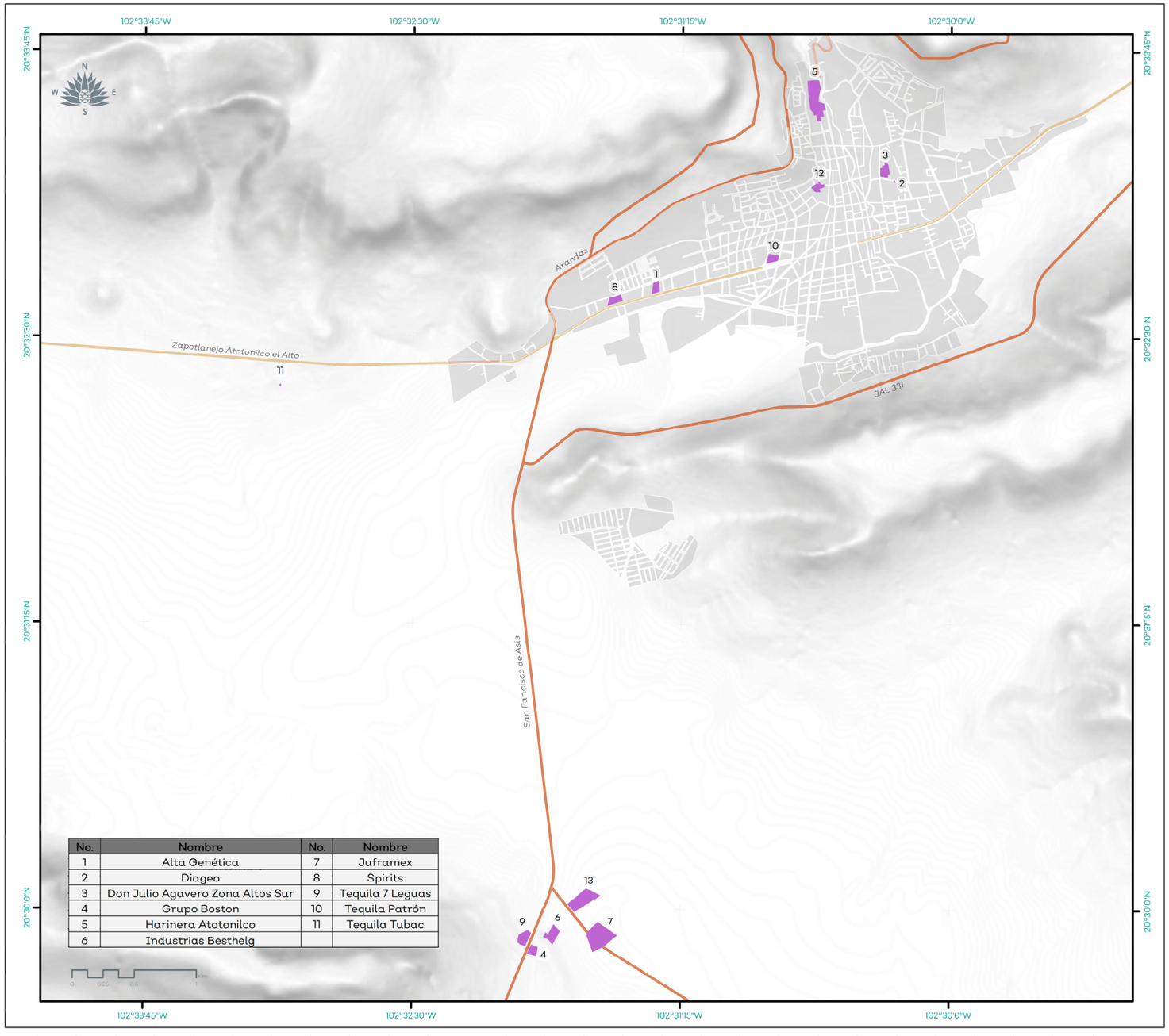
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum.....ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala.....1:1 800 000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. 2020. Localidades rurales y urbanas.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



No.	Nombre	No.	Nombre
1	Alta Genética	7	Juframex
2	Diageo	8	Spirits
3	Don Julio Agavero Zona Altos Sur	9	Tequila 7 Leguas
4	Grupo Boston	10	Tequila Patrón
5	Harinera Atotonilco	11	Tequila Tubac
6	Industrias Besthelg		

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Parques Industriales en el Municipio de Atotonilco el Alto
QTC - A - 23

Leyenda Temática

Parques industriales

Simbología

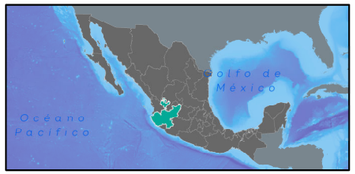
Cuerpos de Agua

Zonas Urbanas

Límite Municipal

Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Elipsoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,25,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Elaborado por Soluciones SIG S.A. de C.V., con base a Corredores Industriales en México por Geocomunes, 2020.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.1.6. Vulnerabilidad

Para el apartado de vulnerabilidad se realizó el conteo de las pérdidas o daños que se podrían presentar en las zonas de Riesgo, Peligro, Zona de amortiguamiento y Zona de cambio de dirección del viento, de acuerdo a los mapas de las modelaciones por peligro por almacenamiento de sustancias peligrosas en el Estado. La descripción se realizó identificando en qué parte de la pluma de dispersión se concentran las afectaciones, tomando en cuenta a la población total, número de viviendas en general, también se consideraron escuelas, equipamiento público, hospitales y centros de salud, así como el número de comercios con el total de pérdidas económicas al año y empleados afectados.

El conteo de pérdidas se muestra de la tabla QTC-A-3 hasta la QTC-A-7, cada tabla corresponde a un escenario proyectado por la industria. La descripción se realizó para cada uno de los vientos predominantes de la zona. Si bien se puede observar que no en todas las tablas se muestran las categorías de zonas de dispersión de la pluma, ya que no se presentan pérdidas para dichas zonas.

Tabla QTC-A-3. Sistemas expuestos modelación industria Archrom .

	Oleum							
Vientos predominantes	**Viviendas**	**Población**	**Escuelas**	**Hospitales y Centros de Salud**	**Equipamientos públicos**	**Comercio**	**Producción anual**	**Empleados**
Este (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	4	$6,650,178	34
Este (Zona de riesgo)	82	143	4	4	10	442	$1,444,013,471	1,877
Este (Zona cambio de dirección)	3,191	8,218	25	4	32	289	$1,227,271,438	1,419
Oeste (Zona anaranjada)	183	507	2	0	0	0	0	0
Oeste (Zona de amortiguamiento)	955	2,647	0	0	4	1	$1,133,552,529	251
Oeste (Zona cambio de dirección)	1,035	3,030	7	2	10	2	$5,239,382	11
Sur (Zona cambio de dirección)	3,458	9,755	35	10	51	735	$3,811,540,990	3,543

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-4. Sistemas expuestos modelación industria INGREDION

	Anhídrido acético							
Vientos predominantes	**Viviendas**	**Población**	**Escuelas**	**Hospitales y Centros de Salud**	**Equipamientos públicos**	**Comercio**	**Producción anual**	**Empleados**
Este (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	1	$3,373,472,979	251
Este (Zona de amortiguamiento)	0	0	4	4	10	13	$11,646,592	24
Este (Zona cambio de dirección)	0	0	1	1	0	112	457,491,442	986
Oeste (Zona de amortiguamiento)	0	0	0	0	0	3	$23,857,893	31
Oeste (Zona cambio de dirección)	0	0	0	1	0	109	$710,356,554	1,412

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-5. Sistemas expuestos modelación industria Sello Rojo

	Amoniaco							
Vientos predominantes	**Viviendas**	**Población**	**Escuelas**	**Hospitales y Centros de Salud**	**Equipamientos públicos**	**Comercio**	**Producción anual**	**Empleados**
Este (Zona cambio de dirección)	0	0	0	0	0	41	$1,987,819,123	1,086
Oeste (Zona cambio de dirección)	0	0	1	0	0	35	$330,188,703	505

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-6. Sistemas expuestos modelación industria Zoltek

	Acrilonitrilo							
Vientos predominantes	**Viviendas**	**Población**	**Escuelas**	**Hospitales y Centros de Salud**	**Equipamientos públicos**	**Comercio**	**Producción anual**	**Empleados**
Este (Zona de amortiguamiento)	0	0	0	0	0	3	$147,468,473	187

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación industria Gas Rosa

Gas LP								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercio	Producción anual	Empleados
Este (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	22	$2,677,849,100	1,841
Este (Zona de peligro)	0	0	1	0	5	29	$32,047,359	129
Oeste (Zona de amortiguamiento)	18	24	11	1	11	387	$3,115,753,760	4,166

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación Mexichem

Nube de Hipoclorito								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercios	Producción anual	Empleados
Este (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	0		
Este (Zona de peligro)	0	0	0	0	0	0		
Este (Zona de amortiguamiento)	7,587	16,441	3	1	3	10		
Oeste (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	0	$1,468,967,333.36	2,651
Oeste (Zona de peligro)	3,166	7,370	0	0	3	10	$381,651,583	3,657
Oeste (Zona de amortiguamiento)	17,997	33,408	20	3	35	12	$1,850,618,916.36	5,894

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación Mexichem

Nube de cloro CEA SIAPA								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercios	Producción anual	Empleados
Suroeste (Zona de riesgo)	720	2,269	0	0	1	25	$2,074,000.20	1,462
Suroeste (Zona de peligro)	6194	18,559	14	0	13	760	$6,937,000.64	8,342
Suroeste (Zona de amortiguamiento)	86,652	269,155	148	21	175	16,466	$46,715,000.00	94,140
Noreste (Zona de riesgo)	2,680	9,014	2	1	0	212	$160,000,000.00	749
Noreste (Zona de peligro)	4,477	15,088	5	2	4	310	$296,500,000.00	1,289
Noreste (Zona de amortiguamiento)	33,990	107,196	33	4	58	2035	$8,834,830,000.00	13,145

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación Hydra Quim

Etano								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercios	Producción anual	Empleados
Suroeste (Zona de riesgo)	268	1044	0	0	0	10	$57,440,000.00	47
Suroeste (Zona de peligro)	361	1391	0	0	0	16	$64,300,000.00	70

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación Tequilera Pernod Ricard

Etanol								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercios	Producción anual	Empleados
Suroeste (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	0	N/A	5
Suroeste (Zona de peligro)	0	0	0	0	0	0	N/A	234
Suroeste (Zona de amortiguamiento)	0	0	0	0	0	0	N/A	564

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla QTC-A-7. Sistemas expuestos modelación Pemex TAD El Castillo

Gasolina Regular								
Vientos predominantes	Viviendas	Población	Escuelas	Hospitales y Centros de Salud	Equipamientos públicos	Comercios	Producción anual	Empleados
Suroeste (Zona de riesgo)	0	0	0	0	0	0	$1,862,000,000.00	5
Suroeste (Zona de peligro)	0	0	0	0	0	4	$1,862,000,000.00	828
Suroeste (Zona de amortiguamiento)	0	0	0	0	0	5	$1,863,330,000.00	831

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

1.2.2. Transporte de sustancias peligrosas

1.2.2.1. Introducción

Los accidentes en tema de transporte terrestre de sustancias peligrosas, materiales y residuos son eventos en los que hay una alta probabilidad de la liberación de estas sustancias y esto podría afectar a las personas a su alrededor, al medio ambiente y a propiedades. El riesgo en el transporte depende en primer lugar de las características peligrosas de cada sustancia, material o residuo, las cuales se manifestarán en las consecuencias específicas de los eventos que puedan presentarse.

Mas sin embargo es necesario el transporte de estos materiales y residuos peligrosos, ya que son fuente de materia prima en los diferentes procesos industriales, para el consumo humano o como residuos que se transportan para ser dispuestos o reutilizados, es por ellos que dentro del atlas se debe tener como objetivo identificar los impactos posibles asociados a la siniestralidad en carreteras federales, caminos y vialidades.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo nos permiten tener un panorama de los riesgos y peligros, así como sus posibles impactos que se han presentado a través de las estadísticas y antecedentes de siniestralidad.

La evaluación del riesgo de las substancias involucradas en los accidentes carreteros analiza en dónde fueron o podrían ser los escenarios críticos, esto se logró a través del modelo ALOHA, caracterizando las sustancias más transportadas en el municipio por medio de auto tanques o pipas.

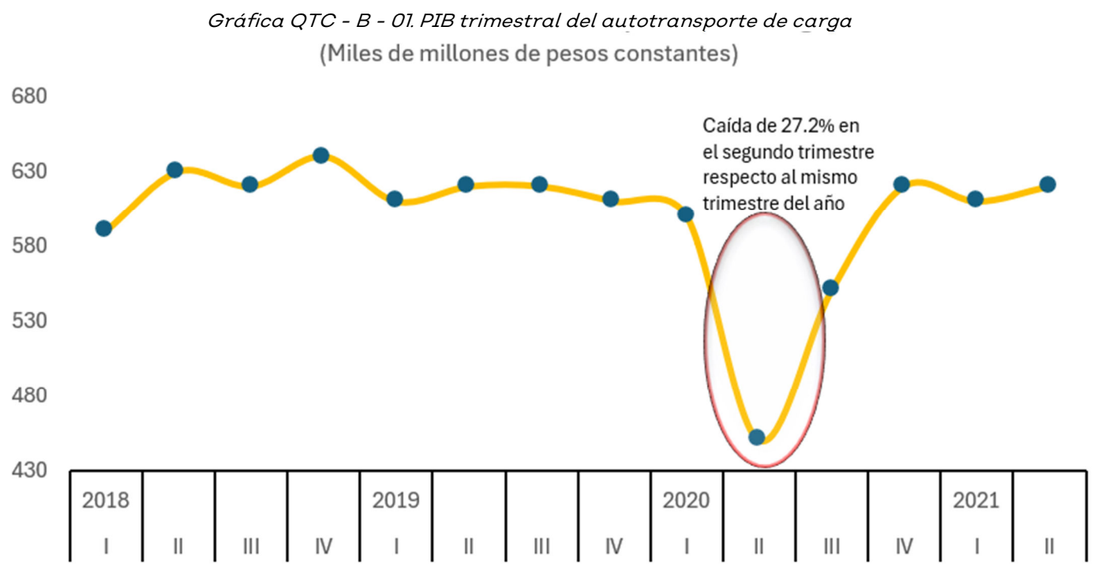
El transporte de materiales y residuos peligrosos es una actividad productiva que involucra una amplia gama de productos y de vehículos para su traslado.

En México actualmente el transporte terrestre es el más utilizado, contando aproximadamente con 370 km de vialidades. De estos el 45.1% son caminos rurales, el 24% son estatales, el 17.9% son de brecha y el 12.9% son caminos federales. Sin embargo, a nivel internacional, la calidad de las carreteras se encuentra debajo a comparación con otros países como bien pueden ser Canadá, España y Estados Unidos, pero comparando con otros países de Latinoamérica, México se encuentra en los primeros puestos sólo por debajo de chile (Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C, 2016).

Hay que tener en cuenta que el autotransporte de carga es el medio de transporte con la mayor participación en México, representando el 56.4% del PIB del sector de transportes en 2020. Por lo que respecta al crecimiento promedio anual del PIB del autotransporte de carga, es del 3.4 entre 1993 a 2020, hay que tener en cuenta que debido a las restricciones derivadas de la pandemia del Covid-19, la caída del PIB del autotransporte de carga fue de 10.1 %.

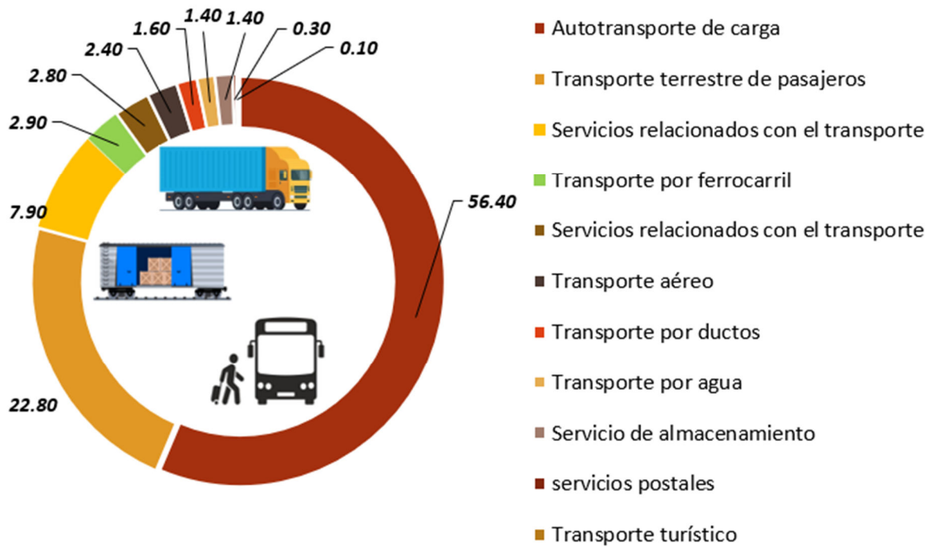
Como tal el PIB del autotransporte de carga tuvo una profunda caída del 27.2% en el segundo trimestre de 2020, esto respecto al mismo trimestre del año anterior. Esto como ya se mencionó anteriormente es derivado de las restricciones sanitarias provenientes de la pandemia por el Covid-19, afortunadamente como se puede ver en la Gráfica QTC-B-1, es así que en los primeros dos trimestres del 2021 alcanza niveles de producción cercanos a los que se tenían previo a la pandemia.

Gráfica QTC - B - 01. PIB trimestral del autotransporte de carga



(Miles de millones de pesos constantes)
Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2013.

Gráfica QTC - B - 02. % del PIB de los transportes, correos y almacenamiento
(Porcentajes del PIB a precios corrientes).



Fuente: INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales de México, 2020.

Como se puede ver el autotransporte forma parte fundamental de la economía de nuestro país y de ahí deriva la importancia de identificarlo, regular, medirlo y en cuestión de accidentes o siniestralidad poder definir adecuadamente los riesgos que representa para la población, al medio ambiente y a propiedades. Es así que se empezará definiendo el sistema con sus materiales y residuos peligrosos.

El transporte de materiales y residuos peligrosos incluye: explosivos, gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, líquidos inflamables, sólidos inflamables, oxidantes y peróxidos orgánicos, tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos, radiactivos, corrosivos y otros. Por sus características, que son corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológicas infecciosas, y que representan un riesgo no solo para el medio ambiente sino también para la infraestructura y la población que se encuentran en el área de impacto.
Las substancias peligrosas se pueden definir como aquel elemento o compuesto, o la mezcla química de ambos, que tiene características de corrosividad, reactividad, inflamabilidad, explosividad, toxicidad, biológico infecciosas, carcinogenicidad, teratogenicidad o mutagenicidad (DOF, 2023).

Una sustancia tóxica es aquel elemento o compuesto, o la mezcla de química de ambos que, cuando por cualquier vía de ingreso, ya sea inhalación, ingestión o contacto con la piel o mucosas, causan efectos adversos al organismo, de manera inmediata o mediata, temporal o permanentemente, como lesiones funcionales, alteraciones genéticas, teratogénicas, mutagénicas, carcinogénicas o la muerte (DOF, 2023). Aun con estas definiciones Propuestas por la Ley General de Salud debemos tener también en cuenta las definiciones para estas substancias por parte del Reglamento para el Transporte de Materiales y Residuos el cual cuenta con 3 definiciones para caracterizar los materiales y residuos peligrosos.

Material peligroso Se puede definir como aquellas substancias peligrosas o sus remanentes, sus envases, sus embalajes y demás componentes que conformen la carga que será transportada o movida por las unidades de transporte correspondientes (DOF, 2012).

Los residuos peligrosos son aquellos que tienen propiedades de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad, o que puedan contener agentes infecciosos que les confieran peligrosidad para las personas que los manipulan, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro lugar. Su eliminación o confinamiento y control están sujetos a la normatividad emitida por la autoridad correspondiente (DOF, 2012).

Las substancias peligrosas se pueden definir como todo aquel elemento, compuesto, material o mezcla de ellos que independientemente de su estado físico, represente un riesgo potencial para la salud, el ambiente, la seguridad de las personas que los manipulen y/o a la propiedad de terceros; también se consideran bajo esta definición los agentes biológicos causantes de enfermedades (DOF, 2012).

Una vez bien definido los materiales y sustancias peligrosas se pueden clasificar de igual manera por sus características según su clase y denominación.

Tabla QTC - B - 01. CLASIFICACIÓN DE LAS SUBSTANCIAS PELIGROSAS

Clase	Denominación
1	Explosivos
2	Gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión.
3	Líquidos inflamables
4	Sólidos inflamables
5	Oxidantes y peróxidos orgánicos.
6	Tóxicos agudos (venenos) y agentes infecciosos
7	Radiactivos
8	Corrosivos
9	Varios

Fuente:(DOF, 2012)

Para clase 1 tenemos a los explosivos que podemos definir como objetos que contienen una o varias substancias explosivas y dependiendo el tipo de riesgo se puede dividir en 6 partes:

Tabla QTC -B - 02

División	Denominación
1.1	Substancias y objetos que representan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, es decir que la explosión se extiende de manera prácticamente instantánea a casi toda la carga.
1.2	Substancias y objetos que representan un riesgo de proyección, pero no un riesgo de explosión de la totalidad de la masa.
1.3	Substancias y objetos que representan un riesgo de incendio y de que se produzcan pequeños efectos de onda expansiva, de proyección o ambos, pero no riesgo de explosión de la totalidad de la masa. Se incluyen en esta división las substancias y objetos siguientes: a) Aquellos cuya combustión da lugar a una radiación térmica considerable. b) Aquellos que arden sucesivamente con pequeños efectos de onda expansiva, de proyección, o ambos.
1.4	Substancias y objetos que no representan un riesgo considerable.
1.5	Substancias muy poco sensibles que presentan un riesgo de explosión de la totalidad de la masa, pero que es muy improbable su iniciación o transición de incendio o detonación bajo condiciones normales de transporte.
1.6	Objetos extremadamente insensibles que no presentan un riesgo de explosión a toda la masa, que contienen sólo sustancias extremadamente insensibles a la detonación y muestran una probabilidad muy escasa de iniciación y propagación accidental.

Fuente: (DOF, 2012)

Para la clase 2 y de acuerdo al Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos comprende a los gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión, son substancias que entran en esta clase por las siguientes características:

- A 50°C tienen una presión de vapor mayor de 300 kPa.
- Son completamente gaseosas a 20°C a una presión normal de 101.3 kPa.

Para su transporte estas sustancias se clasifican de acuerdo con su estado físico o fase como:

- Gas comprimido, aquél que bajo condiciones de presión se encuentra en estado gaseoso a 20° C.
- Gas licuado, gas que se encuentra parcialmente líquido en condiciones de presión constante.
- Gas licuado refrigerado, gas que se encuentra parcialmente líquido derivado de encontrarse a temperaturas bajas.
- Gas en solución, gas que se encuentra comprimido y disuelto en un solvente.

Así mismo para la clase 3 el Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos comprende a líquidos inflamables que son líquidos o mezclas de líquidos que contienen substancias sólidas en solución o en suspensión, sueltan vapores inflamables a una temperatura no superior a 60° C. Dentro de esta clase las substancias que tenemos son:

- Líquidos que en condiciones de transporte se encuentran a temperaturas iguales o superiores a las de su punto de inflamación.
- Substancias que para su transporte se encuentran a condiciones de temperatura elevadas en estado líquido y que desprenden vapores inflamables a una temperatura máxima de transporte.
- Líquidos que se encuentran en un punto de ebullición inicial, igual o menor a temperatura de 35°C.
- Líquidos que exhiben un punto de inflamación que en condiciones de copa cerrada se encuentran a una temperatura menor de 23°C y un punto inicial de ebullición mayor a 35° C (DOF, 2012).

En la clase 4 podemos encontrar a los sólidos inflamables como substancias que presentan riesgo de combustión espontánea o aquellos que al contacto con el agua reaccionan desprendiendo gases inflamables como sus principales características tenemos las siguientes:

- Substancias sólidas que por sí solas no representan un peligro por explosión pero que en condiciones de transporte si pueden llegar a ser inflamables con cierta facilidad. Así mismo se puede decir que son substancias que presentan un riesgo de combustión espontánea.
- Otra de sus características principales de estas substancias son que pueden llegar a ser reactivas con el agua, reaccionando violentamente desprendiendo gases inflamables en cantidades considerables.

Para la clase 5 tenemos a substancias oxidantes y peróxidos orgánicos, estás se dividen considerando lo siguiente:

Las substancias oxidantes, aunque no son necesariamente combustibles podrían llegar a liberar oxígeno causando y facilitando la combustión de otras substancias.

Los peróxidos orgánicos clasificados como sustancias orgánicas derivadas del peróxido de hidrógeno (H2O2) donde uno de los átomos del hidrógeno o hasta ambos son reemplazados por radicales orgánicos y es por esto que los peróxidos son sustancias térmicamente inestables que sufren una descomposición exotérmica. Es así cómo pueden tener una o varias de las siguientes características:

- Descomposición explosiva.
- Arder rápidamente.
- Ser inestables a los golpes o a la fricción.
- Reaccionan violentamente al entrar en contacto con otras substancias.
- Causan daños a la vista (DOF, 2012).

Dentro de la clase 6 tenemos a los tóxicos agudos (venenosos) como aquellas substancias que podrían llegar a causar la muerte, lesiones o llegar a ser nocivas para la salud si se inhala, se ingiere o entra en contacto con la piel y los ojos.

Por otra parte, dentro de esta clase tenemos a los agentes infecciosos y como su nombre lo indica son sustancias que contienen agentes patógenos infecciosos como bien pueden ser bacterias, virus, parásitos, hongos, etc. Estos agentes son capaces de producir enfermedades en humanos, animales y vegetales. (DOF, 2012).

Dentro de la clase 7 tenemos a los agentes reactivos que son cualquier material que contenga radionúclidos en los que tanto las concentraciones de actividad específica superan valores determinados y predefinidos estos son los 70[kBq]/[kg]. A medida que cambia cada átomo, este emite una radiación invisible que puede llegar a causar radiación ionizante, esto podría dañar al cuerpo, dependiendo del tiempo de exposición y dependiendo el tipo de radiación que reciba.

A la clase 8 es a la que pertenecen las substancias corrosivas líquidas o sólidas que por su acción química que causan lesiones graves a los tejidos vivos si se entra en contacto con ellos, si estas substancias se escapan o se liberan de donde son contenidas pueden causar destrucción de otras mercancías o de sus mismas unidades transportadoras.

Algunos ejemplos de estos agentes corrosivos son:

- Ácidos inorgánicos concentrados (excepto fluorhídrico) y anhídridos ácidos
- Ácidos inorgánicos concentrados, comburentes y que reaccionan violentamente con el agua.
- Ácido fluorhídrico.
- Ácido nítrico.
- Bromo.
- Peróxido de hidrógeno.
- Sólidos corrosivos y tóxicos.

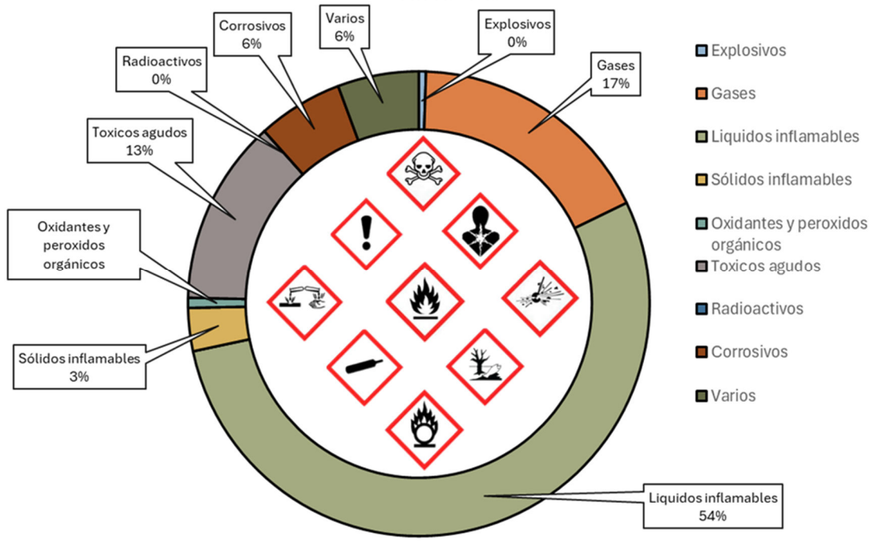
La clase 9 y última es a la que pertenecen las substancias llamadas “varios”, en esta clasificación entran aquellas substancias que durante el transporte presentan un riesgo diferente a las demás clases, pero siguen requiriendo un manejo especial para su transporte, esto derivado de que presentan un riesgo para la salud, la seguridad, el medio ambiente, a las personas que las manipulan y a la infraestructura alrededor.

Una vez abordado la clasificación para las substancias peligrosas que son transportadas a lo largo de las carreteras debemos entender que los accidentes derivados de estas substancias producen emergencias ambientales que se traducen en riesgos, generados no solo al medio ambiente sino también a la infraestructura de la carretera y a las personas que se encuentren alrededor puede ser por fuga, derrame o explosión, lo que deriva de una emergencia ambiental que la prioridad es que debe de ser evaluada, atendida y registrada.

Una emergencia ambiental se puede traducir como un evento no deseado o no planeado inesperado, durante la realización de una actividad, por causas naturales o antropogénicas, que impliquen la liberación de materiales peligrosos o energía en cantidades considerables que llegan a causar daños a las personas o al medio ambiente (DOF, 2014).

En este atlas abordaremos el estudio de 3 accidentes reportados en el presente año y 3 accidentes simulados de acuerdo con la estadística de accidentes con vehículos de transporte de materiales peligrosos por tipo de sustancia.

Gráfica QTC - B - 03. Porcentaje de accidentes con transporte de materiales peligrosos por clase de sustancia.



Fuente: Elaboración propia con base en el banco de datos del SAADA (Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes)

Como se puede observar en la Gráfica QTC-B-3. las sustancias pertenecientes a la clase 3 “Líquidos inflamables” y en otro porcentaje la clase 2 “gases comprimidos, refrigerados, licuados o disueltos a presión” son las sustancias involucradas con el mayor número de incidentes.

Para el análisis de las incidencias se deben proporcionar información útil para la identificación de las causas de estos accidentes relacionados con el transporte de materiales y residuos peligrosos, es por esto que es muy importante continuar manteniendo y operando las bases de datos encargadas de registrar la información.

Determinación del escenario Crítico para accidentes

Para la evaluación del impacto ambiental que tiene un accidente, es necesario conocer el efecto que este tiene con diferentes materiales y substancias, como bien puede ser el radio de afectación.

Cuando ocurre un accidente al transportar sustancias o materiales peligrosos existe la posibilidad de que el material o substancias sea liberado al medio ambiente, esto como consecuencia del rompimiento del tanque o contenedor donde se transportaba dicha substancia y es por eso que se debe de hacer una estimación del área afectada, esto para estimar el riesgo generado en un nivel preventivo para proteger a las personas que se encuentren alrededor.
Los escenarios posibles de un accidente pueden ser 4 y este escenario depende de las circunstancias y características de cada una de las substancias al momento de ser transportadas.

- Liberación de la sustancia al medio ambiente.
- Ondas de calor producidas por un incendio.
- Proyectiles, producto de una explosión.
- Ondas de sobrepresión generadas de una exposición.

Para que estas simulaciones nos den un resultado de los radios de afectación probable se debe de crear un escenario crítico y para esto es necesario conocer cuál es la importancia de cada una de las variables requeridas en dicho modelo, para posteriormente introducir dichas variables con base en las investigaciones y estadísticas realizadas.

Para realizar estas simulaciones es necesario establecer qué riesgos son los derivados de un accidente con el transporte de materiales peligrosos y para esto es necesario conocer los parámetros bajo los cuales opera el software (ALOHA), los cuales son los siguientes:

- Selección de la sustancia transportada.
- Condiciones atmosféricas (Velocidad del viento, temperatura ambiente, nubosidad y rugosidad del suelo).
- Características del sitio (Localización, infraestructura alrededor).
- Escenario.

Para cada una de las sustancias que se transportan representan un tipo de riesgo según sus propiedades y es por esto que es necesario realizar la modelación para cada una de estas sustancias por separado para que se pueda diferenciar el riesgo de cada una. Estas substancias pueden ser muy variadas entre sí y de diferente familia de hidrocarburos (hidrocarburos acíclicos, hidrocarburos cíclicos, hidrocarburos aromáticos e hidrocarburos alifáticos). Sin embargo, el Software no cuenta con la información necesario para realizar estas simulaciones para cada uno de los productos derivados del petróleo, sin embargo, se puede interpretar un radio de afectación probable para la modelación de sus componentes individuales tales como pueden ser (Benceno, butano, Iso-butano, etano, propano, pentano, etc....).

Metodología y Memoria de Cálculo

De acuerdo con el anexo 20 de la guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos, publicado por el Diario Oficial de la Federación de fecha 8 de noviembre del 2016 se debe ubicar la Red Nacional de Caminos las vías por dónde transitan o pueden transitar vehículos con substancias o materiales peligrosos (Carreteras de jurisdicción federal, estatal o local) (DOF, 2016).

Una vez identificado los diferentes tipos de substancias, además de que tipo de transporte son transportadas y el escenario en que se podrían encontrar se puede empezar con la metodología correspondiente

La identificación de las substancias y materiales peligrosos empieza desde la identificación de la substancia o material sobre el auto tanque o carro tanque, este debe de ser por un cartel de identificación de acuerdo con la norma oficial mexicana emitida por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes NOM-004-SCT-2008, Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos. Para poder determinar la sustancias o material peligroso que es transportado de acuerdo con el número de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) se empleó la norma oficial mexicana NOM-002-SCT-2011, la Guía de Respuesta a Emergencia (secciones amarilla y azul) (DOF, 2016).

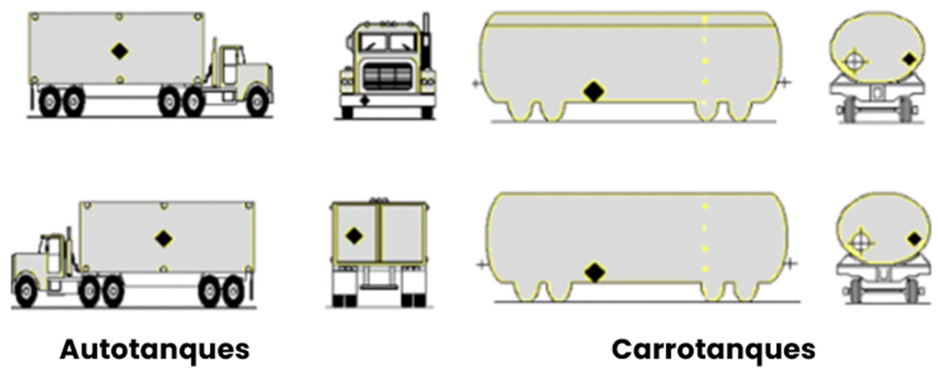
Imagen QTC - B - 01. Guía de Respuesta en caso de Emergencia



Fuente: SCT secretaria de comunicación y transportes.

De igual manera de acuerdo con el anexo 20 de la guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos la ubicación de los carteles para el transporte de substancias y materiales peligrosos debe de ser la siguiente.

Imagen QTC - B - 02. la ubicación de los carteles para el transporte de substancias y materiales peligrosos



Anexo 20 DOF Guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos

Se propone para la elaboración de este atlas obtener las velocidades máximas en las curvas y tramos de carreteras en la zona de estudio, esto como fundamento de las posibles volcaduras de vehículos pesados en esos puntos.

Para obtener la velocidad máxima de un vehículo sobre una curva es necesario la siguiente ecuación para calcularlo.

Ecu. QTC - B - 01 Velocidad Máxima de un vehículo sobre una curva con peralte.

$$v = \left[\sqrt{r_{curva}} * g * \frac{sen(\emptyset)+Fr(\cos(\emptyset))}{cos(\emptyset)-Fr(\text{sen}(\emptyset))}\right] * R$$

Fuente: Hyperphysics (© C. R. Nave, 2010)

Donde

- V = velocidad máxima de vehículo sobre la curva [m/s]
- r = radio de la curva [m]
- g = gravedad, 9.81 [m/s]
- Fr = Coeficiente de fricción
- θ = Peralte de la curva o inclinación
- R = Factor de conversión de m/s a km/h, 3.6

Para obtener el coeficiente de fricción se propone usar la siguiente Tabla QTC-B-7. Coeficiente de fricción, publicada por LA UNAM y EL Instituto Mexicano del Transporte, esto para vehículos ligeros, pesados y transporte de carga con diferentes números de ejes (tractocamión - semirremolque) (DOF, 2014).

Tabla QTC-B-3. Coeficiente de fricción

Pavimento	**Rígido**		**Flexible**		**Poroso**		**Lechadas**		**Sellos**	
Vehículo	Seco	Mojado	Seco	Mojado	Seco	Mojado	Seco	Mojado	Seco	Mojado
B1 / B2 	0.85	0.45	0.85	0.50	0.85	0.45	0.90	0.55	0.9	0.5
C2 / C3 / C4 	0.80	0.50	0.80	0.50	0.75	0.45	0.80	0.50	0.85	0.50
T2-S2 / T3-S2 	0.80	0.45	0.85	0.45	0.85	0.40	0.80	0.55	0.85	0.45
T3-S2-R2 / T3-S2-R4 	0.80	0.50	0.85	0.45	0.85	0.40	0.85	0.45	0.80	0.40

Fuente: UNAM, IMT 2022

La siguiente tabla contiene los diferentes tipos de remolques o tanques que se usan para el transporte de substancias peligrosas dentro de la red nacional de caminos (carreteras de jurisdicción federal, estatal o local).

Tabla QTC - B - 4. Tabla de tipos de remolque para el transporte de substancias peligrosas.

Tipos de tanque	Características
Tanque Cilíndrico 	Fabricados en acero inoxidable o al carbón. Cuentan con todas las especificaciones, sistemas de seguridad y exigencias requeridas por Pemex.
Tanque para Refinados 	Sus unidades de línea (pudiendo ser remolques o sobre chasis). Incorporan todas las especificaciones y sistemas de seguridad requeridas por Pemex para transportar gasolina, diésel y turbosina. Entre ellas se encuentran: equipo de llenado por el fondo, válvulas neumáticas de tres vías con sensor óptimo, sistema de recuperación de vapores y de paro de emergencia.
Tanque de Acero Inoxidable 	Tanque de acero inoxidable, para transportación de productos alimenticios, químicos y refinados. Con capacidad desde 5000 mil hasta 40 mil litros.
Tanque Elíptico 	Dirigido al transporte de productos refinados, tales como: diésel y gasolina. Fabricado en lámina de acero negro calibre 10, forma elíptica, Capacidad desde 20 hasta 40 mil litros.
Tanque Tipo Termo 	Para el transporte de productos químicos y solventes. Fabricado en lámina de acero inoxidable calibre 10, reforzado con cinchos del mismo calibre. Capacidad desde 20 hasta 44 mil litros. Cuenta con tapas abombadas y cejadas. Charola de derrames fabricada en lámina calibre 10.
Tanque Cilíndrico Recto Tipo Termo para Manejo de Lodos 	Para manejo de lodos (extracción). Fabricado en acero al carbón grado A-36, con cuatro rompeolas en forma de medialuna. Equipado con dos domos redondos de 20" de diámetro y seis mariposas, localizados uno en la parte superior y otro en la parte posterior del tanque (limpieza), escalera tubular del lado izquierdo, descarga trasera de 3" de diámetro con dos válvulas mariposa.
Tanque Cilíndrico Recto Tipo Termo para Manejo de Azufre (líquido) 	Elaborado en acero al carbón, sin rompeolas, con aislamiento térmico en lana mineral comprimida a un espesor de 2" y forro exterior de acero inoxidable. Provisto con sistema de calefacción tipo "serpentín" a lo largo de toda la parte inferior del tanque, para prevenir "zonas frías".
Auto tanque Cilíndrico de Aluminio 	Remolque tipo tanque fabricado en aluminio de alta resistencia, suspensión neumática 2 o 3 ejes según necesidades para transporte de refinados. Pesan una tercera parte del acero; con las nuevas aleaciones del aluminio, su resistencia es mayor que la del acero. Son más seguros, porque no producen chispas y absorben cualquier impacto, deformándose sin lograr abrirse.
Autotanque Cilíndrico de Acero Inoxidable 	Remolque tipo tanque producido en acero inoxidable, suspensión neumática 2 o 3 ejes según necesidades para transporte de refinados, gasolina, diésel y turbosina. Elaborado bajo las normas de Pemex, incluyendo equipo de llenado por el fondo, construido 100 por ciento en acero inoxidable o con componentes en acero al carbón (híbridos).

Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de la caracterización de diferentes tipos de tanques (DOF, 2014).

1.2.2.2. Fichas de Campo

Durante la visita a campo se determinó una muestra del número de unidades que transportan substancias y materiales peligrosos se realizó un conteo buscando que fuera lo más representativo posible siempre considerando la variabilidad de los días de la semana y la hora a la que se hizo el conteo. Se identificó el tipo de vehículo y el material transportado por cada unidad de transporte de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-012-SCT-2-2014. La muestra se tomó del día 6 de febrero de 2014 hasta el 18 de febrero del mismo año, para lo cual se transitaron las siguientes carreteras:

- Carretera León Lagos de Moreno
- Autopista Lagos de Moreno – San Luis Potosí
- Carretera Lagos de Moreno – Aguascalientes
- Libramiento norte de Lagos de Moreno
- Autopista Lagos de Moreno – Zapotlanejo
- Autopista Zapotlanejo – Guadalajara
- Macrolibramiento de Guadalajara
- Carretera Guadalajara – Chapala
- Anillo periférico Norte Manuel Gómez Morín
- Anillo periférico Sur Manuel Gómez Morín
- Anillo periférico poniente Manuel Gómez Morín
- Autopista Guadalajara - Tepic
- Autopista Guadalajara – Colima
- Carretera Guadalajara – Jiquilpan
- Autopista Ciudad Guzmán - Colima

Se seleccionaron estas carreteras, derivado a que son las principales rutas de transporte de sustancias peligrosas dentro del estado de Jalisco, según la cantidad de vehículos registrados.

De las cuales se tomó la siguiente muestra durante esos 13 días.

Tabla QTC-B-5. Muestra obtenida en campo, conteo de vehículos que transportaban sustancias peligrosas

NIP o Código	Nombre del Material	Cantidad	No. de Guía a la cual pertenece
SC	NP	16	NP
1075	Gas Lp o Gas licuado	82	115
1202	Combustible para motores tipo diésel	18	128
1203	Gasolina o Combustibles para motores	62	128
1824	Sosa Cáustica	4	154
1268	Destilados de Hidrocarburos	4	128
1037	Cloruro de etilo	2	115
3161	Gas licuado, inflamable, n.e.p.	2	115
1204	Nitroglicerina, en solución alcohólica, con no más del 1% de nitroglicerina	2	127
3082	Residuo peligroso, líquido, n.e.p.	4	171
1863	Combustible para motores de turbina de aviación	34	128
1073	Oxígeno, líquido refrigerado (líquido criogénico)	18	
3077	Residuo peligroso, sólido, n.e.p.	2	171
1072	Oxígeno	4	122
3065	Bebidas alcohólicas	8	127
1511	Peróxido de hidrógeno o agua oxigenada	2	140
1999	Alquitranes, líquidos	2	130
1263	Pintura o productos para pintura (inflamable)	2	128
1099	Bromuro de alilo	2	131P
TOTAL		272	

**S/C = Sin Código o Rombo para la identificación*
**NP = No aplica*
Fuente: Elaboración Propia de Soluciones SIG a partir de la visita a campo.

Como ya se mencionó antes a pesar de que la muestra se adquirió realizando un conteo buscando que fuera lo más representativo posible siempre considerando la variabilidad de los días de la semana y la hora a la que se hizo el conteo debe de considerarse que solo es representativo y es posible que otras sustancias hayan sido transportadas durante ese periodo de tiempo en otros sitios.

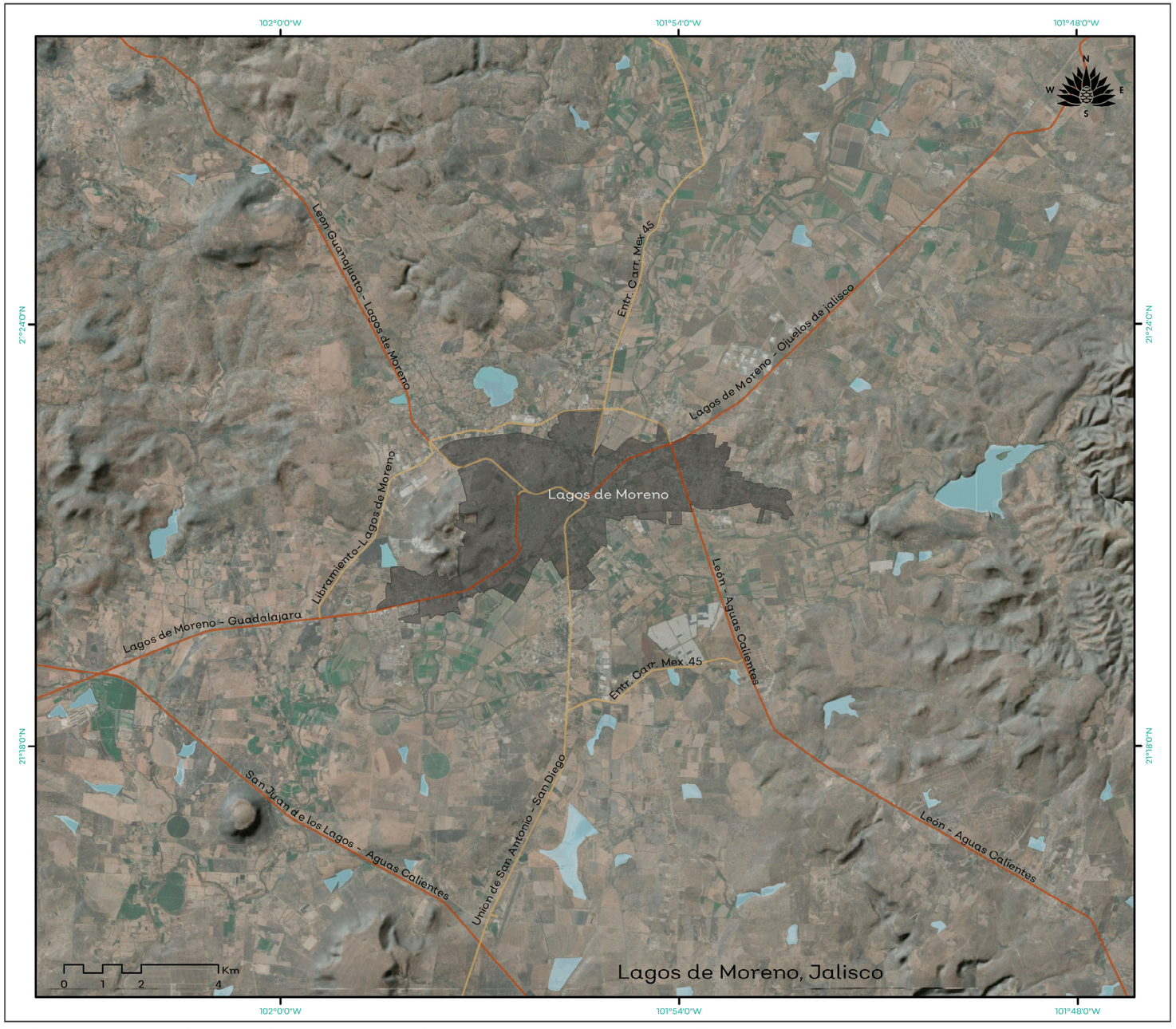
Sin embargo, como se puede ver en la tabla QTC-B-5 las substancias con mayor índice de actividad fueron el gas LP (gas licuado), gasolinas o combustibles para motores y combustibles para motores de aviación. Se tomarán esas 3 substancias como referentes para la modelación de los escenarios críticos, así mismo se tomarán otras 3 substancias derivadas de este conteo que también se consideran de peligro para la población. Para tener una modelación más correcta de un evento, es necesario simular las condiciones más exactas de este y es por eso que se tomarán las condiciones meteorológicas promedio del lugar del estudio.

Las principales rutas de transporte de materiales peligrosos a nivel estatal y regional se pueden consultar en los mapas QTB - B - 12, QTB - B - 13, QTB - B - 14.

Imagen QTC-B-4. Representación Señalamiento del diésel



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la guía de respuesta en caso de emergencia



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Principales Rutas de Transporte de Materiales Peligrosos Lagos de Moreno QTC - B - 12

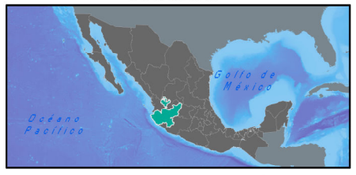
Leyenda Temática

- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



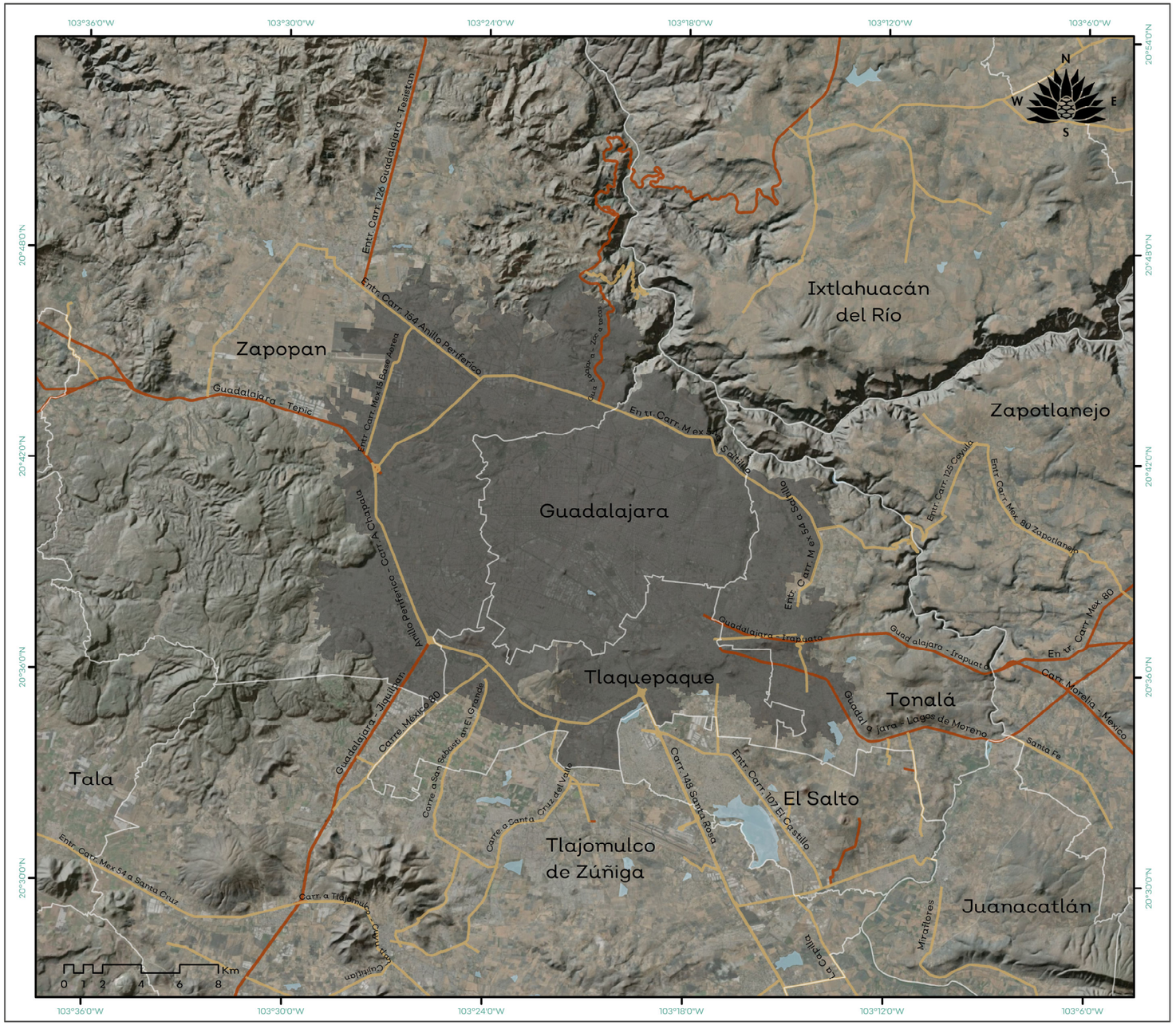
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Principales Rutas de Transporte de Materiales Peligrosos QTC - B - 13

Leyenda Temática

- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



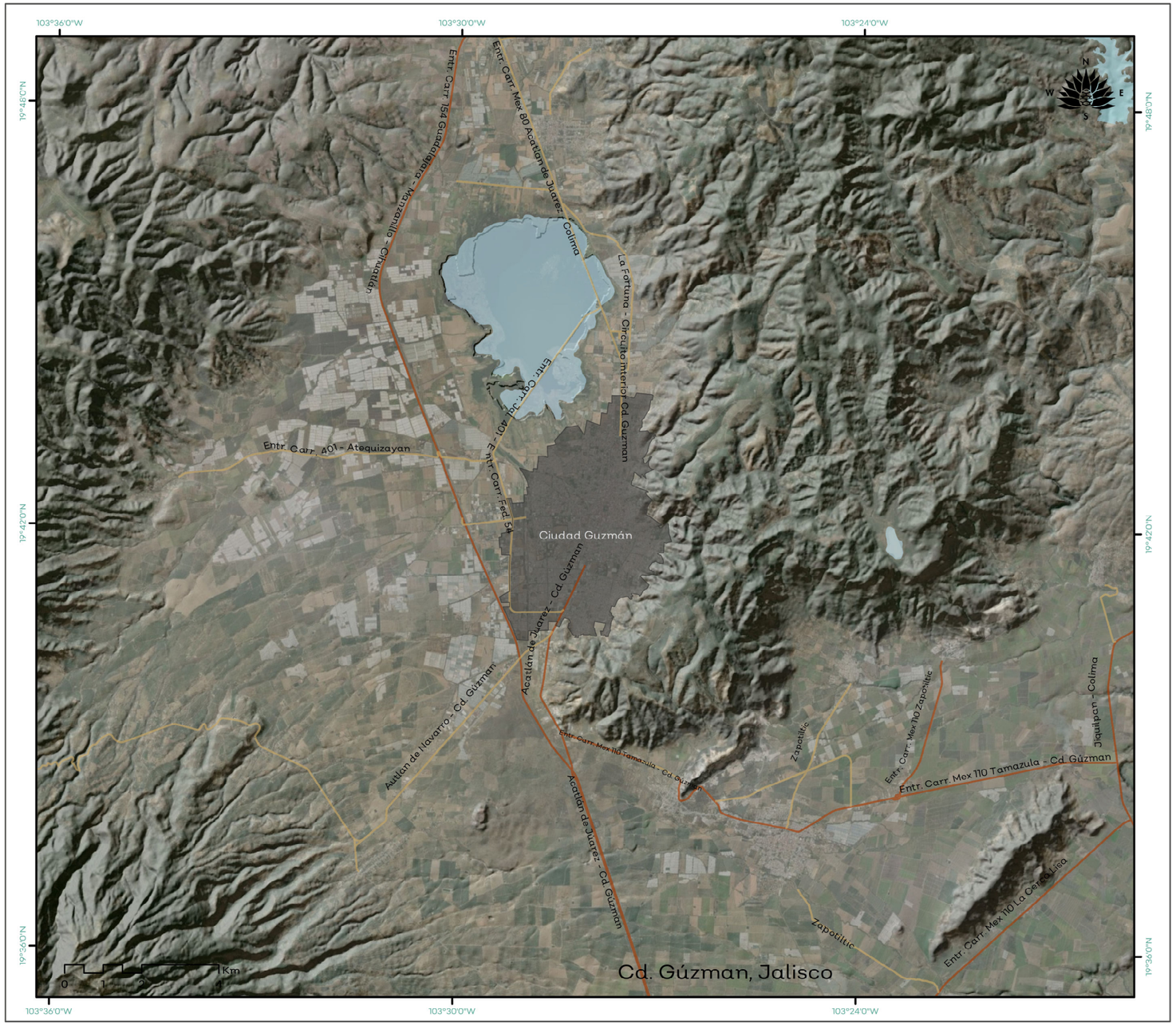
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Principales Rutas de Transporte de Materiales Peligrosos Cd. Gúzman QTC - B - 14

Leyenda Temática

- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

También se cuenta con un registro de accidentes vehiculares por parte de Protección Civil Estatal en la carretera federal 200 de volcaduras de pipas y trailers que transportaban sustancias peligrosas.

Tabla QTC - B - 06. Accidentes Vehiculares Carretera Federal 200 (Transporte de Sustancias Peligrosas).

Fecha	Kilómetro	Localidad	Municipio	Tipo de Vehículo	Capacidad [Lts]	Observaciones
06/01/19	117		Cabo Corrientes	Pipa	42,000	42,000 litros de hidrocarburo.
02/03/19	48		Cihuatlán	Tráiler 1 Remolque	30,000	
15/03/19	188		Puerto Vallarta	Tráiler	31,500	Sin derrame.
30/04/19	153+650		Cabo Corrientes	Autotanque	15,000	Cargado al 90% de su capacidad, gas LP.
11/05/19	84		Tomatlán	Tráiler	47,000	Cargado con 47000 litros de gas LP.
06/06/19	10+400		La Huerta	Tractocamión	42,000	Cargado al 99% de su capacidad, diésel, con fuga.
24/04/20	94		Cihuatlán	Tráiler (Doble pipa)	10,000 20,000	10,000 litros gasolina Premium 20,000 litros gasolina Magna.
15/05/20	Entre 43 y 48	Entre Careyes y Emiliano Zapata	La Huerta	Tráiler	42,000	42,000 litros de gasolina (magna y premium).
02/04/21	79	El Columpio	Cabo Corrientes	Pipa doble remolque	42,000	42000 litros gasolina de la empresa Servicios Mojoneras S.A. de C.V.
20/07/22	59+150	Careyes	La Huerta	Pipa con un tanque bipartido	42,000	42,000 litros de diésel de la empresa Gasolinera Chávez.
18/09/22	s/d	Cabecera Municipal	Puerto Vallarta	Pipa	40,000	20 mil litros de gasolina 20 mil litros de diésel de la empresa Flosol.
09/06/22	52+900	Careyes	La Huerta	Pipa de doble depósito	42,000	Compañía Flosol.
01/03/24	176+160	Curva La Monja	Cabo Corrientes	Pipa	42,000	42000 mil litros de gasolina de la empresa Comercial K-petrom.

Fuente : Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos, Jalisco.

1.2.2.3. Peligro

Una vez definidas las sustancias y sus propiedades se pueden empezar a desarrollar la estimación de consecuencias para determinar el potencial de los daños o lesiones en incidentes específicos.

La siguiente tabla muestra los efectos de la radiación térmica en el cuerpo y los daños materiales de acuerdo a la intensidad de la radiación.

Tabla QTC - B - 06. Tabla de daños por radiación térmica

Radiación Térmica en Kw/m^2	Daños a equipos / materiales	Daños a personas
400	Máxima radiación tolerable por una pared de ladrillos	
200	Debilitamiento del hormigón armado	
60	Máxima radiación tolerable por el cemento	
40	Máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado. Destrucción de equipos y tanques	
37.5	Suficiente para causar daños a equipos de proceso; colapso de estructuras	100% de mortalidad en 1 minuto.
25	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 segundos.
12.	Energía mínima para encender madera después de una larga exposición, con llama Ignición de tubos y recubrimientos de plástico en cables eléctricos. daños severos a equipos de instrumentación	ZONA DE INTERVENCIÓN: Máximo soportable protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 segundos.
11.7	El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica	
8		Umbral de letalidad (1% de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min.
4		ZONA DE ALERTA: Suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 segundos. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.

Elaboración Propia de Soluciones SIG a partir del software SCRI Fuego.

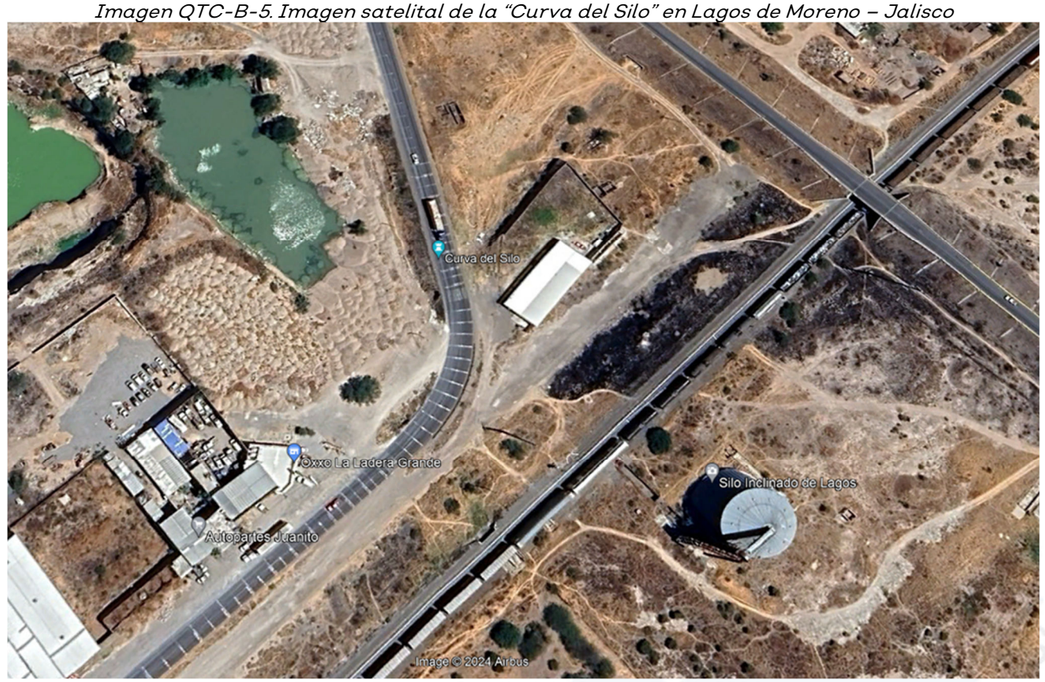
Durante la visita a campo se identificaron diferentes curvas en las que Protección Civil ha atendido diferentes eventos de emergencia, entre los cuales sobresalen los siguientes por su recurrente incidencia.

Escenario 1.

Se visitó el municipio de Lagos de Moreno y San Juan de los lagos donde se pudo identificar “La Curva del Silo” en la cual se han presentado diferentes incidentes derivados a que la curva es demasiado estrecha para los camiones y semirremolques que transitan.

Durante el levantamiento correspondiente se hizo un conteo de la cantidad de vehículos pesados que transitan sobre la curva y se llegó a una estimación de 10 vehículos pesados/min de los cuales se notó la presencia de transporte de sustancias peligrosas la mayoría de estos vehículos pesados transportaban de acuerdo con el rombo para la identificación de transporte de substancias peligrosas los siguientes materiales: Gas LP, Destilados del petróleo, Gasolina, Oxígeno, y Nitrógeno líquido.

Imagen QTC-B-5. Imagen satelital de la "Curva del Silo" en Lagos de Moreno – Jalisco



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

Se determinó una velocidad promedio de los vehículos de 30 km/h sobre la curva con un peralte de 8.5° de inclinación y con un radio de 10.3m en su punto más estrecho, así mismo se considera que el tipo de pavimento es de tipo flexible dadas a sus características del terreno obteniendo así un coeficiente fricción de 0.85 a 0.80 en suelo seco dependiente el tipo de vehículo y de 0.45 a 0.50 dependiendo del tipo de vehículo en suelo mojado de acuerdo con la Tabla QTC-B-3. Con esta información se puede obtener la velocidad máxima del vehículo sobre la curva.

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio escenario 01

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/hr]	Radio [mts]	Tipo de suelo
01	Bola de Fuego - Gasolina	"Curva del Silo" en Lagos de Moreno – Jalisco	21° 22' 10.4" N 101° 57' 43.3" W	QTB-B-01	30	10.3	Pavimento Flexible

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Es así que se propone obtener la velocidad máxima de un supuesto tractocamión de 3 ejes (T3-S2-R2) que transporta sustancias peligrosas sobre la "curva del silo" se puede calcular despejando los valores correspondientes en la ecu. de velocidad máxima, obteniendo...

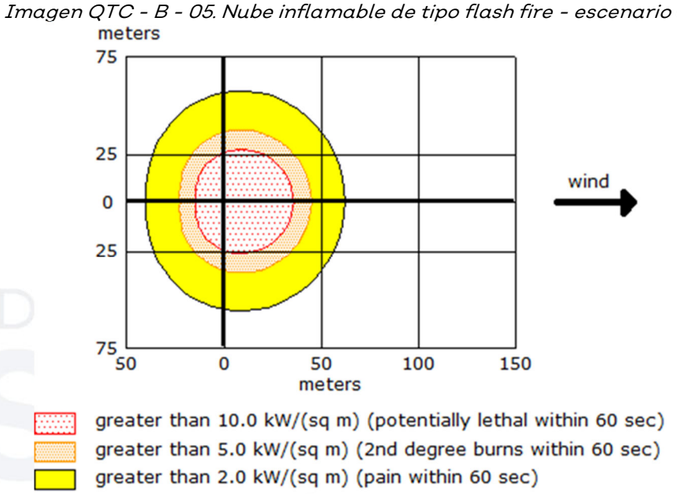
$$v = \left[\sqrt{10.3} * 9.81 * \frac{sen(10°)+0.45(\cos(10°))}{cos(10°)-0.45(sen(10°))}\right] * 3.6$$

$$v = 29.68 \text{ km/hr}$$

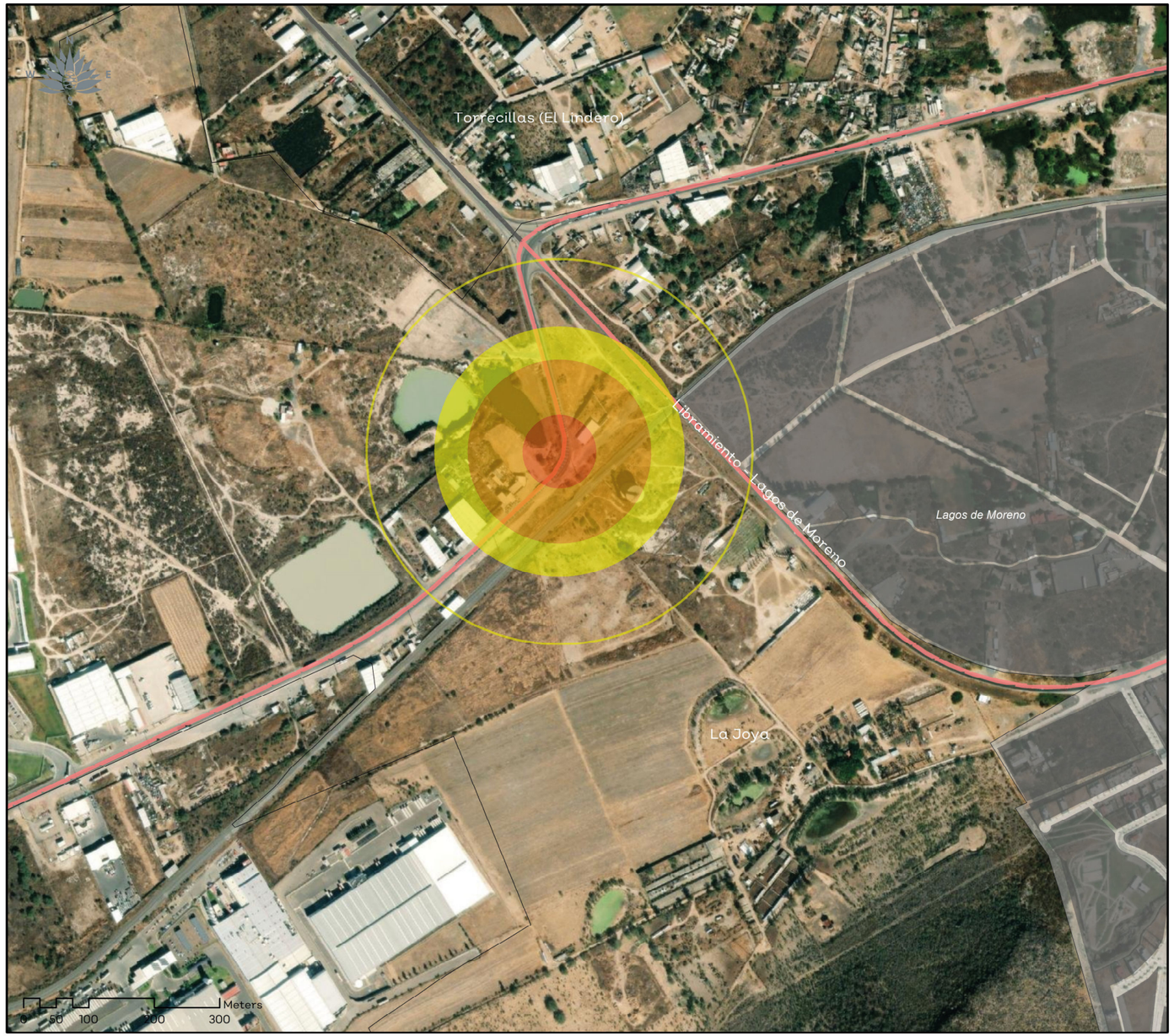
A Partir de esta velocidad máxima obtenida se propone un escenario de volcadura para una pipa de 20,000l en el cual se ve comprometido el almacenamiento de la sustancia provocando un escenario en el que se forma una nube explosiva en el sitio.

De esta manera y con esta información podemos definir un escenario de riesgo.

Imagen QTC - B - 05. Nube inflamable de tipo flash fire - escenario 01



Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software Scri Fuego-



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bola de Fuego
QTB - B - 01

Leyenda Temática

Nivel de Riesgo

- Radiación Termica 6.68 kW/(m^2) Dolor - Riesgo muy Bajo Dolor
- Radiación Termica 12.75 kW/(m^2) Quemaduras 1er. grado - Riesgo Bajo
- Radiación Termica 21.45 kW/(m^2) Quemaduras 2do grado - Riesgo Moderado
- Radiación Termica 60.67 kW/(m^2) Quemaduras 3er. grado - Riesgo Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Límite de Estudio
- Zonas Urbanas
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2000
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA & SCIRTUEGO INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 2.

El segundo escenario considerado es el entronque San Juan de los Lagos en dirección a Aguascalientes, a la altura de la entrada del Rancho San Juanico, en el kilómetro 140. En este tramo se han registrado varios incidentes debido a las altas velocidades alcanzadas por los vehículos.

Durante el levantamiento correspondiente, se realizó un conteo de vehículos pesados que transitan por la curva, estimando un promedio de 8 vehículos pesados por minuto. Entre estos, se observó una significativa presencia de transporte de sustancias peligrosas, tales como gas LP, destilados del petróleo y gasolina, identificados mediante el rombo de identificación de transporte de sustancias peligrosas.

Imagen QTC-B-5. "Entronque San Juan de los Lagos" dirección Aguas Calientes a la altura de la entrada del Rancho San Juanico km 140, Jalisco.



Fuente: Soluciones SIG SA de CV.

Se determinó que la velocidad promedio de los vehículos en esta curva es de 95 km/h. La curva tiene un peralte de 1° de inclinación y un radio de 9 metros en su punto más estrecho. Además, el pavimento es de tipo flexible, lo que otorga un coeficiente de fricción de entre 0.85 y 0.80 en condiciones de suelo seco, y entre 0.45 y 0.50 en suelo mojado, dependiendo del tipo de vehículo, según la Tabla QTC-B-3. Con esta información, se puede calcular la velocidad máxima de los vehículos en la curva.

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio escenario 02

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/h]	Radio [m]	Tipo de suelo
02	Bola de fuego / bleve - Gasolina	"Entronque San Juan de los Lagos"	21° 18' 56.99" N 102° 2' 17" W	QTB-B-02	95	9.0	Pavimento Flexible

Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Es así que se propone obtener la velocidad máxima de un supuesto tractocamión de 3 ejes (T3-S2-R4) que transporta sustancias peligrosas sobre la "curva del silo" se puede calcular despejando los valores correspondientes en la ecuación de velocidad máxima, obteniendo...

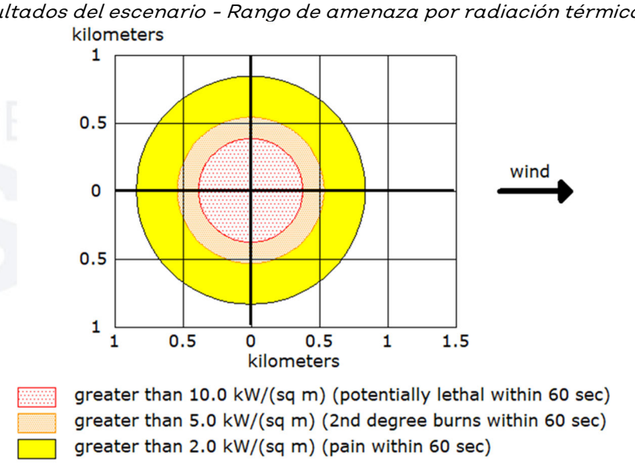
$$v = \left[\sqrt{10.3} * 9.81 * \frac{sen(10°)+0.45(\cos(10°))}{cos(10°)-0.45(\text{sen}(10°))}\right] * 3.6$$

$$v = 23.22 \text{ km/hr}$$

A partir de la velocidad máxima obtenida, se propone un escenario de volcadura para una pipa de 10,000 litros de gasolina. Este accidente comprometería el almacenamiento de la sustancia, provocando la formación de una nube explosiva en el sitio.

Con esta información, se puede definir un escenario de riesgo.

Imagen QTC-B-9. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica del bleve de gasolina



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software ALOHA ®



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bola de Fuego
QTB - B - 02

Leyenda Temática

Nivel de Riesgo

- Radiación Térmica 10.0 kW/(m^2) Riesgo Alto
- Radiación Térmica 5.0 kW/(m^2) Riesgo Moderado
- Radiación Térmica 2.0 kW/(m^2) Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Límite de Estudio
- Zonas Urbanas
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:15,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Fuente : Soluciones SIG. elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Se observa en el mapa QTC - B - 02 la zona potencialmente letal se encuentra dentro de los primeros 400 mts. En el caso de la gasolina y de acuerdo con la guía de respuesta en caso de emergencia se recomienda aislar a 800 metros (1/2 milla) a la redonda o también se debe de evaluar la posibilidad de evacuación inicial a la redonda a 800 metros (1/2 milla).

Escenario 3.

El tercer escenario considerado es en la col. San Carlos, calle Francisco Silva Romero, esquina con Avenid Río Nilo. Se aborda el modelo de un incidente derivado del registro de accidentes de la Unidad Estatal de Protección Civil.

Durante el levantamiento correspondiente, se realizó un conteo de vehículos pesados que transitan por la curva, estimando un promedio de 2 vehículos pesados por minuto. Entre estos, se observó una significativa presencia de transporte de sustancias peligrosas, tales como gas LP, destilados del petróleo y gasolina, identificados mediante el rombo de identificación de transporte de sustancias peligrosas.

Imagen QTC-B-5. Col. San Carlos, c. Francisco Silva Romero



Fuente: Soluciones SIG SA de CV.

Se determinó que la velocidad promedio de los vehículos es de 10 km/h. La calle tiene 8m de ancho.

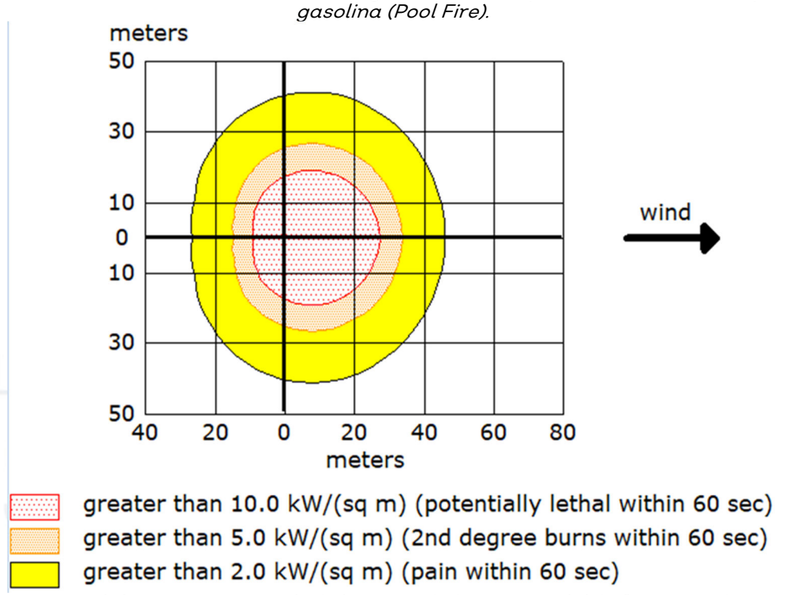
Tabla QTC - B - 07. Características del sitio escenario 03

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/h]	Ancho [m]	Tipo de suelo
03	Charco de fuego - Gasolina	"Col. San Carlos"	20° 39' 80.89" N 103° 20' 19.04" W	QTB-B-03	10	8.0	Pavimento Flexible

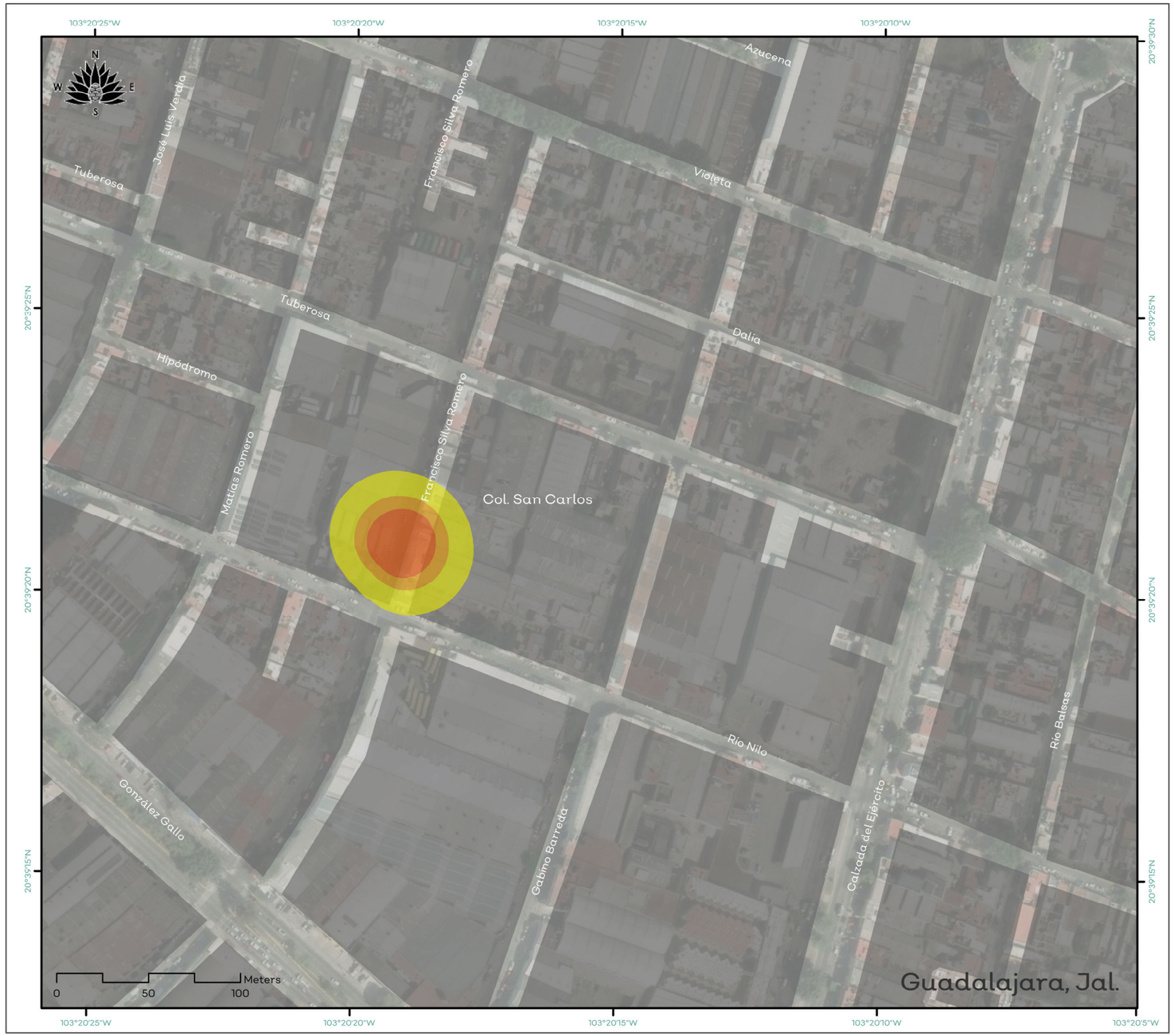
Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Se propone un escenario en el que el almacenamiento de la sustancia se ve comprometido provocando una fuga para una pipa de 10,000 litros de gasolina, con esta información, se puede definir un escenario de riesgo.

Imagen QTC-B-11. Resultados del escenario - Rango de Amenaza por radiación térmica por derrame de gasolina (Pool Fire).



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software ALOHA ®



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Charco de Fuego
QTB - B - 03

Leyenda Temática

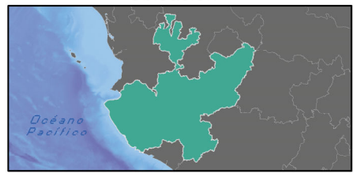
Nivel de Riesgo

- Radiación Térmica 10.0 kW/(m^2) Riesgo Alto
- Radiación Térmica 5.0 kW/(m^2) Riesgo Moderado
- Radiación Térmica 2.0 kW/(m^2) Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022, Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 4

Al igual que en el escenario 3, se tiene un registro de fugas de amoníaco en la colonia San Carlos, derivado de la distribución, producción y almacenamiento de hielo por parte de las empresas en la zona. Este escenario plantea una fuga provocada por error humano durante la descarga, en la cual una pipa que transporta 20,000 litros de amoníaco derrama la sustancia.

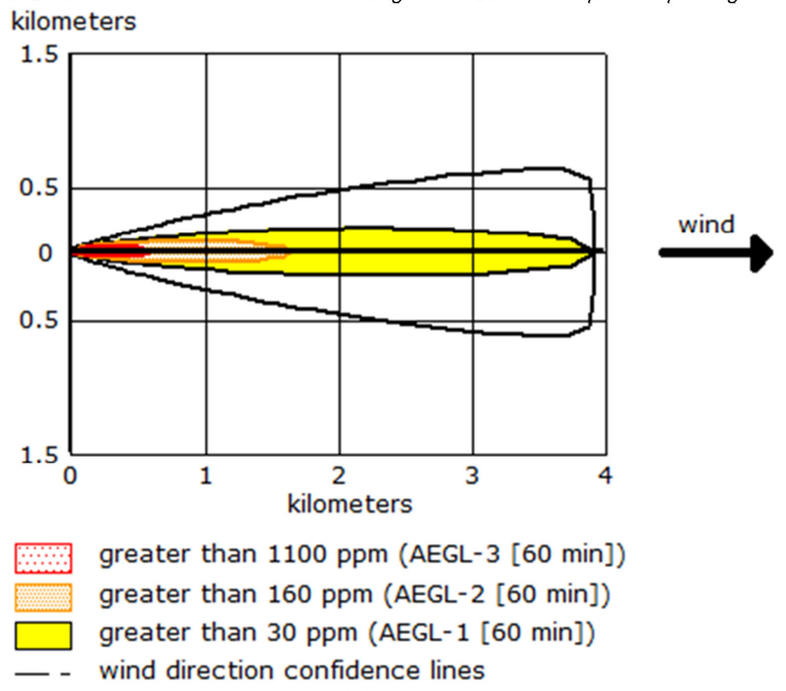
Se aborda este escenario debido a un incidente registrado el 17 de febrero de 2020, en el cual se reportó una fuga de amoníaco en una fábrica de hielo que resultó en la intoxicación de 12 personas. Los hechos ocurrieron en la calle Gabino Barreda y la Avenida Río Nilo, en la colonia San Carlos, Guadalajara, Jalisco.

Imagen QTC-B-5. Col. San Carlos, c. Gabino Barreda, Av. Río Nilo



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

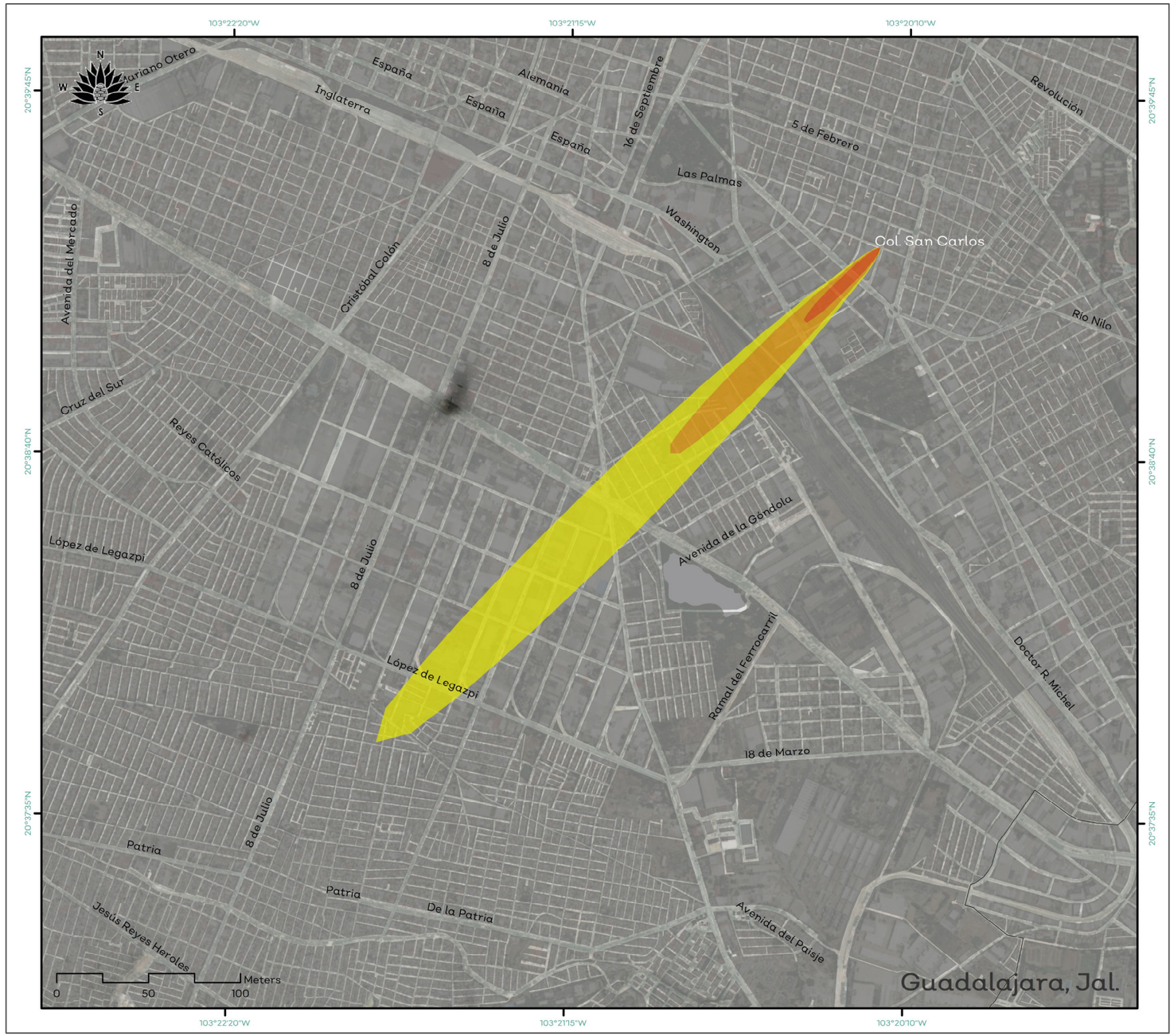
Imagen QTC-B-13. Resultados del escenario - Rango de la zona de dispersión por fuga de amoniaco



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software ALOHA ®

La dispersión de una nube de amoníaco en dirección suroeste (SW) se caracteriza por una alta concentración inicial de la sustancia. En los primeros 500 metros desde el punto de fuga, la concentración de amoníaco alcanza su máximo nivel, registrado en 1100 partes por millón (ppm). Este alto nivel de concentración puede representar un riesgo significativo para la salud, ya que el amoníaco es una sustancia tóxica que puede causar irritación respiratoria y otros efectos adversos en humanos. A medida que la nube se dispersa en dirección SW, la concentración de amoníaco disminuye gradualmente debido a la dilución en el aire y las condiciones atmosféricas, como la velocidad y dirección del viento, la temperatura y la humedad relativa.

De acuerdo con la guía de respuestas en caso de emergencia y a la tabla 3 de la sección verde se recomienda una distancia de aislamiento inicial (para derrames grandes) de 0.4 km considerando una velocidad del viento de 30 km/hr (8.3 m/sec) y que es transportado por un autotanque.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Nube Toxica - Amoniaco
QTB - B - 04

Leyenda Temática

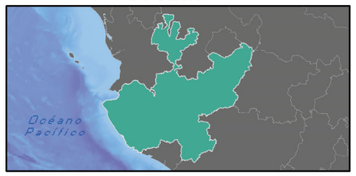
Nivel de Riesgo

- Concentracion de la Nube de Amoníaco 1100 ppm - Riesgo Alto
- Concentracion de la Nube de Amoníaco 160 ppm - Riesgo Moderado
- Concentracion de la Nube de Amoníaco 30 ppm - Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:24,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 5

En el siguiente escenario se abordará la denominada “Curva del Caquixtle” donde se han tenido recurrentes incidencias y de acuerdo con la ficha técnica tomada durante la visita a campo transitan más de 2 vehículos pesados / min sobre la curva, con un de peralte de 6° y un ancho de 11.3 m.

Imagen QTC-B-5. Curva del Caquixtle, Lagos de Moreno, Jalisco.



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio escenario 03

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/hr]	Peralte [Ø]	Ancho [mts]	Tipo de suelo
05	Charco de fuego - Gasolina	Curva del Caquixtle, Lagos de Moreno, Jalisco	21° 30’ 4.88” N 102° 5’ 40.96” W	QTB-B-05	80	6°	11.3	Pavimento Flexible

Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Es así que se propone obtener la velocidad máxima de un supuesto tractocamión de 3 ejes (T3-S2-R4) que transporta gasolina sobre la “Curva del Caquixtle” se puede calcular despejando los valores correspondientes en la ecuación de velocidad máxima, obteniendo…

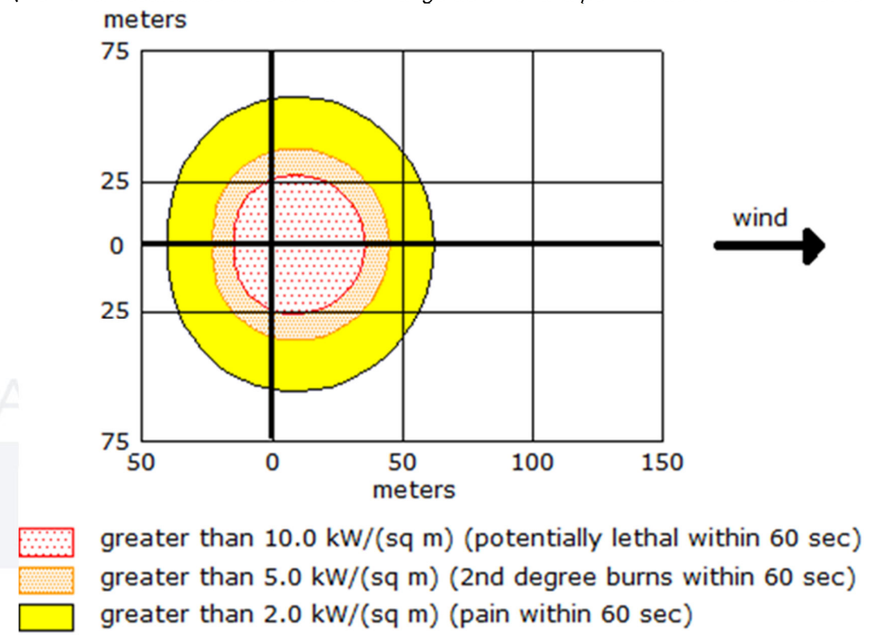
$$v_{max} = \left[\sqrt{11.3} * 9.81 * \frac{sen(6°)+0.85(\cos(6°))}{cos(6°)-0.85(sen(6°))}\right] * 3.6$$

$$v_{max} = 39 \text{ km/hr}$$

Este análisis toma en cuenta el antecedente de accidentes provocados por vehículos que exceden el límite de velocidad y se ven obligados a invadir carriles para adelantar. Estas maniobras peligrosas aumentan la probabilidad de colisiones y derrames, especialmente en tramos críticos donde la infraestructura vial puede no estar diseñada para esas maniobras.

El escenario en cuestión será una pipa cargada con 20,000l de Combustible inflamable (Gasolina) la cual sufre una volcadura por exceso de velocidad y se enciende, provocando un charco de fuego por el derrame del combustible.

Imagen QTC-B-15. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica del combustible



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software ALOHA ®



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Charco de Fuego
QTB - B - 05

Leyenda Temática

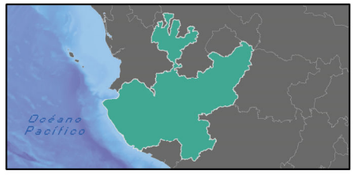
Nivel de Riesgo

- Radiación Térmica 10.0 kW/(m^2) Riesgo Alto
- Radiación Térmica 5.0 kW/(m^2) Riesgo Moderado
- Radiación Térmica 2.0 kW/(m^2) Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:2,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 6

Se abordará un escenario derivado de un accidente registrado el 06/02/21 en la carretera de una pipa que transportaba acrilonitrilo (32,000l) en la carretera Lagos de Moreno - Ojuelos dirección a Ojuelos km 5 + 180, una sustancia extremadamente peligrosa para la salud humana. El acrilonitrilo es un compuesto químico altamente inflamable y tóxico, que puede causar efectos adversos significativos, incluyendo irritación severa de las vías respiratorias, problemas neurológicos y un aumento del riesgo de cáncer con exposición prolongada. Debido a la gravedad de los riesgos asociados con el acrilonitrilo, es crucial que este tipo de incidentes se incluyan en un atlas de riesgo para el transporte de sustancias peligrosas.

Imagen QTC-B-5. Curva del Caquixtle, Lagos de Moreno, Jalisco.



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio escenario 03

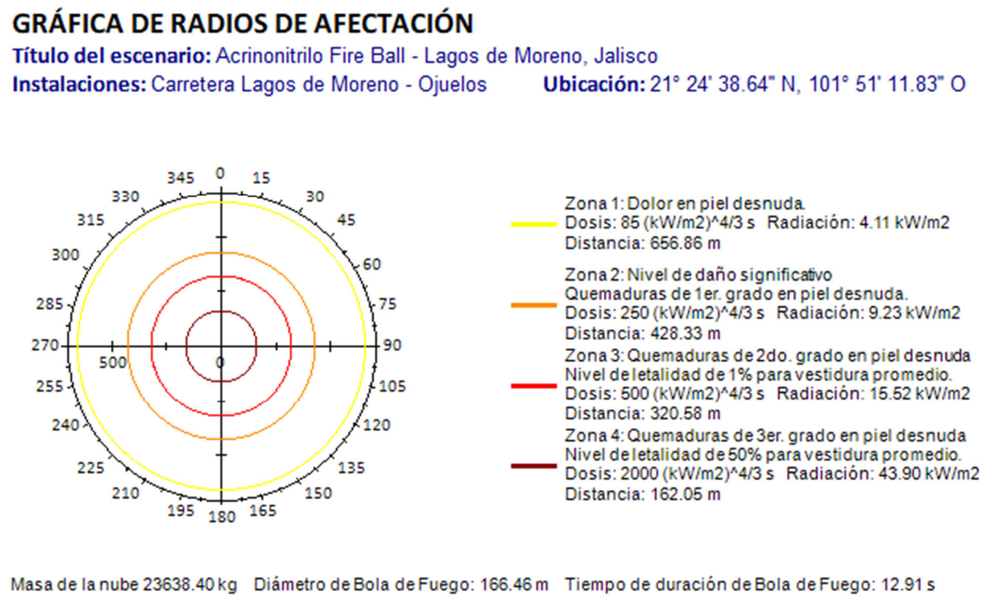
No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/h]	Peralte [ø]	Ancho [m]	Tipo de suelo
06	Bola de fuego - Acrinonitrilo	Carretera #80 Lagos de Moreno - Ojuelos	21° 24' 38.6424" N 101° 51' 11.826" W	QTB-B-06	110	0° Línea Recta	13.5	Pavimento Flexible

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

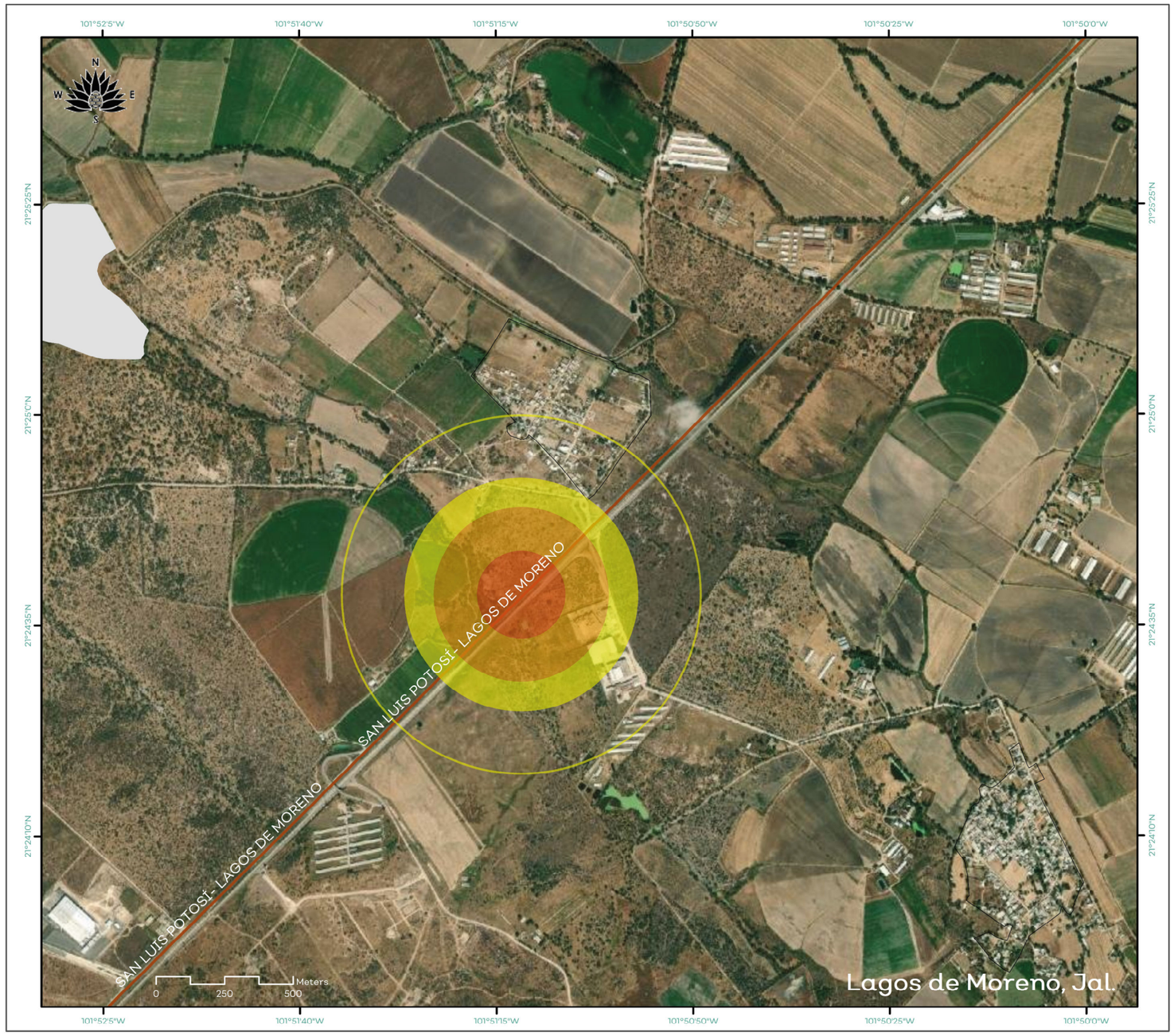
Es así que se propone que la velocidad máxima permitida para un supuesto tractocamión de 3 ejes (T3-S2-R4) que transporta Acrinonitrilo sobre la "Carretera #80 Lagos de Moreno - Ojuelos", no debe exceder los 90 km/h en este trayecto, ya que, derivado del incidente registrado, se pudo observar que la causa fue el exceso de velocidad en la pendiente y a la altura del bordo. El bordo de la carretera supera los 40 cm de altura, y al momento en que una llanta del tractocamión pisa fuera de la carretera, queda suspendida en el aire, lo que puede provocar una volcadura. Esta medida es crucial para prevenir accidentes similares, asegurando que los vehículos que transportan materiales peligrosos mantengan una velocidad segura y controlada en tramos críticos para minimizar el riesgo de incidentes graves.

El escenario en cuestión considerará el peor escenario posible para el incidente registrado, en el cual toda la masa de la sustancia entra en combustión, provocando una bolsa de fuego. Este enfoque es fundamental para evaluar el máximo riesgo potencial y las consecuencias catastróficas que podrían derivarse de un accidente de este tipo. Al modelar este escenario extremo, se podrán identificar las áreas de mayor vulnerabilidad y desarrollar estrategias de respuesta y mitigación más efectivas. La comprensión detallada de este peor escenario permitirá implementar medidas preventivas adecuadas y garantizar una mayor seguridad en el transporte de sustancias peligrosas, protegiendo así la salud pública y el medio ambiente.

Imagen QTC-B-15. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software SCRI FUEGO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bola de Fuego
QTB - B - 06

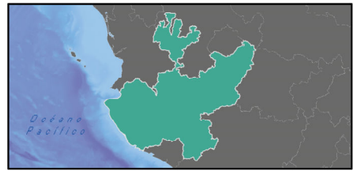
Leyenda Temática
Nivel de Riesgo

- Radiación Termica 4 kW/(sq m) Riesgo Muy Bajo
- Radiación Termica 8 kW/(sq m) Riesgo Bajo
- Radiación Termica 12.5 kW/(sq m) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 37.5 kW/(sq m) Riesgo Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:10,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022, Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 7

Se justifica la modelación de un escenario de bola de fuego por turbosina en el entronque Lagos de Moreno- San Juan de los Lagos, basado en el trabajo de campo realizado, donde se identificó una pipa de turbosina de 40,000 litros al 80% de su capacidad. Este modelo es esencial para evaluar el riesgo máximo potencial, ya que la turbosina es altamente inflamable y puede generar una bola de fuego de gran magnitud en caso de un derrame e ignición. La información obtenida en campo proporciona datos precisos sobre la cantidad de combustible presente y las condiciones específicas del lugar, permitiendo una simulación realista y detallada del peor escenario posible. Al comprender mejor los riesgos asociados, se pueden desarrollar estrategias de mitigación y respuesta más efectivas, asegurando la seguridad de las personas y la protección del medio ambiente en este punto crítico de transporte.

Imagen QTC-B-5. Entronque Lagos de Moreno - San Juan de los Lagos, Jalisco.



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio - escenario 07

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/h]	Peralte [ø]	Ancho [m]	Tipo de suelo
07	Bola de fuego - Turbosina	Entronque Lagos de Moreno - San Juan de los Lagos	21° 17' 23.68" N 102° 15' 50.21" W	QTB-B-07	65	3°	11.0	Pavimento Flexible

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Es así que se propone obtener la velocidad máxima de un supuesto tractocamión de 2 ejes (T2-S2) que transporta 40,000l de Turbosina sobre la "Curva del Caquixtle" se puede calcular despejando los valores correspondientes en la ecu. de velocidad máxima, obteniendo...

$$v_{max} = \left[\sqrt{11} * 9.81 * \frac{sen(3°)+0.85(\cos(3°))}{cos(3°)-0.85(\text{sen}(3°))}\right] * 3.6$$

$$v_{max} = 36.5 \text{ km/hr}$$

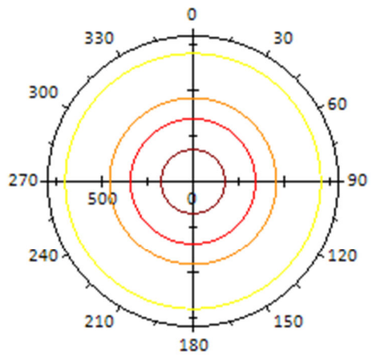
Este análisis toma en cuenta el antecedente de accidentes provocados por vehículos que exceden el límite de velocidad y se ven obligados a invadir carriles para adelantar. Estas maniobras peligrosas aumentan la probabilidad de colisiones y derrames, especialmente en tramos críticos donde la infraestructura vial puede no estar diseñada para esas maniobras.

El escenario en cuestión será una pipa cargada con 20,000l de Combustible inflamable (Gasolina) la cual sufre una volcadura por exceso de velocidad y se enciende, provocando un charco de fuego por el derrame del combustible.

Imagen QTC-B-15. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica del combustible

GRÁFICA DE RADIOS DE AFECTACIÓN

Título del escenario: FIRE BALL Turbosina o Gas Avión
Instalaciones: Carretera Lagos de Moreno - San Juan de los Lagos - Guadalajara
Ubicación: 21° 17' 23.74" N, 102° 15' 49.79" O



Zona 1: Dolor en piel desnuda.
Dosis: 85 (kW/m2)^4/3 s Radiación: 3.98 kW/m2
Distancia: 703.33 m

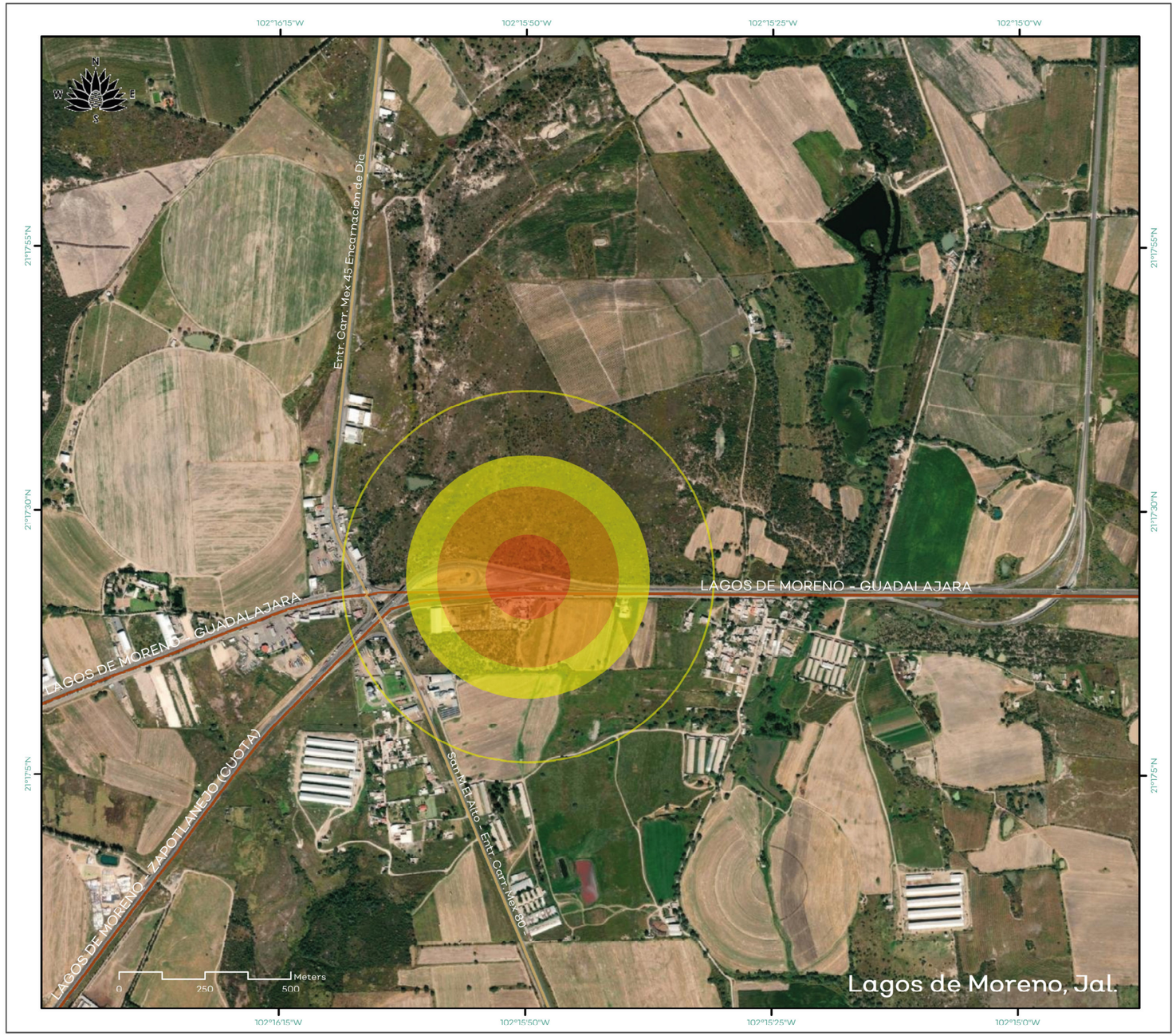
Zona 2: Nivel de daño significativo
Quemaduras de 1er. grado en piel desnuda.
Dosis: 250 (kW/m2)^4/3 s Radiación: 8.94 kW/m2
Distancia: 459.17 m

Zona 3: Quemaduras de 2do. grado en piel desnuda
Nivel de letalidad de 1% para vestidura promedio.
Dosis: 500 (kW/m2)^4/3 s Radiación: 15.03 kW/m2
Distancia: 344.21 m

Zona 4: Quemaduras de 3er. grado en piel desnuda
Nivel de letalidad de 50% para vestidura promedio.
Dosis: 2000 (kW/m2)^4/3 s Radiación: 42.51 kW/m2
Distancia: 175.82 m

Masa de la nube 26880.00 kg Diámetro de Bola de Fuego: 173.74 m Tiempo de duración de Bola de Fuego: 13.48 s

Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software SCRI FUEGO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bola de Fuego
QTB - B - 07

Leyenda Temática
Nivel de Riesgo

- Radiación Termica 4 kW/(sq m) Riesgo Muy Bajo
- Radiación Termica 8 kW/(sq m) Riesgo Bajo
- Radiación Termica 12.5 kW/(sq m) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 37.5 kW/(sq m) Riesgo Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:8,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario 8

Se justifica la modelación de un escenario de bola de fuego por gas LP en las cercanías del aeropuerto de Guadalajara, basado en el trabajo de campo realizado, donde se identificó una pipa de gas LP de 20,000 litros al 80% de su capacidad. Este modelo es crucial para evaluar el máximo riesgo potencial debido a la alta inflamabilidad del gas LP y la posibilidad de generar una bola de fuego significativa en caso de un derrame e ignición. Además, se registró una velocidad promedio de los vehículos de 50 km/h, lo que puede influir en la probabilidad de accidentes y la dispersión del gas en caso de un siniestro. La información obtenida en campo proporciona datos precisos sobre la cantidad de gas presente, las condiciones de transporte y la velocidad de los vehículos, permitiendo una simulación realista y detallada del peor escenario posible. Comprender estos riesgos permite desarrollar estrategias de mitigación y respuesta más efectivas, asegurando la seguridad de las personas y la protección de las instalaciones críticas cercanas al aeropuerto.

Imagen QTC-B-5. Carretera a El Zapote, Guadalajara.



Fuente: Imagen Satelital de Google Earth, 2024

Tabla QTC - B - 07. Características del sitio - escenario 07

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Velocidad promedio [Km/h]	Peralte [ø]	Ancho [m]	Tipo de suelo
08	Bola de fuego - Gas Lp	Carretera a El Zapote, Guadalajara.	20° 30' 49.78" N 103° 19' 16.26" W	QTB-B-08	50	0.5°	10.5	Pavimento Flexible

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de los datos obtenidos en campo

Es así que se propone obtener la velocidad máxima de un supuesto tractocamión de 2 ejes (T2-S2) que transporta 20,000 lts de gas Lp sobre la "Carretera a El Zapote, Guadalajara." se puede calcular despejando los valores correspondientes en la ecu. de velocidad máxima, obteniendo...

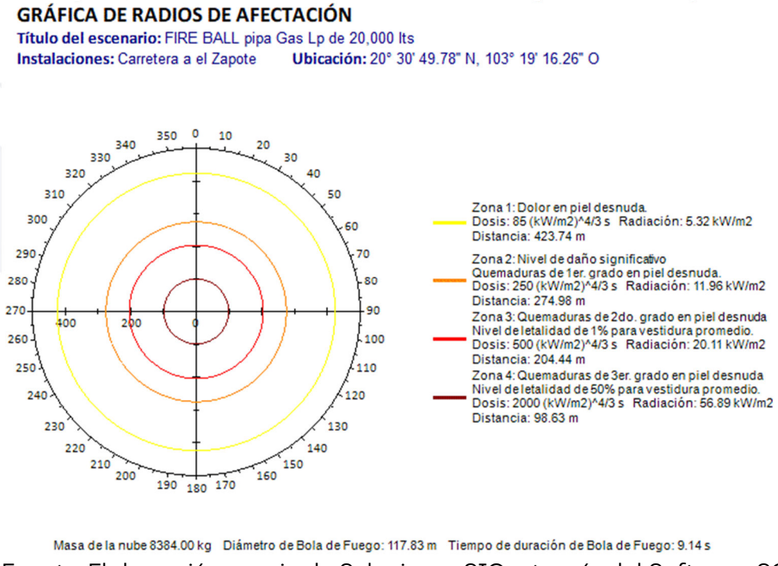
$$v_{max} = \left[\sqrt{10.5} * 9.81 * \frac{sen(0.5°)+0.85(cos(0.5°))}{cos(0.5°)-0.85(sen(0.5°))}\right] * 3.6$$

$$v_{max} = 34 \text{ km/hr}$$

Este análisis considera el historial de accidentes ocasionados por vehículos que sobrepasan el límite de velocidad y se ven forzados a invadir carriles para rebasar. Estas maniobras temerarias incrementan la posibilidad de colisiones y derrames, especialmente en segmentos críticos donde la infraestructura vial puede no estar preparada para tales acciones. Además de estos factores, es importante señalar que la falta de señalización adecuada y de iluminación en ciertos tramos puede agravar aún más la situación, dificultando la visibilidad y la toma de decisiones rápidas y seguras por parte de los conductores.

Además, se podría considerar la implementación de un sistema de monitoreo y respuesta rápida ante accidentes, que permita una intervención inmediata en caso de derrames de sustancias peligrosas, minimizando así el impacto ambiental y los riesgos para la salud pública. Estas medidas, en conjunto, no solo mejorarían la seguridad en la carretera, sino que también contribuirían a la prevención de accidentes graves y la protección de todos los usuarios de la vía.

Imagen QTC-B-15. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica del combustible



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software SCRI FUEGO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Bola de Fuego
QTB - B - 08

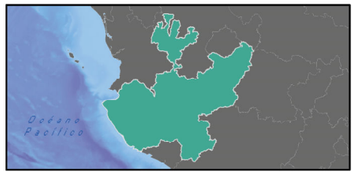
Leyenda Temática
Nivel de riesgo

- Radiación Termica 5.32 kW/(sq m) Riesgo Muy Bajo
- Radiación Termica 11.96 kW/(sq m) Riesgo Bajo
- Radiación Termica 20.11 kW/(sq m) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 56.89 kW/(sq m) Riesgo Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio
- Población Cercana

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:8,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.2.4. Riesgo

Tabla QTC - B - 07. Análisis de riesgo para el escenario 01

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Área [Km^2]	Aproximado de Personas afectadas en los alrededores	Nivel de riesgo
01	Bola de Fuego - Gasolina	"Curva del Silo" en Lagos de Moreno – Jalisco	21° 22' 10.4" N 101° 57' 43.3" W	0.33	2,945	Alto

Fuente: Soluciones SIG, elaborado de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

Imagen QTC - B - Síntesis de sistemas expuestos para el escenario No. 1



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Tabla QTC - B - 07. Análisis de riesgo para el escenario 02

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Área [Km^2]	Aproximado de Personas afectadas en los alrededores	Nivel de riesgo
02	Bola de fuego / bleve - Gasolina	"Entronque entronque San Juan de los Lagos"	21° 18' 56.99" N 102° 2' 17" W	01	Afectación al tránsito de vehículos	Moderado

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

Tabla QTC - B - 07. Análisis de riesgo para el escenario 03

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Área [Km^2]	Aproximado de Personas afectadas en los alrededores	Nivel de riesgo
03	Charco de fuego - Gasolina	"Col. San Carlos"	20° 39' 80.89" N 103° 20' 19.04" W	01	Afectación al tránsito de vehículos	Moderado

Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

Imagen QTC - B - Síntesis de sistemas expuestos para el escenario No. 4



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Tabla QTC - B - 07. Análisis de riesgo para el escenario 04

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Área [Km^2]	Aproximado de Personas afectadas en los alrededores	Nivel de riesgo
03	Charco de fuego - Gasolina	"Col. San Carlos"	20° 39' 80.89" N 103° 20' 19.04" W	01	Afectación al tránsito de vehículos	Moderado

Fuente: Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

Imagen QTC - B - Síntesis de sistemas expuestos para el escenario No. 4



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Para el desarrollo del análisis del fenómeno perturbador para el estado de Jalisco se realiza en primera instancia una recopilación de información generada por dependencias oficiales como INEGI e información recopilada por los antecedentes registrados, sobre la estadística de accidentes de tránsito terrestres en zonas urbanas, esta información se genera de los registros administrativos

proporcionados por las dependencias responsables de tránsito estatales y municipales, así como, de los ministerios públicos y juzgados cívicos.

Es así que se recopiló una amplia base de datos de accidentes que van desde el año 2019 a el año 2023, gracias a esto se logró observar cuán cerca está la distribución de un conjunto de datos a alguna distribución ideal. Es así que siempre buscando que la muestra sea lo más representativa posible para el desarrollo de este fenómeno es que se tomarán en cuenta las principales vías de comunicación en zonas urbanas. Desafortunadamente la base de datos consultada para la elaboración de este análisis solo tiene como registro de accidentes en 3 zonas urbanas, la zona metropolitana de Guadalajara, Lagos de Moreno y Ciudad Guzmán.

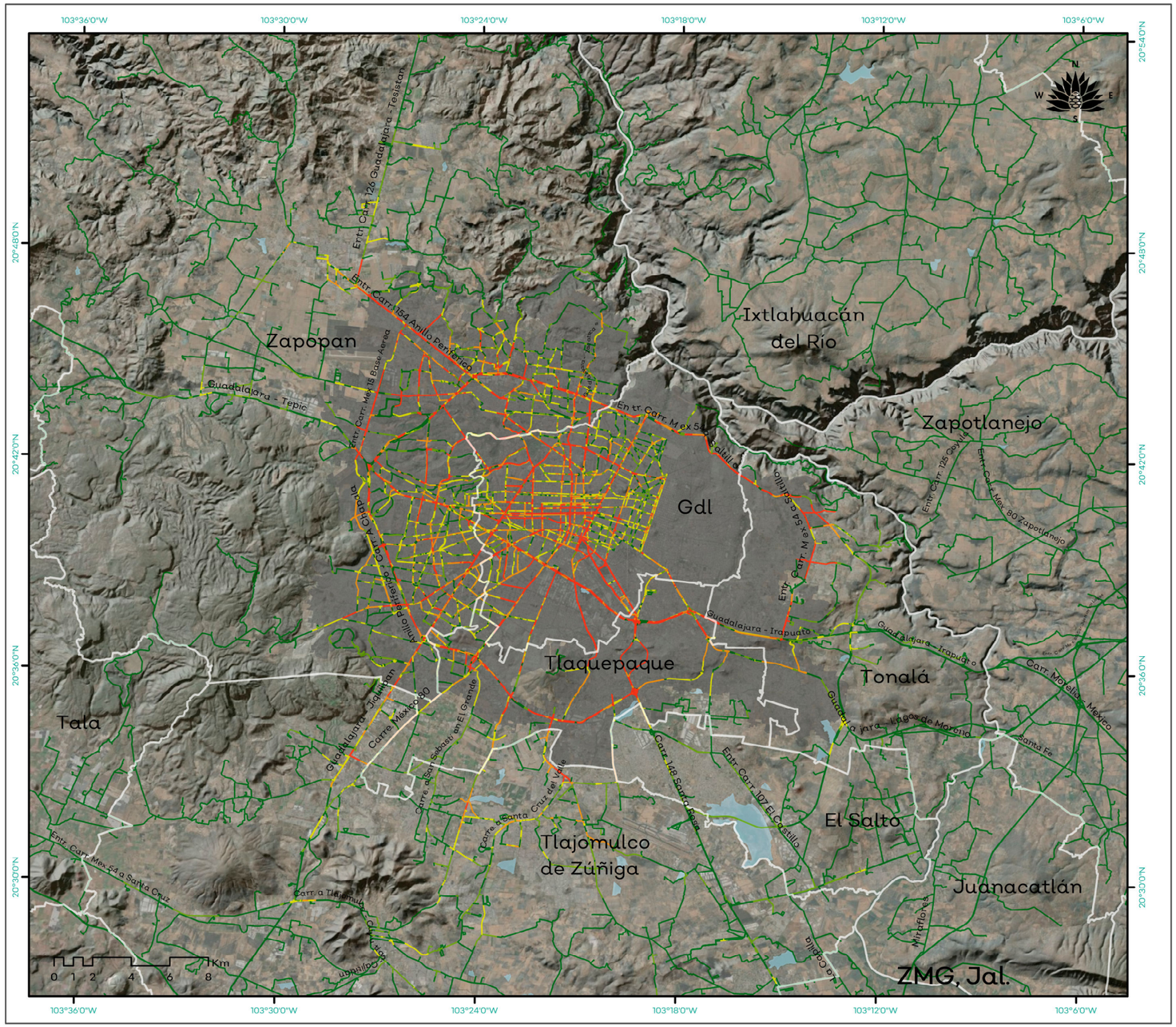
La metodología para la elaboración de este análisis estadístico es la distribución por cuantiles, por medio de este tipo de cálculo se obtienen indicadores que ayudan a mostrar cómo se comportan los datos. Estos datos se deben ordenar de menor a mayor y determinar los valores que dividen la distribución en las partes correspondientes.

En el Mapa “Accidentes Terrestres ZMG QTB - B - 09” se logró clasificar por densidad el número de accidentes registrados en las calles y avenidas en la ZMG.

De acuerdo al análisis obtenido las calles y avenidas con mayor densidad de accidentes son:

- Periférico Manuel Gómez Morín Sur
- Calzada Lazaro Cárdenas
- Calzada Juan Gil Preciado
- Calzada Independencia Sur
- Av. 8 de Julio
- Av. López Mateos Sur
- Av. Aviación
- Av. Paseo Vía Acueducto
- Av. Juan Gil Preciado
- Av. Jorge Álvarez del Castillo
- Av. Manuel Ávila Camacho
- Circunvalación Oblatos
- Circunvalación Agustín Yáñez
- Carretera Zapotlanejo - Guadalajara
- Carretera Ent. Tesistán - Ent. Malpaso
- Carretera ZMG - Saltillo

Se sugiere consultar el mapa digital para yaor información y detalle de las vialidades con mayor índice de accidentes terrestres.





Accidentes Terrestres - ZMG
QTC - B - 09

Leyenda Temática

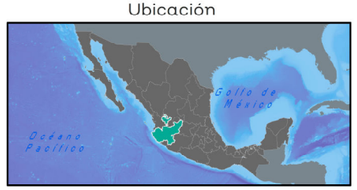
Riesgo

- Muy Bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

En el Mapa “Accidentes Terrestres Lagos de Moreno QTB - B - 10” se logró clasificar por densidad el número de accidentes registrados en las calles y avenidas en la ZMG.

De acuerdo al análisis obtenido las calles y avenidas con mayor densidad de accidentes son:

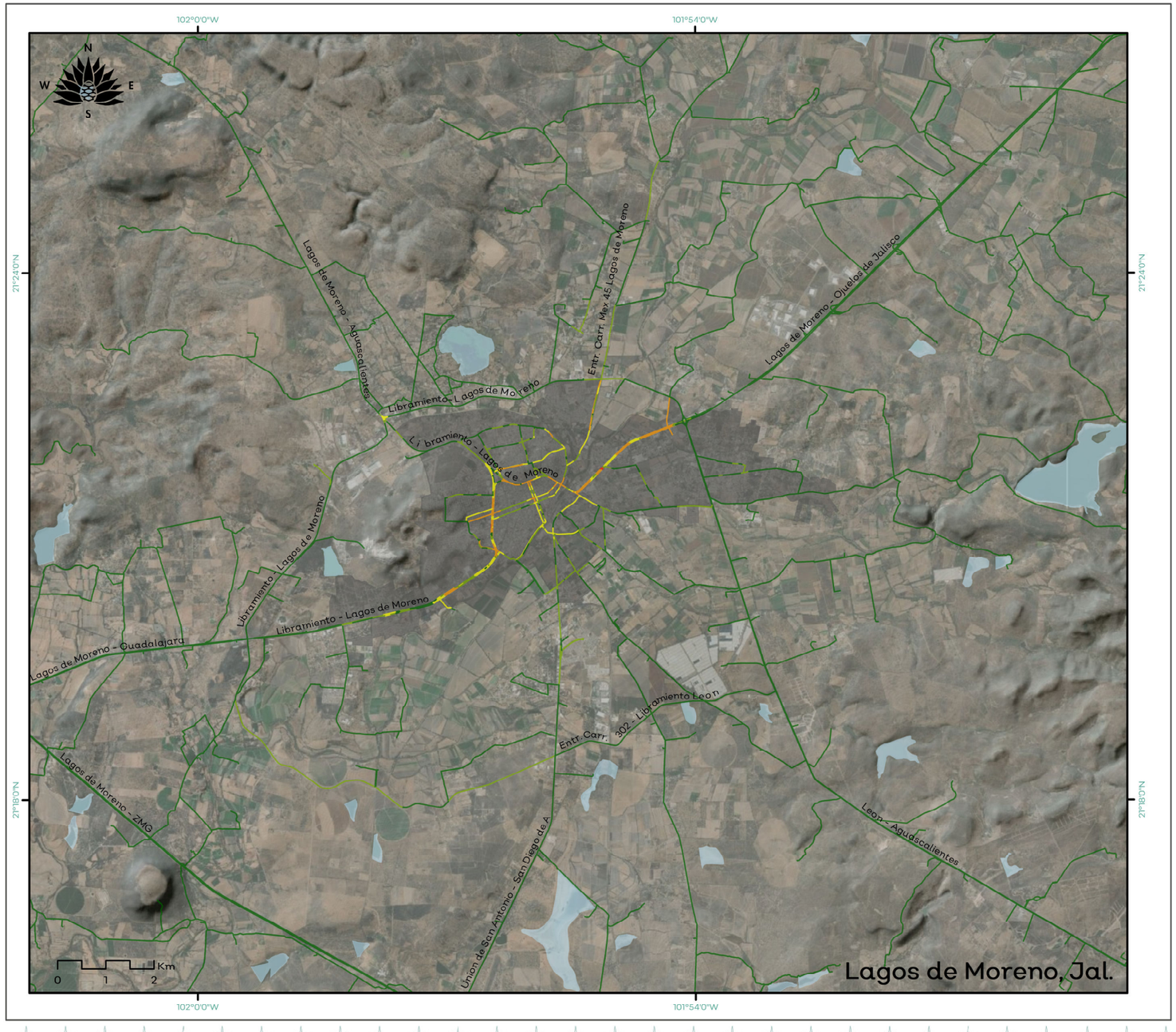
- Av. División del Norte
- Av. Félix Ramírez Rentería
- Av. Del Sol
- Boulevard Félix Ramírez Rentería
- Boulevard Orozco y Jiménez
- Carretera San Luis Potosí - Lagos de Moreno

En el Mapa “Accidentes Terrestres Ciudad Guzmán QTB - B - 11” se logró clasificar por densidad el número de accidentes registrados en las calles y avenidas en la ZMG.

De acuerdo al análisis obtenido las calles y avenidas con mayor densidad de accidentes son:

- Av. Gobernador Ingeniero Alberto Cárdenas Jiménez
- Av. Primero de Mayo
- Av. Cristóbal Colón
- Av. Isaac Pérez Silva
- Av. Obispo Serafín Vázquez
- Av. Constituyentes
- Calzada Madero y Carranza
- Carretera E.C. 417 - E.C. 401 (Libramiento Ciudad Guzmán)
- Carretera Acatlán de Juárez - Ciudad Guzmán
- Prolongación Colón
- Prolongación Galeana

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISCO 2024

Accidentes Terrestres - Lagos de Moreno
QTC - B - 10

Leyenda Temática

Riesgo

- Muy Bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



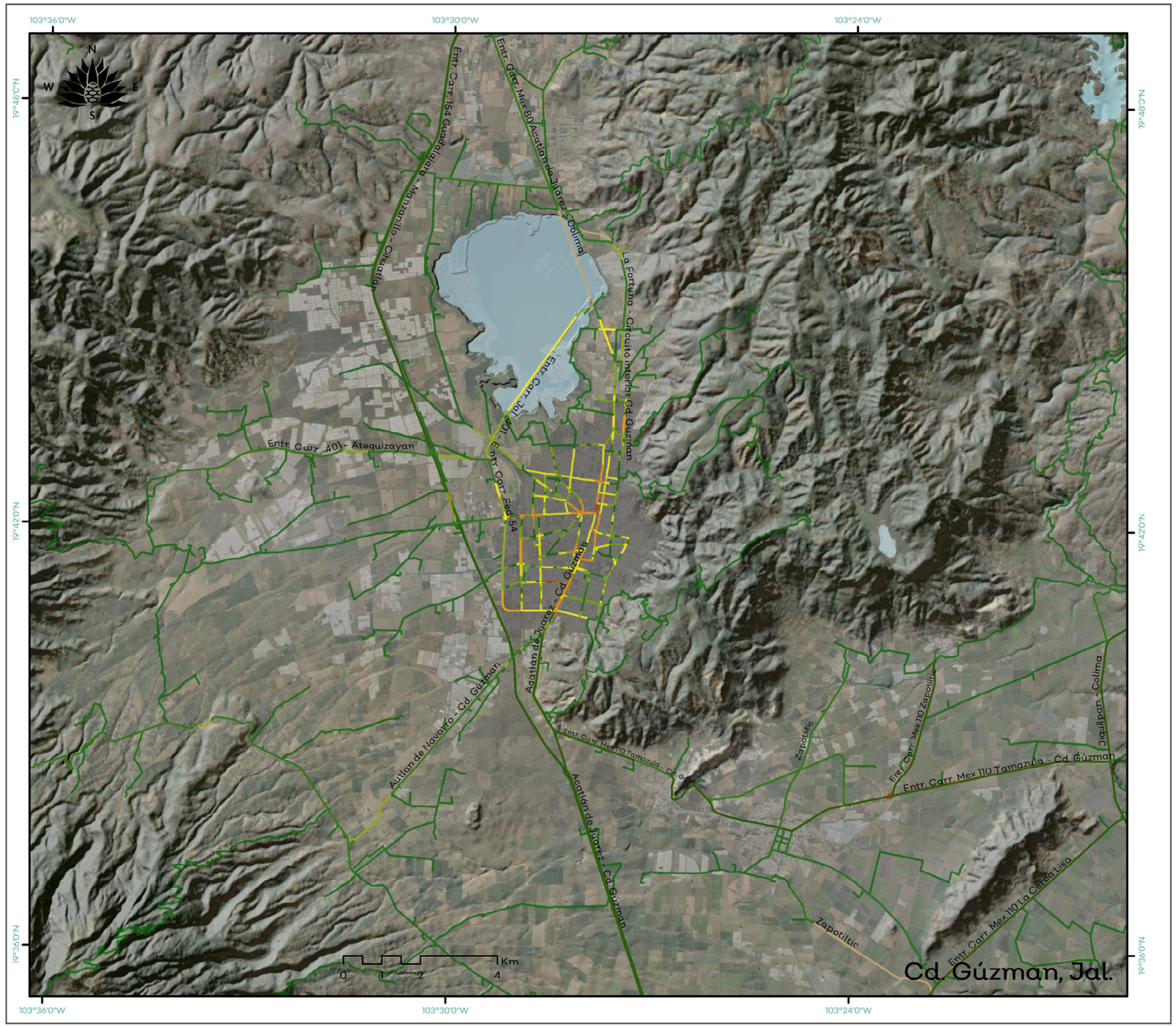
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:80,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Accidentes Terrestres - Cd. Gúzman
QTC - B - 11

Leyenda Temática

Riesgo

- Muy Bajo
- Bajo
- Moderado
- Alto
- Muy Alto

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.2.5. Propuestas de Reducción del Riesgo

Ante la creciente tasa de accidentes en el transporte de sustancias peligrosas en Jalisco y la notable carencia de información precisa y actualizada sobre este tema, es imperativo implementar medidas estratégicas para mitigar estos riesgos. La falta de datos específicos dificulta la planificación y ejecución de acciones efectivas, lo que subraya la necesidad de un enfoque integral que combine tecnología, capacitación y normativa estricta. Con el objetivo de proteger tanto a la población como al medio ambiente, se presentan a continuación una serie de propuestas enfocadas en mejorar la seguridad y reducir los riesgos asociados al autotransporte de materiales peligrosos.

Propuestas

Creación de una Base de Datos Centralizada

- Desarrollar y mantener una base de datos estatal que registre en tiempo real la información sobre los transportes de sustancias peligrosas, incluyendo rutas, tipos de sustancias, y empresas transportistas.

Implementación de Sistemas de Monitoreo GPS

- Equipar a todos los vehículos que transportan sustancias peligrosas con sistemas de rastreo GPS para monitorear su ubicación y movimiento en tiempo real, facilitando una respuesta rápida en caso de incidentes.

Capacitación y Certificación Obligatoria

- Establecer programas de capacitación y certificación obligatorios para conductores y personal involucrado en el transporte de sustancias peligrosas, asegurando que conozcan y cumplan con los protocolos de seguridad.

Rutas de Transporte Seguras y Predefinidas

- Definir y regular rutas específicas para el transporte de sustancias peligrosas que minimicen el paso por áreas densamente pobladas y zonas ambientalmente sensibles.

Inspecciones y Mantenimiento Rutinarios

- Realizar inspecciones regulares y obligatorias de los vehículos que transportan materiales peligrosos para garantizar que se encuentren en óptimas condiciones mecánicas y cumplen con las normas de seguridad.

Campañas de Concientización y Educación Pública

- Implementar campañas de concientización para informar a la población sobre los riesgos asociados al transporte de sustancias peligrosas y las medidas de seguridad que deben seguirse en caso de un accidente.

Mejora de la Infraestructura Vial

- Invertir en la mejora y mantenimiento de la infraestructura vial para reducir los riesgos asociados a carreteras en mal estado, incluyendo la construcción de áreas de descanso y zonas de emergencia específicas para vehículos que transportan materiales peligrosos.

Cooperación Interinstitucional

- Fomentar la colaboración entre las autoridades estatales, municipales, empresas transportistas y organizaciones no gubernamentales para desarrollar políticas y prácticas de seguridad más efectivas.

- Implementar estas propuestas no solo contribuirá a la reducción del riesgo de accidentes relacionados con el transporte de sustancias peligrosas, sino que también fortalecerá la capacidad de respuesta ante emergencias, protegiendo a la población y el medio ambiente en Jalisco.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

1.2.3. Transporte por ductos

1.2.3.1. Introducción

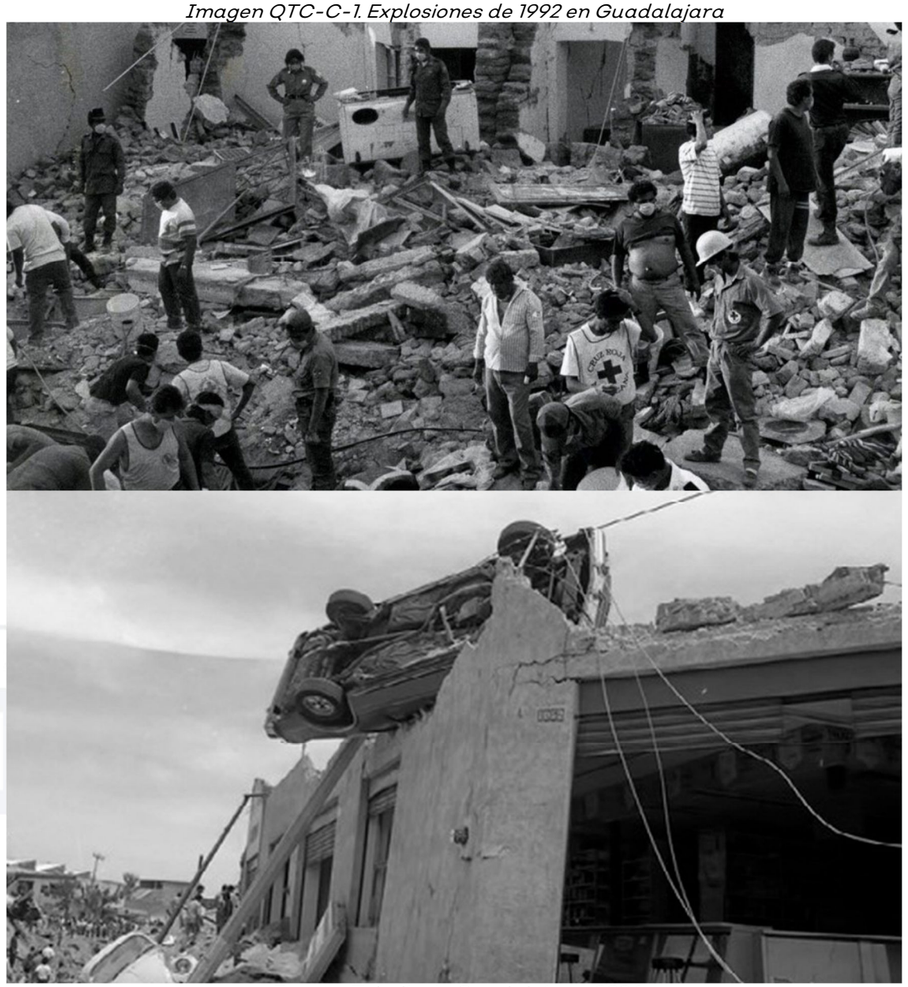
Se entiende por ductos o tuberías de sustancias peligrosas a los sistemas de transporte y a los sistemas de distribución de hidrocarburos, así como a los ductos que transportan otras sustancias peligrosas. En estos sistemas se transportan sustancias en estado líquido o gaseoso, por ejemplo: gas natural, gas licuado de petróleo, amoniaco, petróleo crudo, combustóleo, entre otras. El transporte por ductos o tuberías de sustancias peligrosas se realiza de acuerdo con las disposiciones de la Secretaría de Energía (SENER), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y de la Agencia de Seguridad Energía y Ambiente (ASEA). En el caso de Petróleos Mexicanos (PEMEX) se aplica adicionalmente normatividad propia.

Los sistemas de transporte por ducto tienen un número tal de aspectos atractivos que los hace dignos de evaluación como alternativas para futuros sistemas de transporte de carga. El hecho de ser sistemas no tripulados y totalmente automáticos los hace más seguros que el autotransporte y el ferrocarril. Cuando se corren de bajada, estos sistemas pueden ser capaces de regenerar energía para mejorar la eficiencia. Por tratarse de espacios cerrados, no son afectados por las condiciones climáticas y no están sujetos a los accidentes más comunes ocurridos en carreteras y vías férreas. La carga peligrosa puede ser transportada con mayor seguridad que en los sistemas superficiales. Los tubos podrían ser usados también como conductores de los cables de comunicación para la futura información carretera. Algunos de los beneficios de la reducción del número de camiones llevando carga en áreas congestionadas son:

- Reducción de la congestión de tráfico.
- Reducción de accidentes, heridos y muertos.
- Reducción de emisión de contaminantes y de ruido.
- Reducción en el deterioro de caminos y puentes.
- Reducción en el consumo de hidrocarburos.
- Incremento en el control de programas de entrega.
- Menor costo del transporte en general.

Los ductos pueden ser subterráneos, superficiales o elevados. Bajo tierra, son útiles en áreas ambientales sensibles y son importantes donde la congestión en la superficie hace los derechos de vía difíciles o muy costosos de obtener. Mucho derecho de vía potencial existe debajo de nuestros actuales sistemas de carreteras.

Imagen QTC-C-1. Explosiones de 1992 en Guadalajara



Fuente: Telediario Guadalajara, 2024

Imagen QTC-C-2. Mapa Ductos de México



Fuente: Llano, Manuel y Flores, C. (2017). Ductos, ¿Por dónde circulan los hidrocarburos en México? [mapa]. Escala 1:3,500,000. México: CartoCrítica / Fundación Heinrich Böll.

1.2.3.2. Antecedentes del Fenómeno

El proceso de evaluación de riesgo implica la estimación de la frecuencia del incidente, así como la probabilidad y las consecuencias de eventos no deseados. La estimación de frecuencias y probabilidades pueden realizarse a partir de datos históricos o de la aplicación de otras técnicas tales como árbol de fallas y de eventos, estimación subjetiva, etcétera.

Para el estado de Jalisco, se tiene un registro de accidentes en los que la infraestructura de los ductos se ha visto comprometida por diversas razones. Una de las principales causas es el "huachicoleo" de la red de ductos, que implica la extracción ilegal de combustible y frecuentemente resulta en daños graves a la infraestructura. Además, la falta de mantenimiento adecuado y el mal diseño de la red también contribuyen significativamente a estos incidentes.

Para abordar estas problemáticas, es crucial implementar un enfoque multifacético que incluye la modernización y reforzamiento de la infraestructura de los ductos. Esto podría involucrar la instalación de sistemas de monitoreo en tiempo real que detecten perforaciones ilegales y alerten a las autoridades de manera inmediata. Asimismo, es fundamental establecer programas de mantenimiento preventivo y correctivo regulares para asegurar que los ductos se mantengan en condiciones óptimas de operación.

Adicionalmente, se debe invertir en la capacitación y profesionalización del personal encargado del diseño y mantenimiento de los ductos, garantizando que se sigan las mejores prácticas y estándares internacionales de seguridad. La colaboración con fuerzas de seguridad para combatir el huachicoleo de manera más efectiva es también una medida esencial, ya que la integridad de los ductos no solo afecta la seguridad y la economía, sino que también tiene importantes implicaciones ambientales.

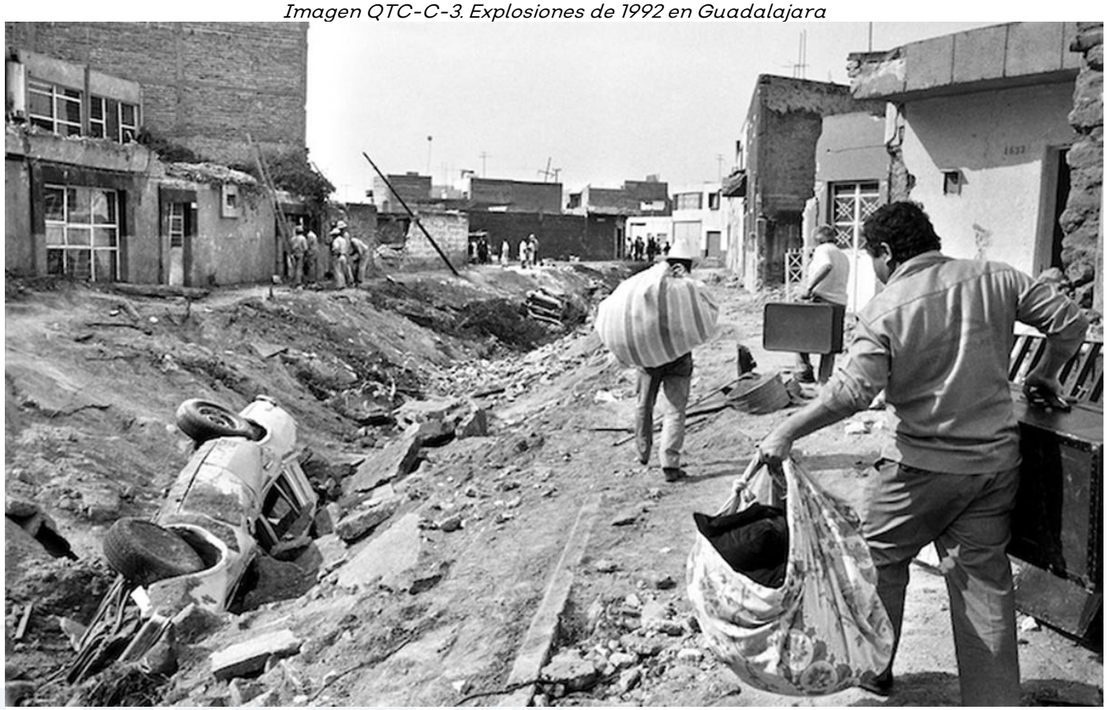
Por último, aumentar la concienciación y participación de la comunidad en la vigilancia y reporte de actividades sospechosas puede ayudar a prevenir el huachicoleo y otros actos que comprometan la infraestructura de los ductos. Estas estrategias combinadas pueden contribuir significativamente a reducir los accidentes y mejorar la seguridad de la red de ductos en Jalisco.

Como antecedentes históricos del fenómeno tenemos la explosión en Guadalajara el 22 de abril de 1992 cuando una serie de explosiones en el sistema de tubería del barrio de Analco acabó con la vida de más de 200 personas, dejó 69 desaparecidos, más de mil lesionados y kilómetros de calles destrozadas.

La tragedia de las explosiones dejó mil 142 casas afectadas, 450 comercios dañados, así como100 centros educativos y alrededor de 600 automóviles con afectaciones

De acuerdo con los testigos, aproximadamente a las 10:00 de la mañana se escucharon estallidos, fue el primero de cinco explosiones. Este ocurrió en la calle 20 de noviembre.

Imagen QTC-C-3. Explosiones de 1992 en Guadalajara



Fuente: Telediario Guadalajara, 2024

La segunda detonación ocurrió cuatro minutos más tarde, en la calle Violeta. Posteriormente, la tercera y la cuarta explosión se produjeron al mismo tiempo a las 11:30 de la mañana, una en la calle Río Bravo y la otra en Río Nilo. Las explosiones continuaron hasta las 2:20 de la tarde, provocando que fragmentos de concreto volaran por los aires, enterrando a muchas personas bajo los escombros. Las calles más afectadas fueron 20 de Noviembre, Violeta, Río Bravo, Río Nilo y González Gallos. La cifra de fallecidos informada fue de 212 personas, mientras que 1,470 resultaron heridas, algunas de las cuales perdieron una extremidad.

Tras realizar investigaciones, el gobierno informó que este incidente se debió a un derrame de aproximadamente 600 mil litros de gasolina en una tubería de agua residual, que posteriormente se filtró al subsuelo de Guadalajara, causando una acumulación de vapores inflamables que aumentó la magnitud de las explosiones.

En el mapa QTB - C - 01 se observan las secuencias de explosiones.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Explosiones 22 de abril 1992
QTB - C - 01

Leyenda Temática

Explosiones Registrada

1a. Explosión
2a. Explosión
3era. Explosión
4a. Explosión
5a. Explosión
6a. Explosión
7a. Explosión
8a. Explosión
9a. Explosión
10a. Explosión

Simbología

Carretera Estatal
Carretera Federal
Cuerpos de Agua
Límite de Estudio
Manzanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:13,500

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., a partir de datos recopilados en campo, procesados a través del Software ALOHA 5.4.7 & SCRI FUEGO
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

El pasado 09/02/24 se registró otro evento derivado de comprometer la integridad del ducto Salamanca - Puente Grande en la comunidad de Tololotlán, municipio de Tonalá provocando un chorro de 12m de altitud y una nube explosiva de más de 3.0 km^2.

Imagen QTC-C-3. Flujo de combustible escapando a la atmósfera



Fuente: EL PAÍS, 2024

Imagen QTC-C-4. Unidad de Protección Civil y Bomberos en la atención a la emergencia del 22 de febrero/24



Fuente: Soluciones SIG, 2024

Metodología y Memoria de Cálculo

El procedimiento que se explica a continuación fue desarrollado considerando que existen las siguientes limitaciones:

- Carencia de registros sobre accidentes en ductos que transportan sustancias peligrosas.
- Indisponibilidad de información sobre las características de diseño y condiciones de operación de los diferentes ductos.
- Falta de información sobre el estado de conservación de los ductos que transportan sustancias peligrosas.

Se llevó a cabo un exhaustivo trabajo de investigación que abarcó diversas fuentes de información entre ellas el mapa nacional de hidrocarburos de México publicado por la CNH. En primer lugar, se realizó un análisis minucioso de bases de datos gubernamentales, registros de empresas petroleras y gaseras, así como de mapas y documentos técnicos relacionados con la infraestructura de transporte de hidrocarburos a nivel regional y nacional.
Además, se llevaron a cabo consultas con autoridades locales y regionales, con el fin de recopilar información sobre posibles ductos existentes en la zona de estudio.

El trabajo de campo fue una parte fundamental de esta investigación, donde se realizaron recorridos por el territorio municipal para verificar visualmente la presencia de ductos y otras infraestructuras relacionadas con el transporte de hidrocarburos. Estos recorridos fueron complementados con entrevistas a residentes locales y funcionarios municipales para recabar información sobre posibles riesgos químicos asociados con actividades industriales o de transporte en la zona.

1.2.3.3. Fichas de Campo

Durante el trabajo de campo se identificó diversas ubicaciones en la que la trayectoria de los ductos tiene un cambio de dirección, desfogue, puntos de compresión o conexiones a otros ductos.

Imagen QTC-C-5. Interconexión ducto "CityGate" a el ducto "Naturgy"



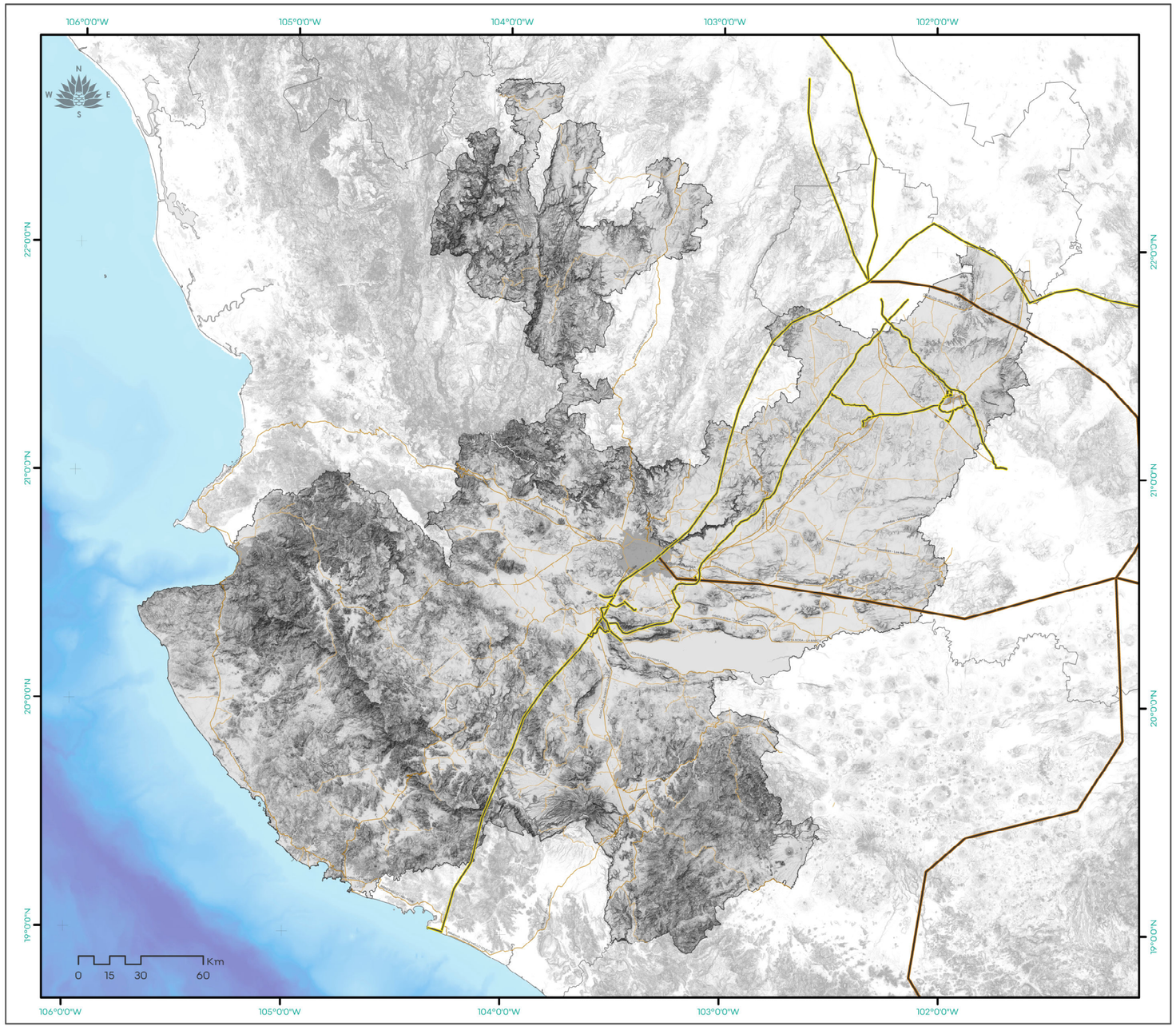
Fuente : Soluciones SIG, 2024

Imagen QTC-C-6. Punto de desfogue de gasoducto, frente al IMSS en Lagos de Moreno



Fuente: Soluciones SIG, 2024

S ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ductos Identificados
QTC - C - 02

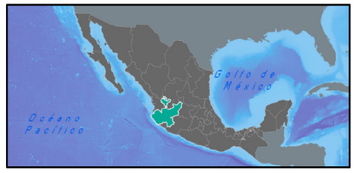
Leyenda Temática

- Poliductos
- Gasoductos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



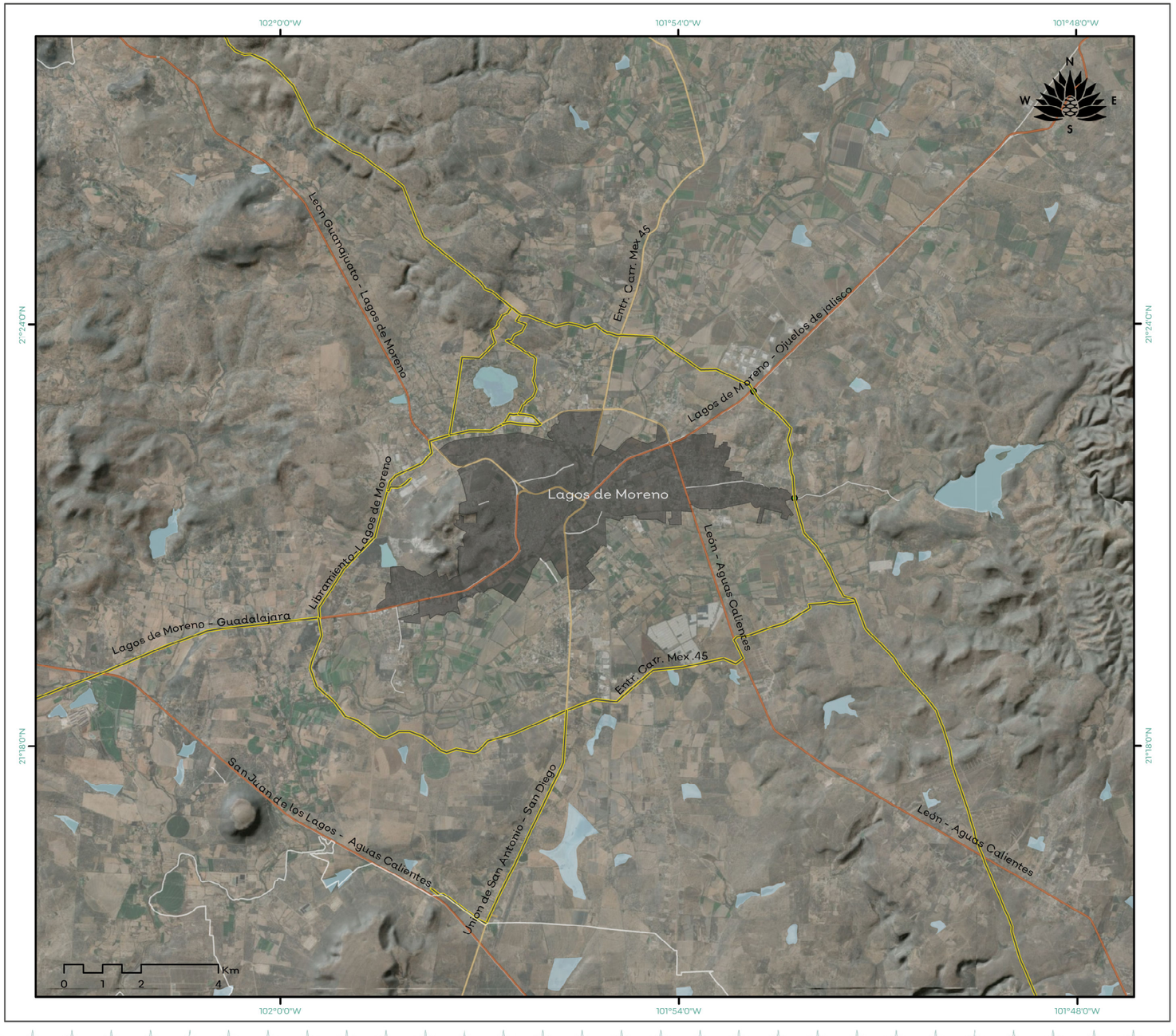
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
FUENTE: CNH. Conjunto de Datos Vectoriales de Información. Mapa de Hidrocarburos 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024





Ductos Identificados
Lagos de Moreno
QTC - C - 03

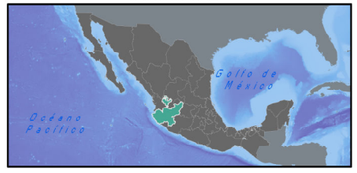
Leyenda Temática

- Poliductos
- Gasoductos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



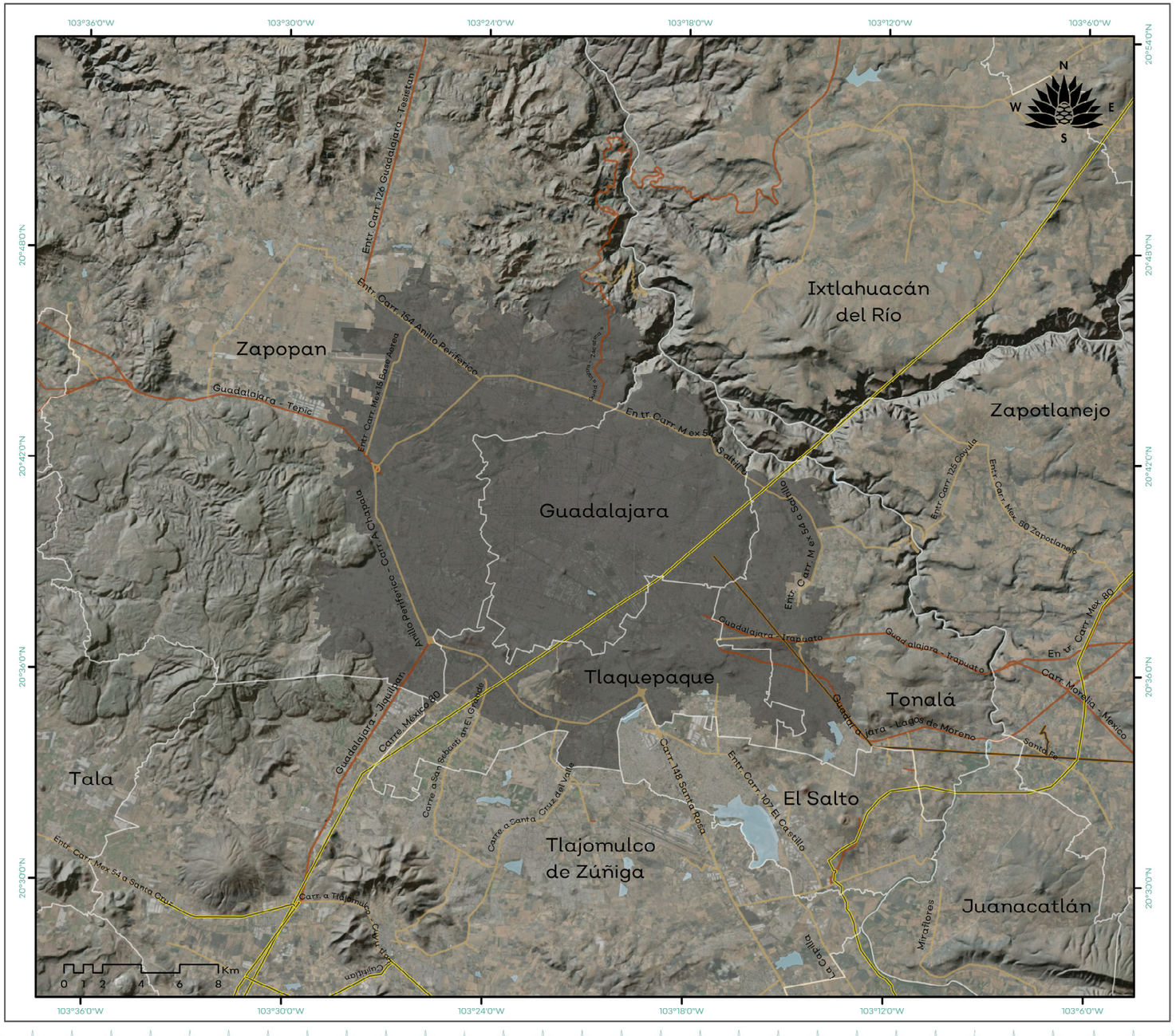
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Ductos Identificados
Zona Metropolitana de Guadalajara
QTC - C - 04

Leyenda Temática

- Poliductos
- Gasoductos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:200,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. Información Georefferenciada de los ductos proporcionada por la unidad de Protección Civil Estatal de Jalisco. INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO. INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco. INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022. Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.3.4. Peligro

Para determinar la distancia de seguridad de un ducto, se utilizó el área definida por el derecho de paso establecido en la legislación local que concuerda con la distancia de seguridad establecida. Las distancias desarrolladas se elaboraron a partir del análisis de diversos accidentes y del empleo de modelos de simulación a partir del Software ALOHA. En el análisis de vulnerabilidad se identificaron los puntos de la población susceptibles a ser dañados. Este procedimiento se realizó mediante la construcción de un Buffer multi anillo que determinó la distancia de afectación para diferentes intervalos de intensidad en los fenómenos analizados.

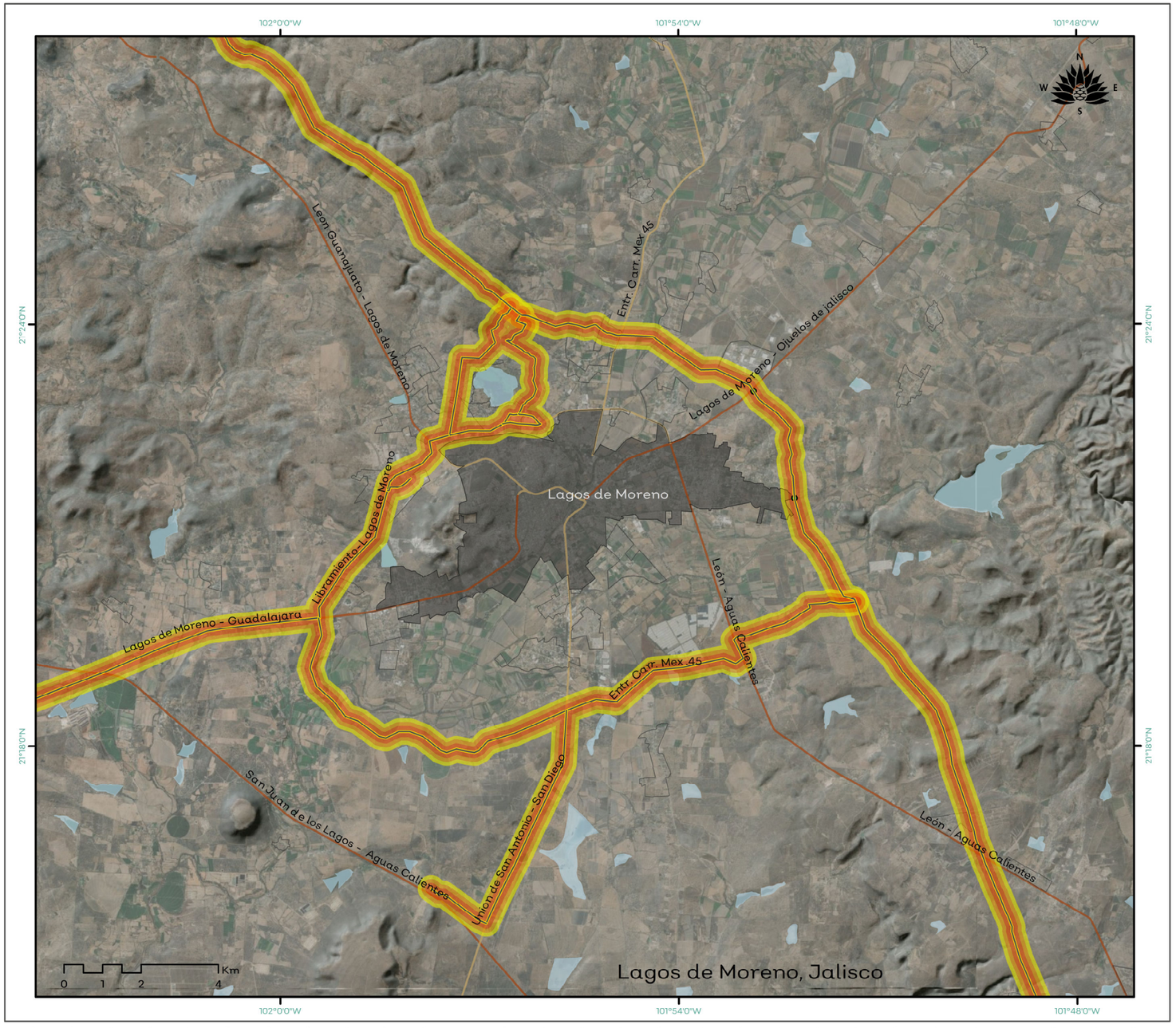
Con esta información es posible determinar el tamaño y tipo de población dentro de la zona afectada. También es posible identificar, además de las casas habitación, las zonas comerciales, mercados, iglesias, escuelas, hospitales, zonas industriales, subestaciones eléctricas, estaciones de bombeo de agua, reservas ecológicas, cuerpos de agua superficiales, zonas ganaderas, zonas agrícolas, zonas avícolas, zonas pecuarias y terminales de transporte de pasajeros. En general, todos aquellos lugares susceptibles a concentrar actividades económicas, población y sistemas naturales.

En el siguiente cuadro se muestra la propuesta elaborada por el CENAPRED para determinar zonas e intervalos de distancias utilizados en la categorización de las áreas de sensibilidad.

Imagen QTC-C-2. Mapa Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos

Diámetro, en pulgadas	Área de trampas de diablos [mts]	Gasoducto		Oleoducto y gasolinoducto [mts]	Gasoducto	
		100 > P ≥ 80 [Kg/cm²]	80 > P ≥ 50 [Kg/cm²]		50 > P ≥ 15 [Kg/cm²]	P < 15 [Kg/cm²]
48	250	200	150	150	100	50
36	250	200	150	150	100	50
30	250	200	150	150	100	50
24	200	150	150	100	100	50
20	200	150	100	100	100	50
18	150	100	100	100	75	35
16	150	100	100	75	75	35
14	150	100	75	75	75	35
12	150	100	75	75	75	35
10	100	75	75	75	50	35
8	100	75	75	50	50	35
6	75	75	75	50	35	35
4	75	50	50	35	35	35
3	50	35	35	35	35	35
2	35	35	35	35	35	35

**m: metros*
**P: presión*
Fuente: Distancias de seguridad en ductos de hidrocarburos, Hernández Garia C., Hernández Ortega J. A., Contreras Cruz J. C. 7º Congreso Internacional de Ductos, Puebla, Pue., noviembre, 2003.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Transporte en Ductos
Lagos de Moreno
QTC - C - 05

Leyenda Temática

Distancia de Riesgo

- Alto - 150 Mts
- Moderado - 250 Mts
- Bajo - 350 Mts

- Poliductos
- Gasoductos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



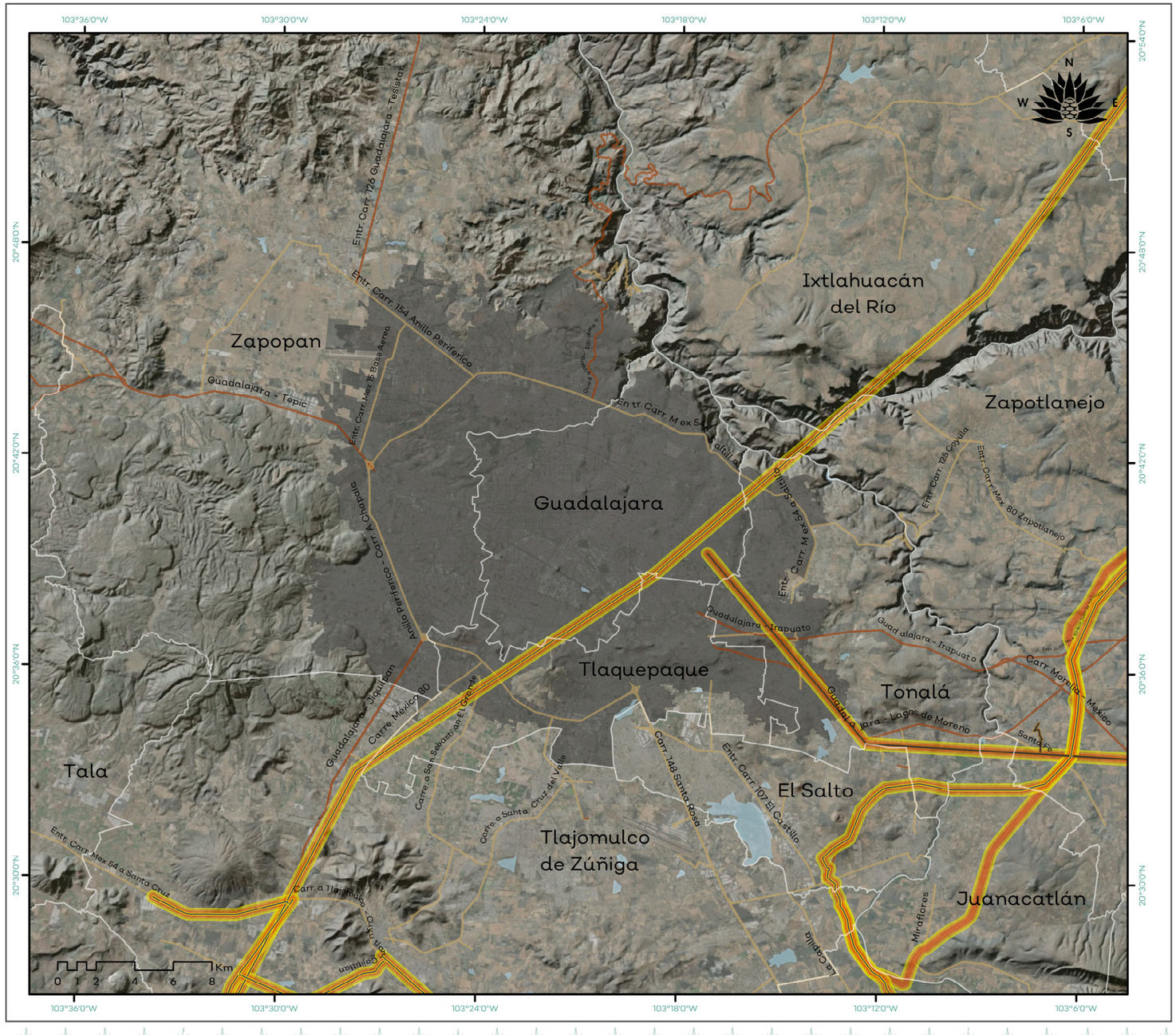
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo por Trasporte en Ductos
Zona Metropolitana de Guadalajara
QTC - C - 06

Leyenda Temática

Distancia de Riesgo

- Alto - 150 Mts
- Moderado - 250 Mts
- Bajo - 350 Mts

- Poliductos
- Gasoductos

Simbología

- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:80,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.3.5. Riesgo

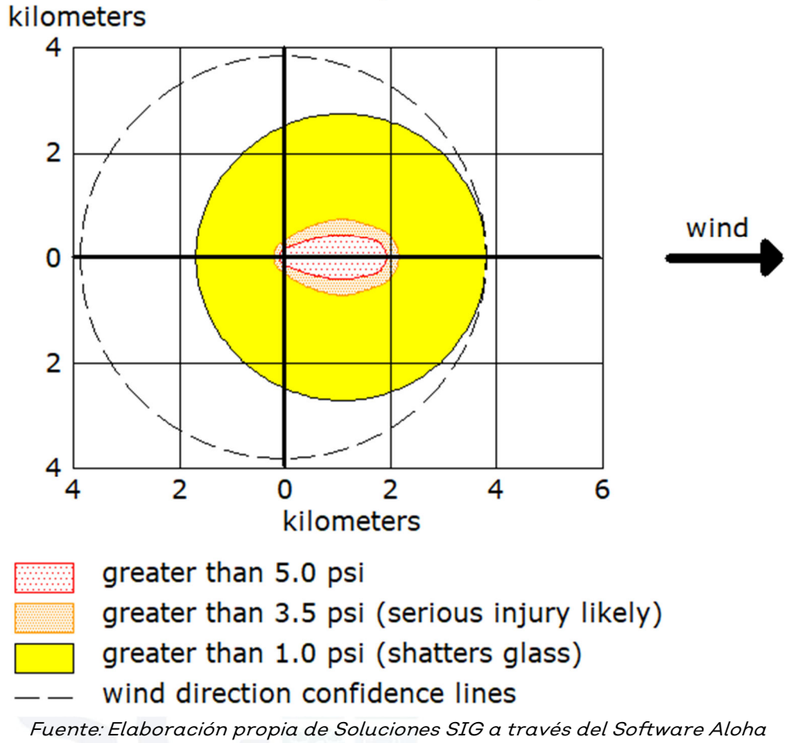
Para el análisis del riesgo se utilizó la información disponible y se determinó de acuerdo con la misma, el alcance de un posible evento. De esta forma, se señalizaron las áreas afectadas, así como el tipo de efecto esperado. Sin embargo, aún falta mucho por hacer, sobre todo en el área de recopilación y sistematización de información.

Es importante señalar que recabar más información, permitirá tener una base de datos mucho más completa, sólida y actualizada, lo que consecuentemente favorecerá el diseño de mejores planes de respuesta ante posibles emergencias de esta naturaleza. No existe una manera única de medir el riesgo y esta se encuentra determinada por la información y los recursos disponibles, así como el propósito para el cual se hace la estimación. Sin embargo, para calcular de manera cuantitativa el riesgo, es necesario construir una base de datos para determinar la relación entre la frecuencia, las causas y los efectos entre los incidentes registrados.

Así mismo en el presente documento, se aborda la simulación de una fuga de hidrocarburos en un poliducto de 16" de diámetro, que transporta gasolina regular, gasolina premium y diésel desde la refinería de Salamanca hasta la zona metropolitana de Guadalajara, con una longitud de 64.5 km. Esta simulación es crucial debido al alto riesgo que representan tales incidentes para la población y el medio ambiente. Identificar zonas vulnerables a lo largo del poliducto y establecer protocolos de respuesta eficaces es esencial para minimizar estos riesgos. La colaboración con Protección Civil Estatal es vital, ya que su experiencia y recursos garantizan una respuesta coordinada y eficiente ante emergencias, fortaleciendo la seguridad y resiliencia de las comunidades afectadas.

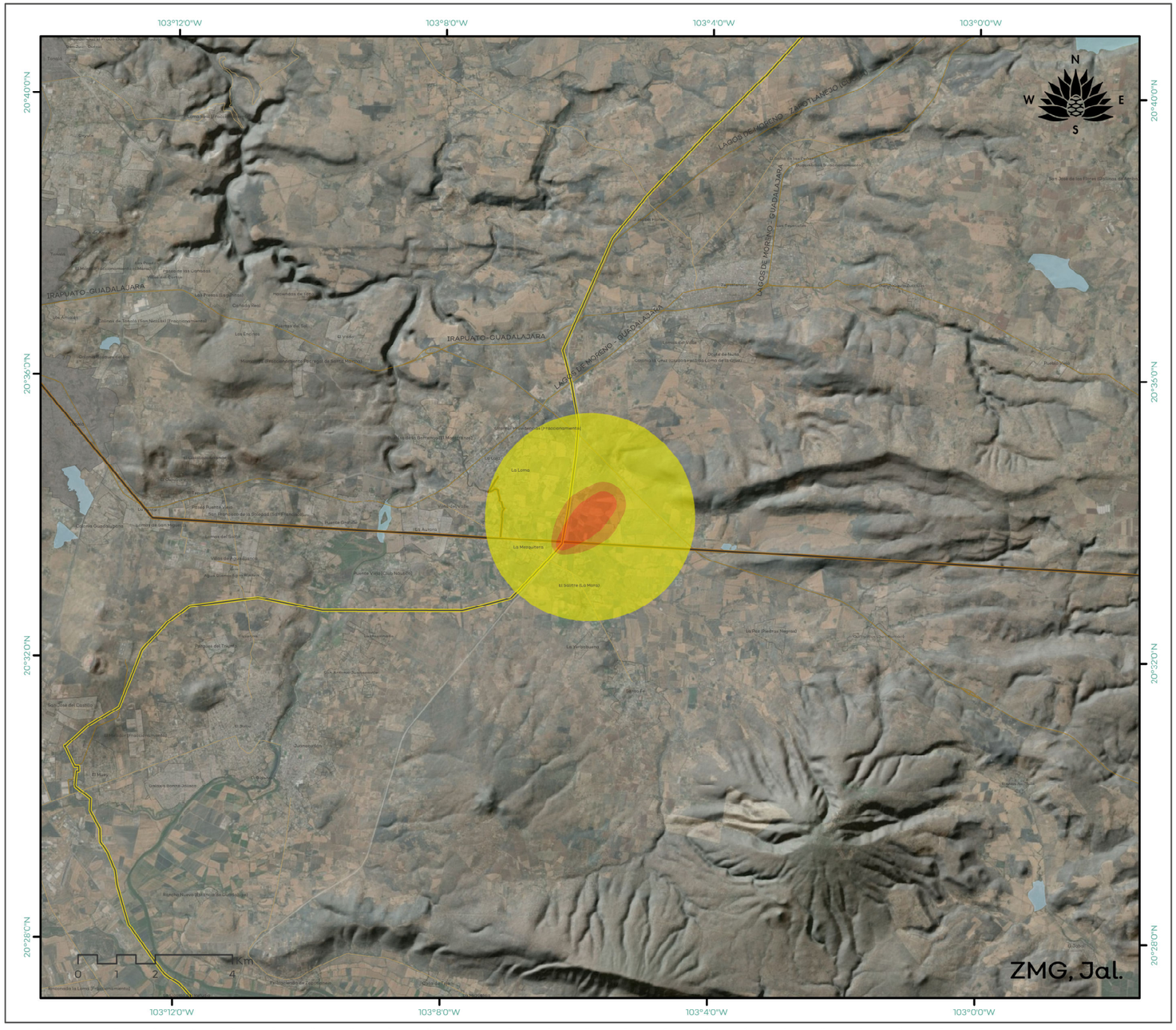
Se propone hacer una simulación recreando las condiciones del evento ocurrido el pasado 09/02/24 proponiendo el lugar de origen las siguientes coordenadas 103°6'15.014"W 20°33'36.42"N donde hay reportes de robo de combustible en el poliducto.

Imagen QTC-C-3. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica del combustible



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software Aloha

Al comprometer la integridad del ducto, se produce una nube de dispersión de combustible que puede llevar a una explosión con distintos rangos de afectación. En el primer rango, se genera un estallido de 5.0 psi que afecta los primeros 1,800 metros, causando daños severos y potencialmente catastróficos. La siguiente zona de afectación experimenta una presión de 3.5psi, extendiéndose hasta los 2,000 metros en dirección del viento, donde las heridas pueden ser potencialmente letales. En la última zona, la presión producida por la explosión es igual a 1.0psi que aún representa un riesgo significativo, aunque menor comparado con las áreas más cercanas.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Nube Explosiva
QTC - C - 07

Leyenda Temática
- Poliductos
- Gasoductos
- Radiación Termica 5.00 kW/(sq m) Riesgo Alto
- Radiación Termica 3.5 kW/(sq m) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 1.0 kW/(sq m) Riesgo Bajo

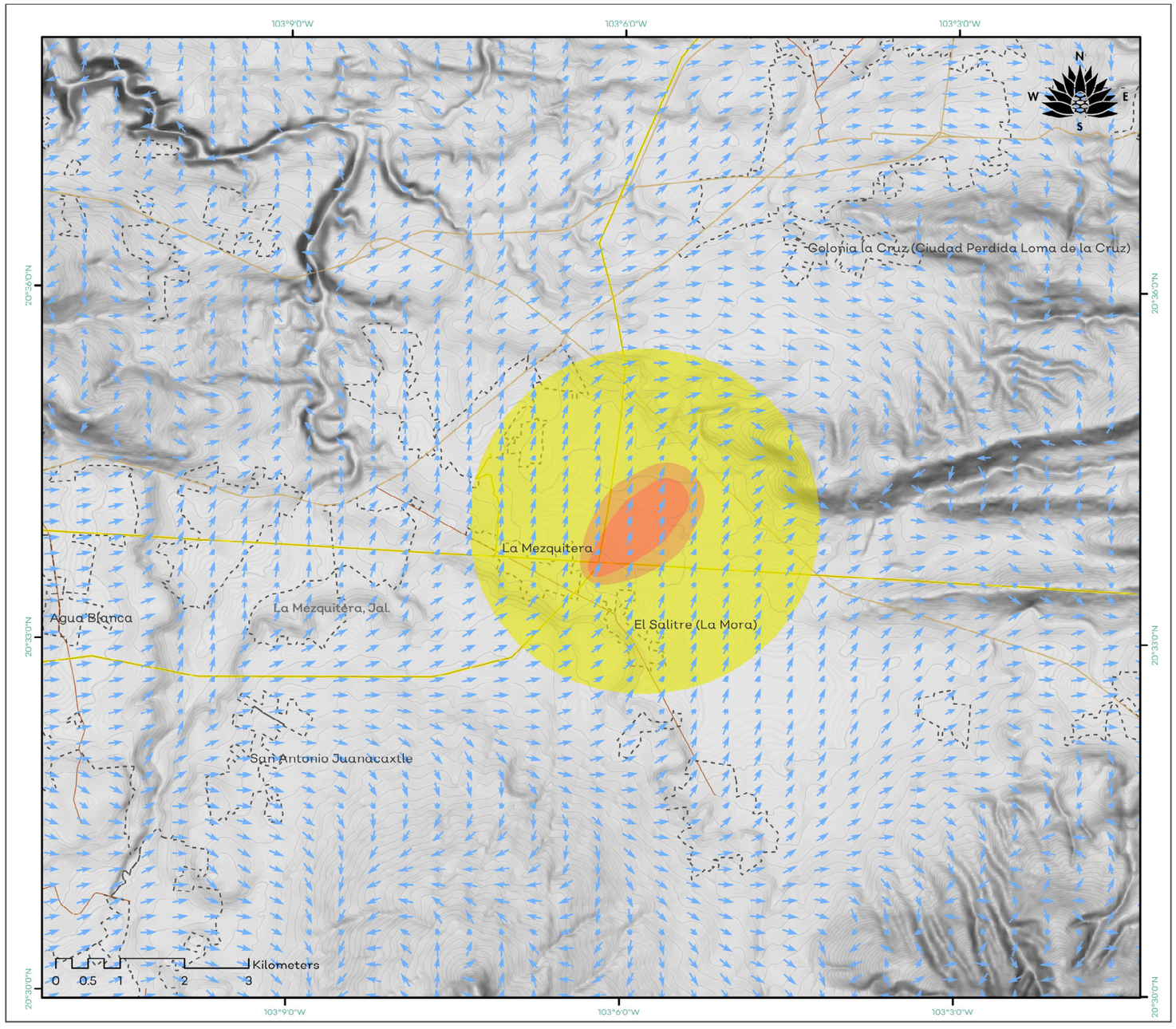
Simbología
- Carretera Estatal
- Carretera Federal
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas

Ubicación


Parámetros Cartográficos
Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:100,000

Fuente
Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
FUENTE: CNH. Conjunto de Datos Vectoriales de Información. Mapa de Hidrocarburos 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Dinamica del Fluido
QTC - B - 08

Leyenda Temática

Nivel de Riesgo

- Radiación Termica 5.00 kW/(sq m) Riesgo Alto
- Radiación Termica 3.5 kW/(sq m) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 1.0 kW/(sq m) Riesgo Bajo
- Dinamica del Fluido Sobre el Terreno
- Gasoductos

Simbología

- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Carretera Estatal
- Carretera Federal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:60,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
FUENTE: CNH, CONJUNTO DE DATOS VECTORIALES DE INFORMACIÓN, MAPA DE HIDROCARBUROS 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico. GEBCO 2022. recuperado del British Oceanographic Data Centre.

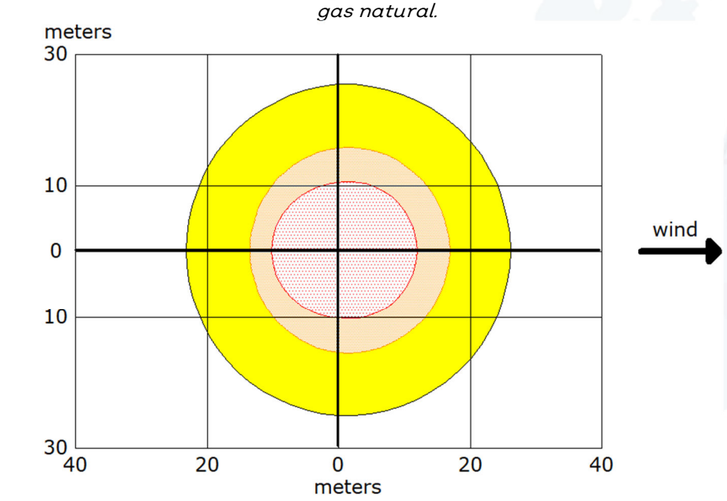
Junio 2024

En este análisis, se propone tomar en cuenta el modelo digital de elevación del terreno para mostrar la dinámica de flujo de una sustancia sobre el terreno en caso de una fuga de hidrocarburos. Este enfoque permite identificar las rutas potenciales de dispersión del combustible, considerando las pendientes y depresiones del terreno, lo cual es crucial para predecir las áreas de mayor riesgo y planificar respuestas efectivas.

En el mapa QTB - C - 08 se puede observar lo anterior descrito, en caso de fuga del combustible, para estimar el alcance o dispersión de la sustancia. Debido que el análisis se atiene a las condiciones atmosféricas no se debe de tomar como un análisis único o definitivo ya que estas condiciones son variables independientes.

Así mismo se propone abordar una modelación en lagos de moreno para su distribución de la red de ductos de gas natural en la zona centro del municipio en donde la índole del evento se propone tomando en cuenta las condiciones meteorológicas promedio de Lagos de Moreno y donde la integridad del ducto se ve comprometida formando así una nube de gas natural (Metano) en el sitio. El lugar de origen se propone con las siguientes coordenadas: las siguientes coordenadas 21°21 '19.79 "N 101°55' 54.38"O.

Imagen QTB-C-4. Resultados del escenario - Rango de amenaza por radiación térmica por nube explosiva de gas natural.



Fuente: Elaboración propia de Soluciones SIG a través del Software Aloha

Como se puede ver en la imagen QTB - C - 4 al comprometer la integridad del ducto, se produce una nube explosiva de gas que puede llegar a distintos rangos de afectación. Debemos de tomar en cuenta que los ductos de distribución para uso domiciliario como este no presentan condiciones de presión considerables ni volúmenes tan grandes debido a que su diámetro es pequeño relativamente, es por que como se puede ver en el mapa QTB - B - 09 su radio de afectación no supera los 25 mts. Consultar la "*Tabla QTC - B - 06. Tabla de daños por radiación térmica.*"

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Nube Explosiva Gas Natural - Lagos de Moreno
QTB - C - 09

Leyenda Temática

- Gasoducto Ampliación Lagos de Moreno
- Radiación Termica 10.0 kW/ (m2) Riesgo Alto
- Radiación Termica 5.0 kW/ (m2) Riesgo Moderado
- Radiación Termica 1.0 kW/ (m2) Riesgo Bajo

Simbología

- Carretera Estatal
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,400

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
FUENTE:Trazo de Gasoductos proporcionado por la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos, Jalisco
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico. GEBCO 2022. recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.3.6. Propuestas de Reducción del Riesgo

Monitoreo Continuo y Tecnología de Detección de Fugas

- Implementar sistemas avanzados de detección de fugas que utilicen sensores, cámaras térmicas y drones para la supervisión constante de los ductos.
- Utilizar tecnología de análisis de presión para identificar fugas en tiempo real.

Imagen QTC-C-4. Sistemas ultrasónicos no intrusivos para el monitoreo de la corrosión en ductos



Fuente : Morken Group Catalog, 2024

Mantenimiento Preventivo y Predictivo

- Establecer programas de mantenimiento regular y preventivo para asegurar la integridad de los ductos.
- Utilizar herramientas de diagnóstico avanzado como inspección con robots inteligentes y análisis de corrosión para prever fallas antes de que ocurran.

Imagen QTC-C-5. Mantenimiento preventivo a ductos de Pemex



Fuente: Onexpo, Nacional, 2024

Capacitación y Simulacros de Emergencia

- Realizar entrenamientos periódicos y simulacros de emergencia para el personal encargado del monitoreo y mantenimiento de los ductos.
- Desarrollar planes de contingencia específicos para diferentes escenarios de emergencia.

Mejora de la Infraestructura

- Reemplazar y actualizar tramos antiguos y vulnerables de los ductos con materiales más resistentes y duraderos.
- Implementar doble contención en áreas críticas para minimizar el impacto en caso de fuga.

Sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA)

- Integrar sistemas SCADA para el monitoreo y control en tiempo real de los ductos, permitiendo una respuesta rápida ante cualquier anomalía.
- Usar inteligencia artificial y análisis de big data para mejorar la eficiencia y la precisión del monitoreo.

Colaboración con Comunidades Locales y Entidades Regulatorias

- Establecer canales de comunicación efectivos con comunidades locales para informar sobre medidas de seguridad y protocolos de emergencia.
- Trabajar en conjunto con entidades regulatorias para asegurar el cumplimiento de normas y estándares de seguridad.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Transporte de Sustancias por Ductos

Los ductos son clave para el trasporte de combustibles de manera eficiente y económica. Aunque ofrece ventajas significativas, también conlleva riesgos como fugas y rupturas que pueden causar graves daños.

1992
Guadalajara
Explosión por Fuga de Gasolina en "Estado Gaseoso"

2024
Tlaquepaque
Fuga Poliducto

Viviendas Expuestas
139, 444

45 Centros de Salud

Municipios Expuestos
38

Población Expuesta
428, 820

619 equipamientos

197 Localidades

+555 Tomas Clandestinas (2019-2024)



Población Expuesta Por Región

- II
- III, V, VII, XI
- IV
- XII

En caso de suspensión de actividades

112, 305 empleados expuestos

18, 858 establecimientos económicos

$204, 099, 647 .90 MNX
Perdida potencial diaria

1.2.4. Incendios forestales

1.2.4.1. Introducción

Los incendios forestales representan una de las mayores amenazas para los ecosistemas naturales y las comunidades humanas en todo el mundo. Estos eventos catastróficos, caracterizados por la rápida propagación del fuego a través de áreas forestales y de vegetación densa, pueden tener efectos devastadores en el medio ambiente, la economía y la salud humana. Desde la antigüedad, los incendios forestales han sido parte integral de los ciclos naturales de muchos ecosistemas, desempeñando un papel en la regeneración y la diversidad biológica. Sin embargo, en las últimas décadas, el aumento de la actividad humana, los cambios en el uso del suelo y las condiciones climáticas extremas han contribuido a un aumento significativo en la frecuencia y la intensidad de los incendios forestales en todo el mundo.

Para que se produzca un incendio forestal se necesitan tres elementos:

Imagen QTC-D-1 Tetraedro de Fuego



Fuente: CENAPRED, 2011

Se calcula que las actividades humanas ocasionan el 99% de estos incendios y sólo el resto tiene como causa fenómeno naturales como descargas eléctricas y la erupción de volcanes.

De acuerdo con el promedio de los últimos años, casi la mitad de estos incendios se producen por actividades agropecuarias y de urbanización, junto con las acciones intencionadas y los descuidos de personas que no apagan bien sus cigarros o fogatas. También algunas prácticas de los cazadores furtivos y de quienes llevan a cabo cultivos ilícitos pueden causar un siniestro.

Tabla QTC-D -1. Causas principales de un incendio forestal.

Causas	Ejemplos
Accidentales	Rupturas de líneas eléctricas, accidentes automovilísticos, ferroviarios y aéreos
Negligencias	Quemas agropecuarias no controladas, fogatas de excursionistas, fumadores, quema de basura, limpieza de vías en carreteras y uso del fuego en otras actividades productivas dentro de áreas forestales.
Intencionales	Quemas por conflictos entre personas o comunidades, tala ilegal o litigios.
Naturales	Caída de rayos o erupciones volcánicas

Fuente: Realizado por Soluciones SIG, con información de CONAFOR, 2024

Según la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) existen condiciones que influyen sobre la forma y la velocidad en que el fuego se propaga, estas son:

Tabla QTC-D -2. Condiciones que influyen en la propagación del Fuego

Permanentes	Transitorias (De tipo Meteorológico)
La composición de los combustibles (elemento principal que determina las características del incendio)	Temperatura
Las especies vegetales	Humedad relativa
La topografía	Velocidad y dirección del viento
	Precipitación pluvial (lluvias)

Fuente: Realizado por Soluciones SIG, con información de CONAFOR, 2024

La existencia de diversas causas y condiciones, generan que cada incendio sea diferente, de manera general la CONAFOR, los clasifica en tres tipos:

- **Incendios Superficiales:** Estos ocurren cuando el fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno y alcanza hasta metro y medio de altura. Éstos afectan combustibles vivos y muertos como pastizales, hojas, ramas, ramillas, arbustos o pequeños árboles de regeneración natural, troncos, humus, entre otros.

- **Incendio Subterráneo:** Se denomina de esta forma cuando un incendio superficial se propaga bajo el suelo En este caso llega a quemarse la materia orgánica acumulada y las raíces, e incluso puede alcanzar los afloramientos rocosos. Generalmente éstos no producen llamas y emiten poco humo.

- **Incendios de copa o aéreos:** Son los más destructivos, peligrosos y difíciles de controlar debido a que el fuego consume toda la vegetación. También comienzan en forma superficial, pero en este caso, las llamas avanzan primero sobre el nivel del suelo y se propagan por continuidad vertical, es decir, escalan vegetación dispuesta hacia arriba que sirve de combustible en escalera hacia las copas de los árboles.

1.2.4.2. Antecedentes del Fenómeno

Históricamente, Jalisco ha enfrentado una alta incidencia de incendios forestales, especialmente durante la temporada seca que se extiende de primavera a principios de verano. Estos incendios son alimentados por factores naturales como la sequía, las altas temperaturas y los vientos fuertes. No obstante, la actividad humana también juega un papel crucial en la ocurrencia de estos eventos, a través de prácticas agrícolas no controladas, el cambio de uso del suelo y la negligencia en el manejo del fuego.

La combinación de condiciones climáticas adversas y factores antropogénicos ha llevado a un aumento en la frecuencia y la intensidad de los incendios forestales en las últimas décadas. Este

aumento no solo ha devastado amplias áreas de vegetación, sino que también ha afectado negativamente la fauna local, la calidad del aire y la salud pública, además de generar importantes pérdidas económicas.

El análisis de los antecedentes de incendios forestales en Jalisco proporciona una base esencial para la caracterización del fenómeno. Por ejemplo, la tabla QTC-D-3 muestra los datos de incendios forestales de 2015 a 2020.

Tabla QTC-D -3. Cantidad de incendios por año para el estado de Jalisco

Año	N ° de incendios.
2015	364
2016	991
2017	759
2018	526
2019	587
2020	630
Total	3857

Fuente: Realizado por Soluciones SIG, con información de CONAFOR, 2024

Los municipios con mayor número de incendios, solo en 2024, están expuestos en la Tabla QTC-D-4

Tabla QTC-D -4. Reporte Estadístico Público de Incendios Forestales Jalisco 2024.

Municipio	N° de incendios	Afectación (ha.)
Zapopan	97	2,073.09
Tapalpa	41	197.3
Mezquitic	29	1,855.33
Tlajomulco de Zuñiga	28	540.25
Mazamitla	24	1,157.53
Atemajac de Brizuela	21	480.98
La Huerta	19	1,117.91
Zapotlán el Grande	17	358.28
Tala	17	1,140.94
Concepcion de Buenos Aires	15	398.81

Reporte Estadístico Público de Incendios Forestales Jalisco 2024.

1.2.4.3. Metodología y Memoria de Cálculo

Para el análisis de peligro por incendios forestales se propone la siguiente metodología

1. Recopilación de datos:
a. Datos de incendios forestales:
i. Seleccionar los datos históricos de incendios forestales, incluyendo la ubicación (coordenadas geográficas), fecha, tamaño y tipo de vegetación afectada.
b. Uso del suelo y vegetación:
i. Obtener los datos sobre el uso del suelo y la cobertura vegetal en el área de estudio. Esto puede incluir mapas de cobertura vegetal, clasificación del uso del suelo y datos de imágenes satelitales. Se recomienda emplear el "Uso de Suelo y Vegetación, escala 1:250000, serie VII de INEGI

2. Análisis de datos:
a. Análisis de incendios históricos:
i. A partir de los puntos de incendios forestales, examinar la distribución espacial histórica para identificar patrones y áreas de mayor riesgo.
ii. Calcula la frecuencia y tamaño de los incendios en diferentes tipos de vegetación y usos del suelo.

3. Evaluación del riesgo:
a. Mediante el uso de un SIG (Sistema de Información Geográfica) integrar los datos de incendios históricos, uso del suelo y vegetación en un modelo espacial.
b. Empleando técnicas de análisis espacial (uniones) para evaluar el riesgo de incendios forestales en función de la proximidad a áreas con historial de incendios y tipo de vegetación. Esto nos permitirá generar interpolaciones espaciales para estimar el riesgo de incendios en áreas donde no hay datos históricos disponibles.
c. Asignar categorías a diferentes variables (como tipo de vegetación o si se cuenta vegetación secundaria se) en función de su contribución al riesgo de incendio.
d. Desarrollar un índice de riesgo que combine estos factores de manera ponderada para cada ubicación dentro del área de estudio.
e. Crea mapas que muestren el riesgo de incendios forestales en el área de estudio, utilizando colores o símbolos para representar diferentes niveles de riesgo.

1.2.4.4. Peligro

Para la determinación del peligro, se identificó a partir de un análisis de álgebra de mapas las unidades de paisaje y los tipos de vegetación en los que es más probable la ocurrencia de un incendio con base en los estadísticos históricos de incendios forestales se determinaron las siguientes categorizaciones teniendo como criterio una clasificación geoestadística por quintiles.

A partir de una suma algebraica de los 2 insumos anteriormente obtenidos, se realizó una recategorización en 5 clases del resultado obtenido, el cual se interpretará como la representación geoespacial de peligro por incendios forestales (mapa QTC-D-1).

QTC-D-1. Unidades de paisaje de mayor incidencia geoestadística

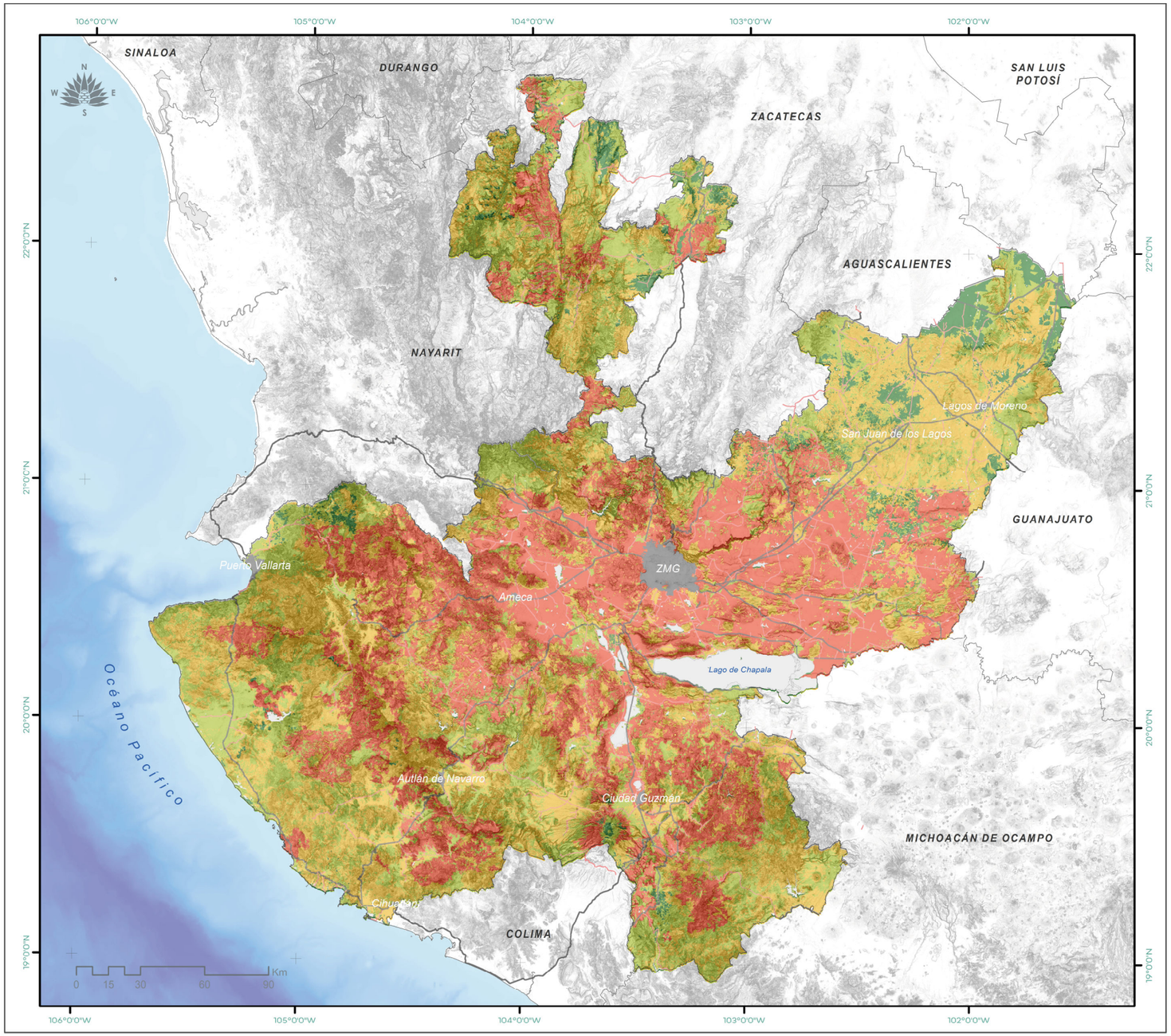
Categorización por cantidad de incendios.	
Esta categorización clasifica la vegetación en diferentes niveles de riesgo de incendios forestales en función de la frecuencia y la cantidad de incendios que ocurren dentro de ella. Se pueden identificar varias categorías para describir este riesgo	
Número de incendios	Categoría
0	1
1	2
2	3
3-5	4
6-105	5

Fuente. Elaborado por Soluciones SIG S.a. de C.V., 2024 con datos de SNIF

Tabla QTC-D-2. Vegetación de mayor incidencia geoestadística

Puntos de incendios y vegetación asociada	
La vegetación desempeña un papel de vital importancia en la dinámica y los efectos de los incendios forestales. Actuando como combustible para el fuego, su densidad, composición y estado de humedad influyen directamente en la velocidad de propagación y la intensidad del incendio. Por ejemplo, áreas con vegetación densa y acumulada, como Selvas bajas o pastizales cultivados, presentan un mayor riesgo de incendios debido a la mayor cantidad de material inflamable disponible.	
Categoría	**Vegetación**
1	Bosque de oyamel, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de pino, Bosque de pino-encino, Bosque de encino-pino, Pastizal inducido, Selva baja caducifolia, Agricultura de temporal, Pradera de alta montaña, Bosque de cedro, Bosque de encino, y zonas Sin vegetación aparente. También hay áreas dedicadas a la Agricultura de temporal, Zonas urbanas, Bosques cultivados, Cuerpos de agua, Pastizal natural, Selva alta perennifolia, Selva mediana subcaducifolia, Vegetación de galería, Matorral crasicaule, Bosque de mezquite, Mezquital tropical, Pastizal cultivado, Agricultura de riego, Selva baja subcaducifolia, Selva mediana caducifolia, Vegetación halófila xerófila, Vegetación halófila hidrófila, Manglares, Sabanoides, Tulares, Vegetación de dunas costeras, Selva baja espinosa caducifolia, Pastizal halófilo, Pastizal gypsófilo, Palmar natural, Palmar inducido y Vegetación de dunas costeras
2	Bosque de pino encino, Bosque de oyamel, Bosque de encino, Pastizal inducido, Bosque de táscate, Agricultura de temporal, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de encino pino, Sin vegetación aparente, Pastizal cultivado, Selva baja caducifolia, Bosque de pino, Selva mediana subcaducifolia, Zona urbana, Vegetación de galería, Bosque de ayarín, Pastizal natural, Matorral crasicaule, Selva mediana perennifolia, Sabanoide, Selva de galería.
3	Bosque mesófilo de montaña, Bosque de pino encino, Bosque de encino, Pastizal cultivado, Bosque de pino, Selva baja caducifolia, Selva mediana subcaducifolia, Pastizal inducido, Agricultura de temporal, Bosque de encino pino, Zona urbana, Bosque de ayarín, Pastizal natural.
4	Bosque de pino encino, Zona urbana, Bosque mesófilo de montaña, Bosque de encino, Pastizal cultivado, Selva baja caducifolia, Bosque de pino, Bosque de encino pino, Sin vegetación aparente, Pastizal inducido, Agricultura de temporal, Selva mediana subcaducifolia
5	Bosque de pino encino, Bosque de encino, Agricultura de temporal, Pastizal natural, Selva baja caducifolia, Bosque de pino, Bosque de encino pino, Pastizal inducido, Zona urbana, Selva alta subperennifolia, Selva mediana subcaducifolia.

Fuente. Elaborado por Soluciones SIG S.a. de C.V., 2024 con datos de SNIF



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Incendios Forestales
QTC-D-01

Leyenda Temática

Peligro por Incendios Forestales

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Simbología

- Zonas Urbanas
- Cuerpos de Agua
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
SNIF. Puntos de Incendios, 2023
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

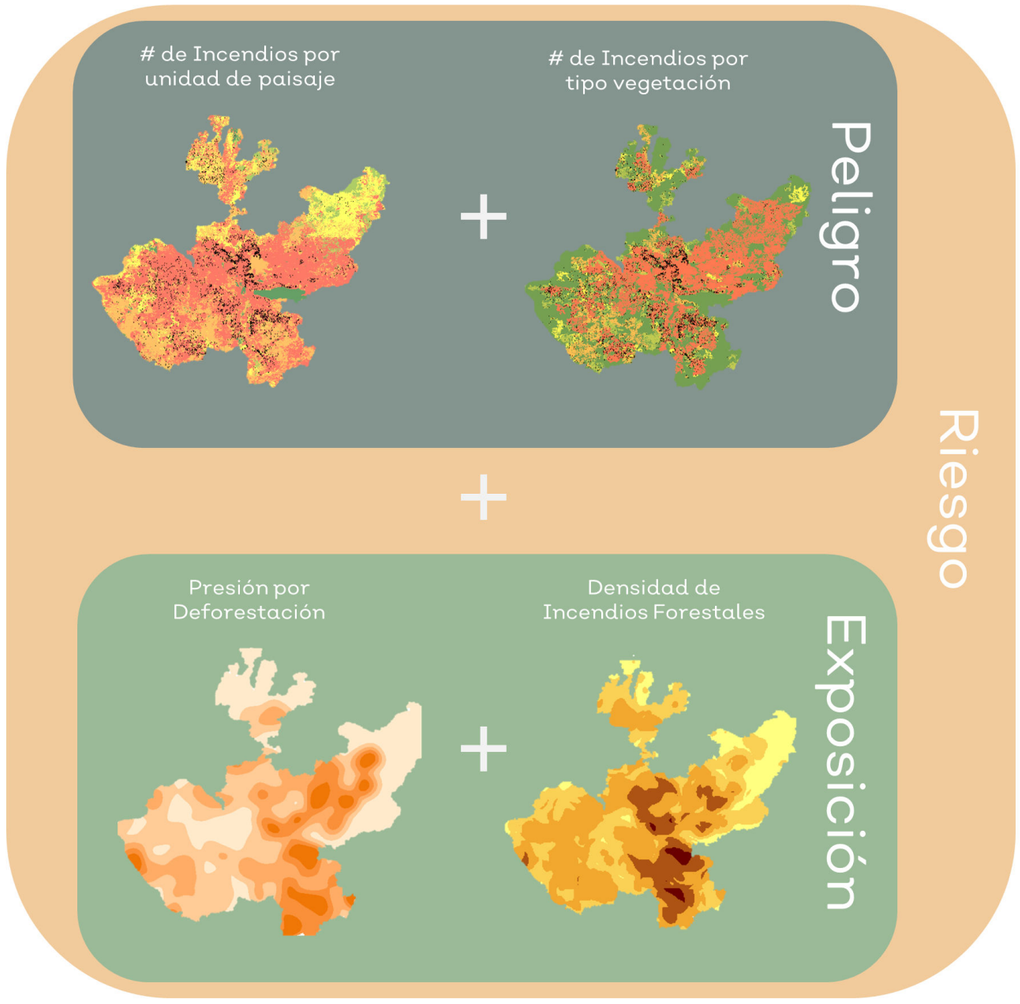
1.2.4.5. Exposición

Los incendios forestales representan una amenaza significativa para los ecosistemas, las comunidades humanas y la economía. La vulnerabilidad a los incendios forestales es un concepto complejo que involucra la interacción de factores naturales y humanos. Factores como el cambio climático, que incrementa la frecuencia y severidad de las olas de calor y las sequías, la expansión urbana hacia áreas forestales, y las prácticas agrícolas inadecuadas, aumentan el riesgo y la intensidad de estos incendios. A nivel global, el aumento de las temperaturas y las alteraciones en los patrones de precipitación están creando condiciones más propicias para la ocurrencia de incendios, poniendo en riesgo no solo a los bosques, sino también a la biodiversidad, las propiedades y, en última instancia, a la vida humana.

Para este efecto se conceptualizó la exposición a partir de dos criterios. el primero fue emplear el análisis de deforestación publicado por CONAFOR, como uno de los principales factores asociados a la generación de incendios. de igual forma se empleó como criterio que exacerba la exposición a los incendios, un análisis geoespacial para determinar la distribución.

De acuerdo con la distribución espacial, se determina a los sistemas expuestos, estas se encuentran descritas en la infografía Incendios Forestales.

Metodología para la Generación de un Mapa de Riesgo por Incendios Forestales



1.2.4.6. Riesgo

Metodología para la Generación de un Mapa de Peligros por Incendios Forestales y Deforestación

Paso 1: Generación del Mapa de Calor de Incendios Forestales

1. Recolección de Datos:
   - Obtener los puntos de incendios forestales registrados entre 2015 y 2020 desde el Sistema Nacional de Información Forestal (SNIF).
2. Creación del Mapa de Calor:
   - Importar los puntos de incendios a ArcGIS.
   - Utilizar la herramienta de densidad de puntos para crear un mapa de calor (Heatmap) basado en la densidad de los incendios.

Paso 2: Obtención del Mapa de Incidencia de Deforestación

1. Recolección de Datos:
   - Obtener datos de cambios en el uso del suelo de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
2. Creación del Mapa de Incidencia de Deforestación:
   - Importar los datos de cambios de uso del suelo a ArcGIS.
   - Utilizar herramientas de análisis espacial para desarrollar un mapa que muestre la presión por deforestación.

Paso 3: Categorización de los Mapas

1. Mapa de Calor de Incendios:
   - Aplicar una categorización por cuantiles para identificar áreas con mayor densidad de incendios.
   - Utilizar la herramienta de reclasificación para categorizar el mapa de calor en, por ejemplo, 5 clases.
2. Mapa de Cambio de Uso de Suelo:
   - Aplicar una categorización por cortes naturales (Natural Breaks) para identificar zonas con mayor presión por deforestación.
   - Utilizar la herramienta de reclasificación para categorizar el mapa de deforestación en 5 clases.

Paso 4: Sumar Ambos Rasters para Obtener el Mapa de Peligros

1. Superposición de Rasters:
   - Utilizar la herramienta de suma de raster (Raster Calculator) para sumar los dos mapas categorizados.
   - El resultado es un mapa que indica las zonas con mayor riesgo de incendio debido a la deforestación y los antecedentes de incendios.
2. Categorización del Mapa de Peligros:
   - Reclasificar el mapa de riesgos resultante en 5 categorías (1: Muy bajo, 5: Muy alto).

Paso 5: Transformación del Raster a Polígonos

1. Conversión a Polígonos:
   - Utilizar la herramienta "Raster to Polygon" para convertir el raster categorizado en polígonos.
   - Asegurarse de que los polígonos conserven las categorizaciones originales del mapa de riesgos.

Paso 6: Identificación de Sistemas Expuestos

1. Selección por Ubicación:
   - Seleccionar las localidades, regiones y vegetaciones que se encuentran dentro de la categoría 5 (Riesgo muy alto) usando la herramienta "Select by Location".
   - Realizar esta operación por cada capa de interés (localidades, regiones, vegetación).
2. Extracción de Características:
   - Para cada selección, identificar y extraer las siguientes características:
     - Localidades: Nombre de la localidad, cantidad de población, número de viviendas.
     - Regiones: Número de la región.
     - Vegetación: Tipo de vegetación.

Paso 7: Cálculo de Superficie en Riesgo

1. Cálculo de Área:
   - Usar la herramienta "Calculate Geometry" para calcular el área total de los polígonos que representan la categoría de riesgo muy alto.

Resumen de Herramientas y Procedimientos

- **ArcGIS Tools**: Density Tool, Spatial Analyst Tools (Reclassify, Raster Calculator), Conversion Tools (Raster to Polygon), Selection Tools (Select by Location), Calculate Geometry.
- **Datos Necesarios**: Puntos de incendios forestales (SNIF), datos de cambios de uso del suelo (CONAFOR), capas de localidades, regiones y vegetación.

Este mapa ofrece una visión detallada de las áreas que son más susceptibles a la propagación de incendios, incorporando diversos factores que influyen en la probabilidad y severidad de estos eventos. Desde los municipios y comunidades, hasta la densidad de vegetación y la historia de incendios pasados, cada elemento se integra para proporcionar una evaluación del riesgo.

Al comprender las áreas de mayor riesgo, podemos implementar estrategias de prevención más efectivas, fortalecer la capacidad de respuesta ante emergencias y promover prácticas de manejo forestal sostenible. De manera particular, el análisis nos permite tener los siguientes resultados.

Riesgo Territorial: Al observarse y distribuirse los riesgos en niveles se puede encontrar un diez por ciento del territorio en zonas de muy alto riesgo.

Riesgo Sociodemográfico: En relación a los riesgos presentados mediante la densidad de población en el área de estudio, se puede observar la vulnerabilidad y amenaza que presentan 82, 265 habitantes y 84 viviendas

Riesgo Forestal: En términos ambientales, 25 diferentes tipos de vegetaciones, se encuentran en riesgo, es indispensable observar que la Selva baja caducifolia, el Pastizal Inducido, los Bosques de Encino, de Pino y de Pino-Encino, son las principales vegetaciones que se encuentran en áreas de muy alto riesgo.

Incendios Forestales

Para el estado de Jalisco en 2023 se tienen registrados 1,483 incendios. En los primeros cinco meses de 2024, se tienen registro de 648. De 2015 a 2023 se han quemado 681, 534 hectáreas.

8, 019 ha 2015	189, 815 ha 2017	72, 268 ha 2019	76, 490 ha 2021	194, 124 ha 2023

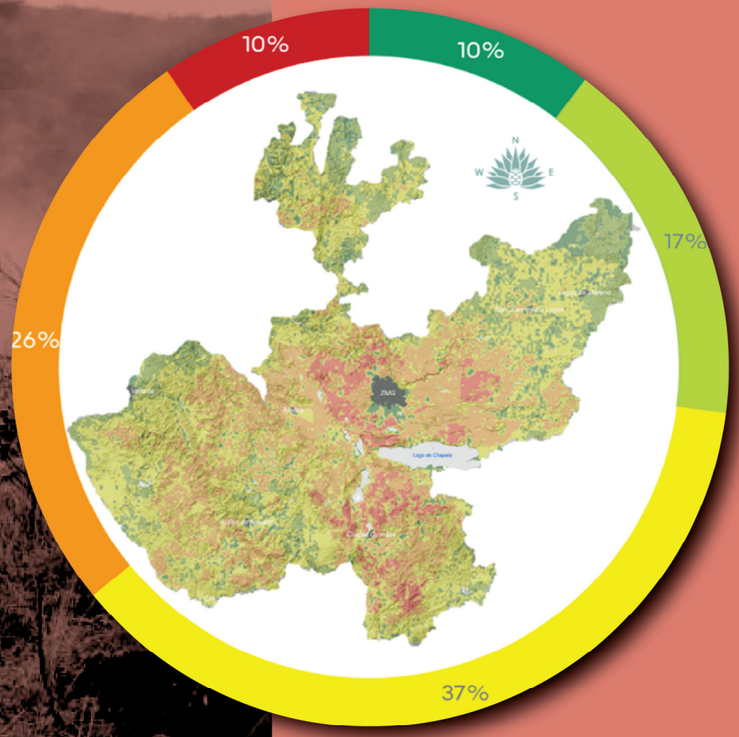
Viviendas Expuestas 36, 290

53 Municipios Prioritarios

Población en Muy Alto Riesgo 36, 290

653 Localidades

45 Centros de Salud



Los incendios forestales también se analizan identificando áreas quemadas y la severidad del fuego debido a que se debe:

- Evaluar el impacto del incendio: El análisis de las áreas quemadas permite evaluar el alcance y la extensión del impacto del incendio en el paisaje. Proporciona información sobre qué áreas han sido afectadas por el fuego y hasta qué punto.
- Gestión de recursos: Comprender la extensión y la severidad de los incendios forestales es crucial para la gestión de recursos naturales. Esto incluye la planificación de medidas de restauración y reforestación en áreas afectadas, así como la asignación de recursos para la prevención y el combate de incendios.
- Identificar áreas de alto riesgo: Analizar la severidad del fuego ayuda a identificar áreas que han experimentado daños significativos en la vegetación y que pueden ser especialmente vulnerables a la erosión del suelo, la pérdida de hábitat y la invasión de especies no deseadas. Estas áreas pueden requerir medidas de mitigación específicas para reducir el riesgo de daños adicionales.
- Impacto en la biodiversidad: Los incendios pueden tener un impacto significativo en la biodiversidad, alterando los hábitats naturales y afectando a las poblaciones de flora y fauna. Analizar la severidad del fuego ayuda a evaluar el impacto del incendio en la biodiversidad y a desarrollar estrategias de conservación adecuadas.
- Planificación de la recuperación: La información sobre las áreas quemadas y la severidad del fuego es fundamental para la planificación de la recuperación y la restauración después de un incendio. Permite identificar áreas prioritarias para la restauración e implementar medidas adecuadas para promover la recuperación de los ecosistemas afectados.

El cálculo de la severidad del fuego, generalmente expresado como el Índice de Quema Normalizada de Diferencia (dNBR, por sus siglas en inglés), implica el análisis comparativo de la reflectancia de la superficie antes y después del incendio.

El cálculo del dNBR se realiza mediante la diferencia entre el NBR antes del incendio y el NBR después del incendio. La fórmula para calcular el dNBR es:

$$dNBR = NBRpre - NBRpost$$

Dónde:

NBRpre es el Índice de Quema Normalizado pre-incendio y NBRpost es Índice de Quema Normalizado posterior al incendio.

Esto se realizó con imágenes landsat 8 y se utilizaron 11 imágenes para poder cubrir el Estado de Jalisco Debido a las altas temperaturas y condiciones de sequía, sumando la actividad humana, los incendios también se incrementaron en el año 2023.

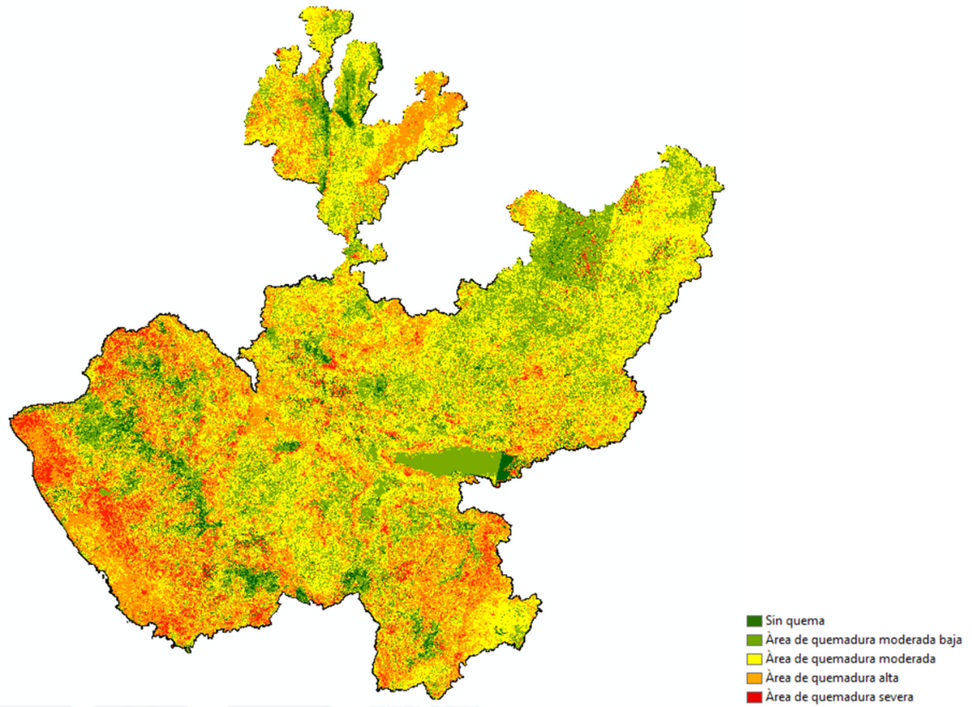


Imagen QTC-D-3. El Índice de Quema Normalizada de Diferencia

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG 2024, con datos de Landsat 8

Severidad	Área en Km
Sin quema	2,668.664
Área de quemadura moderada baja	18,365.15
Área de quemadura moderada	31,193.21
Área de quemadura alta	20,409.87
Área de quemadura severa	5328.757

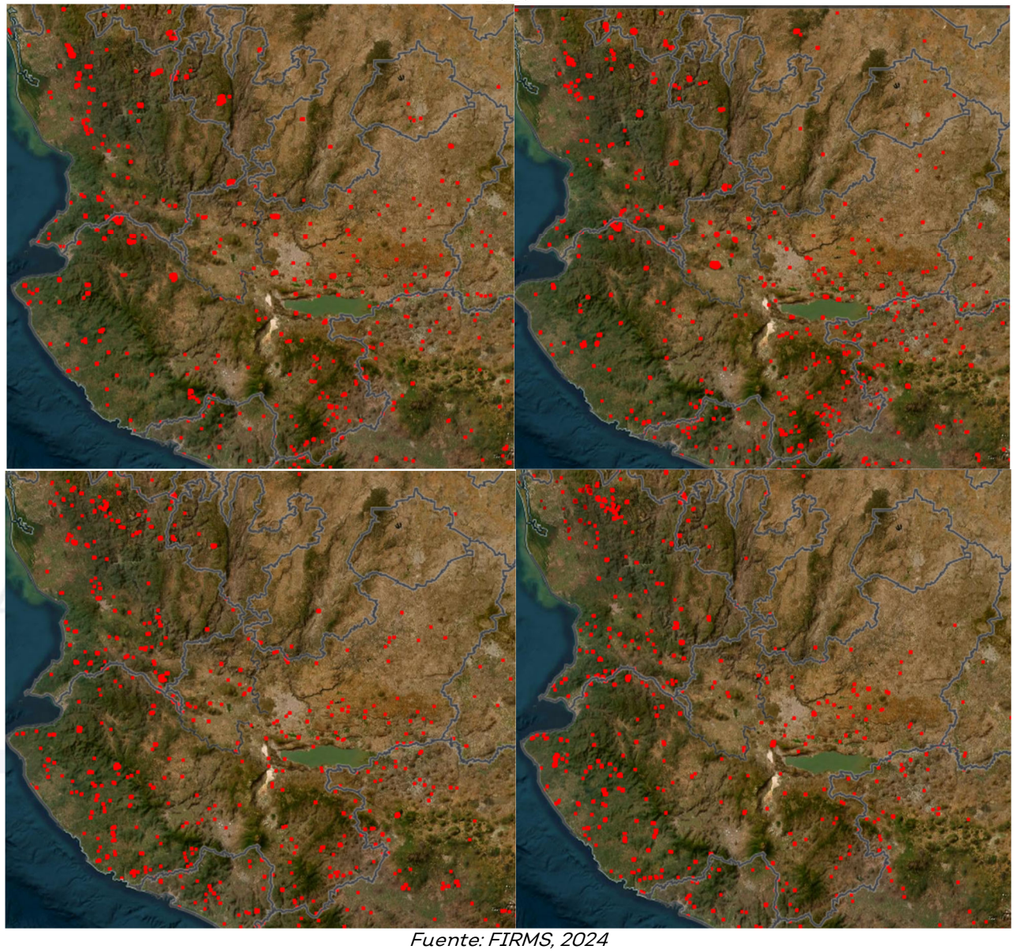
El FIRMS utiliza datos de varios satélites para detectar incendios en tiempo casi real y proporciona información sobre su ubicación, tamaño y otros detalles relevantes. Esta información es útil para los servicios de gestión de emergencias, los equipos de lucha contra incendios y los científicos que estudian los incendios forestales y su impacto en el medio ambiente.

El FIRMS es una herramienta importante para la vigilancia y el control de incendios en todo el mundo, ayudando a mejorar la capacidad de respuesta y mitigación de los incendios forestales.
Aunque el Sistema de Detección de Incendios y Respuesta Rápida (FIRMS) de la NASA es una herramienta valiosa para monitorear incendios en todo el mundo, como cualquier sistema tecnológico, puede estar sujeto a posibles errores o limitaciones. Algunos de estos posibles errores incluyen:

1. **Falsos positivos**: El FIRMS puede detectar áreas calientes en las imágenes satelitales que no necesariamente son incendios. Estas áreas pueden ser reflejos de la luz solar en cuerpos de agua, reflejos de nubes, fogatas controladas u otras fuentes de calor que no representan un incendio forestal.
2. **Falsos negativos**: Por otro lado, el FIRMS podría no detectar todos los incendios, especialmente aquellos de menor intensidad o cubiertos por nubes densas que dificultan la observación desde el espacio.
3. **Errores de localización**: Los incendios detectados por el FIRMS podrían tener una ubicación ligeramente incorrecta debido a errores en la interpretación de los datos satelitales o a la resolución limitada de las imágenes.
4. **Limitaciones climáticas**: Las condiciones climáticas adversas, como la presencia de nubes densas o humo espeso, pueden dificultar la detección precisa de incendios por parte del FIRMS.
5. **Retrasos en la detección**: Aunque el FIRMS proporciona datos en tiempo casi real, puede haber ciertos retrasos en la detección y notificación de incendios, especialmente en áreas remotas o donde la cobertura satelital es limitada.

A pesar de estos posibles errores, el FIRMS sigue siendo una herramienta valiosa para monitorear incendios forestales a nivel global y proporciona información crucial para la gestión de emergencias y la toma de decisiones en la lucha contra incendios. Es importante que los usuarios comprendan las limitaciones del sistema y verifiquen la información con otras fuentes cuando sea necesario.
Si se observa el mapa anterior y las imágenes del FIRMS existe una relación sobre las áreas quemadas identificadas anteriormente.

Imagen QTC-D-3. El Índice de Quema Normalizada de Diferencia del mes de mayo de los dias 13,15,22 y 27 del 2023



Fuente: FIRMS, 2024

Velocidad del viento

Los cambios en la velocidad y dirección del viento pueden ser muy grandes en tiempos muy cortos y entre lugares muy cercanos, y están muy afectados por la topografía y la vegetación del lugar donde se desarrolla el incendio. En las cercanías de la superficie el viento está influenciado por cambios en las características de la superficie (vegetación, desniveles, etc.). Otra influencia la produce la diferencia de temperatura entre superficies próximas, ya que ocasiona cambios del viento muy localizados y puede generar ráfagas que alteren el comportamiento del fuego. Los valles cerrados y cañadones aceleran el viento y modifican su dirección.

Los efectos del viento sobre el comportamiento de los incendios son:

- Provocan el secado de los combustibles, para hacer más rápida la evaporación.
- Aumentan la provisión de oxígeno, favoreciendo a la combustión.
- Acelerar el calentamiento para acercar las llamas a los combustibles.
- Afectar la dirección y velocidad de propagación.

Comportamiento del Viento en el Estado de Jalisco

Vientos provenientes del oeste: Los vientos en Jalisco tienden a venir del oeste debido a la influencia de los vientos predominantes en el océano Pacífico.

Vientos locales: En zona de montañas y valles, los vientos se ven influenciados por la topografía local, creando patrones de viento locales y variaciones en la velocidad y dirección.

Otro factor muy importante es la Estacionalidad:

Invierno: En esta estación la circulación general puede traer vientos del noroeste y norte, especialmente en zonas costeras.

Verano: Aquí los vientos llegan a ser más variables, dependiendo de la interacción entre sistemas de alta y baja presión, así como de los monzones que afectan la región.

Topografía: Las zonas de montañas y valles modifica los patrones de viento. Por ejemplo, las laderas orientadas al oeste pueden experimentar vientos ascendentes y descendentes dependiendo de la hora del día y las condiciones atmosféricas.Las montañas pueden acelerar y conducir los vientos, mientras que los valles pueden crear áreas de calma o vientos turbulentos.

Mar y la costa:En las áreas costeras, los vientos son influenciados por la brisa marina diurna y nocturna, que resulta de las diferencias de temperatura entre el océano y la tierra.

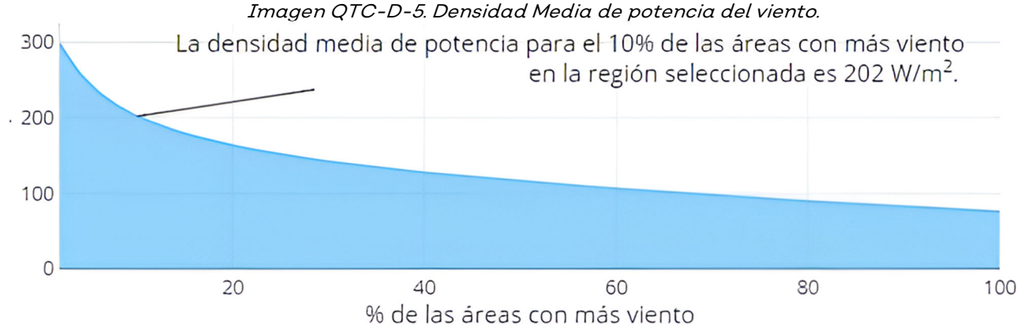
Presión atmosférica: La distribución de alta y baja presión influye en la dirección y velocidad de los vientos. Los vientos suelen desplazarse de áreas de alta presión hacia áreas de baja presión. Los vientos en Jalisco están influenciados por patrones de circulación atmosférica a gran escala, como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) en verano y los sistemas frontales en invierno.

Climatología regional: La posición geográfica de Jalisco en relación con el ecuador, el océano Pacífico y las masas de aire circundantes también juega un papel en la determinación de los patrones de viento.

Para el análisis de la dirección y velocidad se requiere de estaciones meteorológicas que cuenten con estos datos, sin embargo, es muy complejo el poder acceder a ellos debido a diversos factores como, falta de mantenimiento de las estaciones que provoca huecos de datos o falta de estaciones en diversas zonas, por lo que se utilizan datos proporcionados por la NOAA u otras fuentes. Para el Estado de Jalisco se determinó mediante datos de GLOBAL WIND lo siguiente para el 10 % de las áreas con más viento:

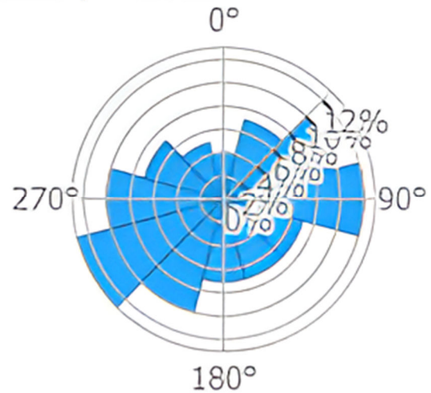
- 202 W/m^2
- 5.7 m/s
- Altura: 100m

Imagen QTC-D-5. Densidad Media de potencia del viento.

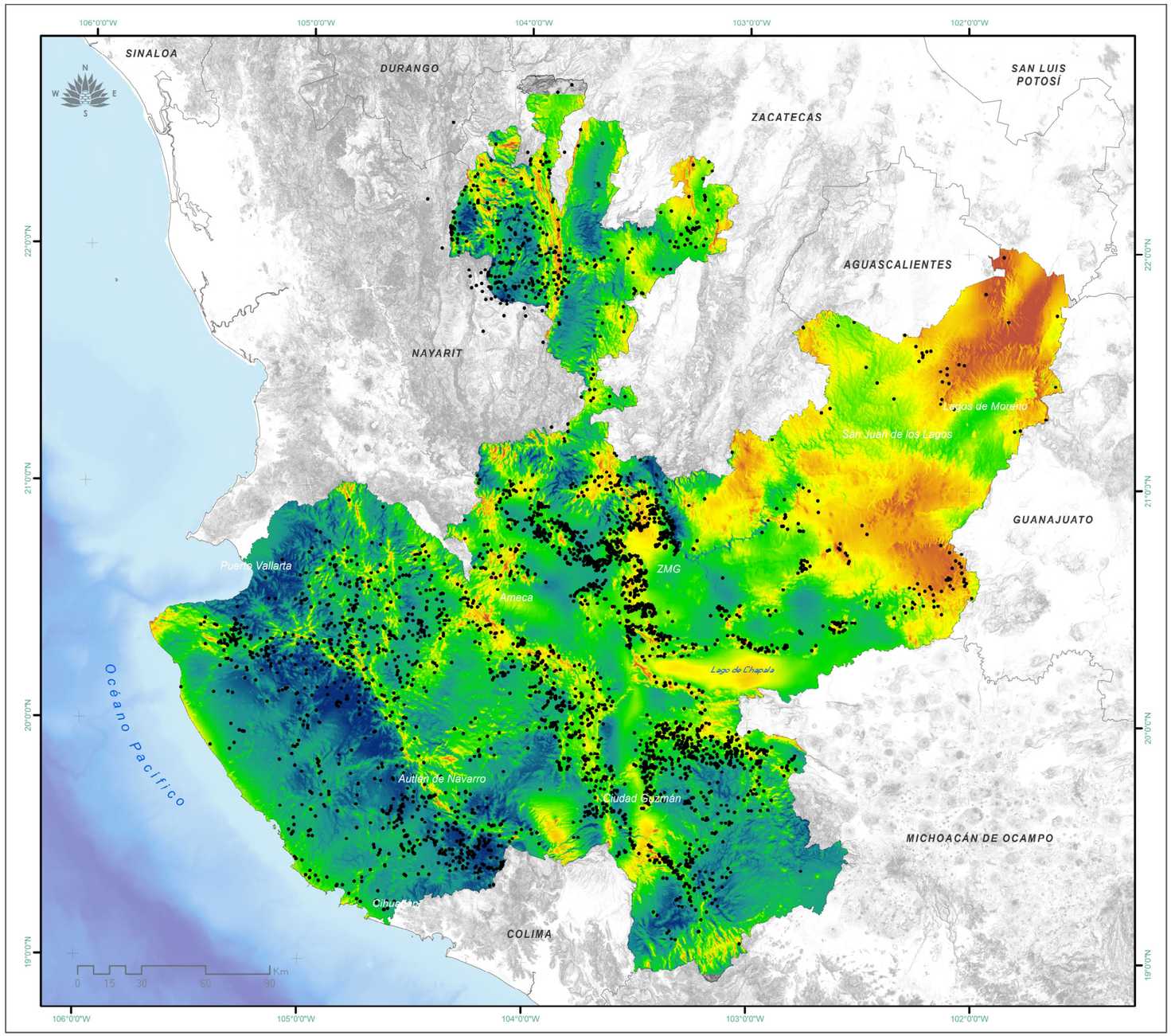


Fuente:Global Wind

Imagen QTC-D-6. Rosa de los vientos



Fuente: GlobalWind,2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Velocidad media del viento QTC-D

Simbología

- Incendios Forestales (2015-2020)

Velocidad media del viento

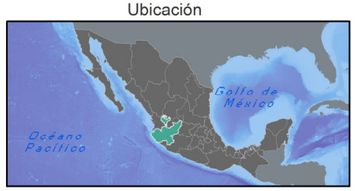
Alto : 10.3577 m/s

Bajo : 0.404434 m/s

Leyenda Temática

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



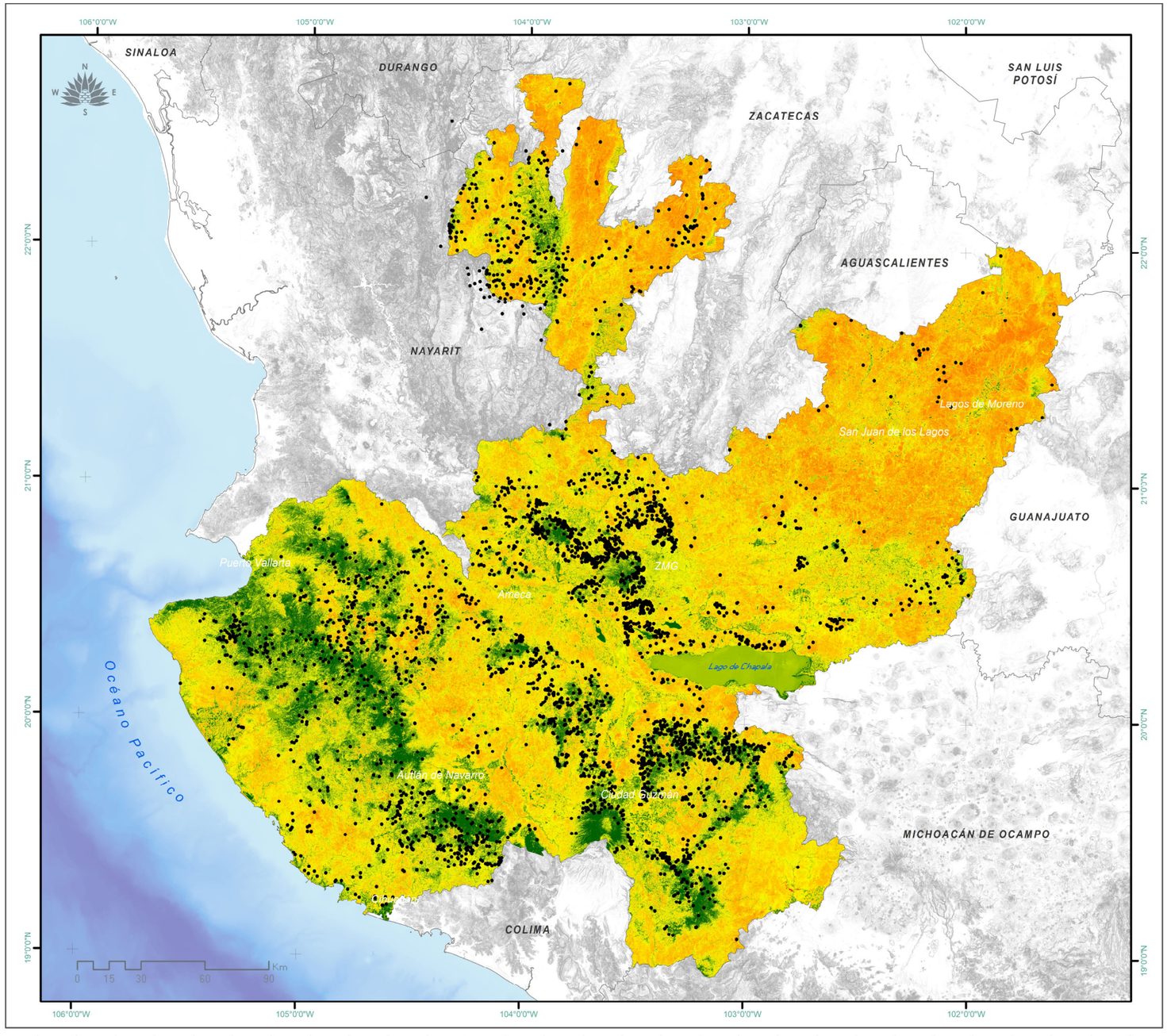
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,600,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución, Global Wind, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Índice de sequedad QTC-D

Simbología

- Incendios Forestales (2015-2020)

Humedad

Alta : 0.502671

Baja : -0.644248

Leyenda Temática

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



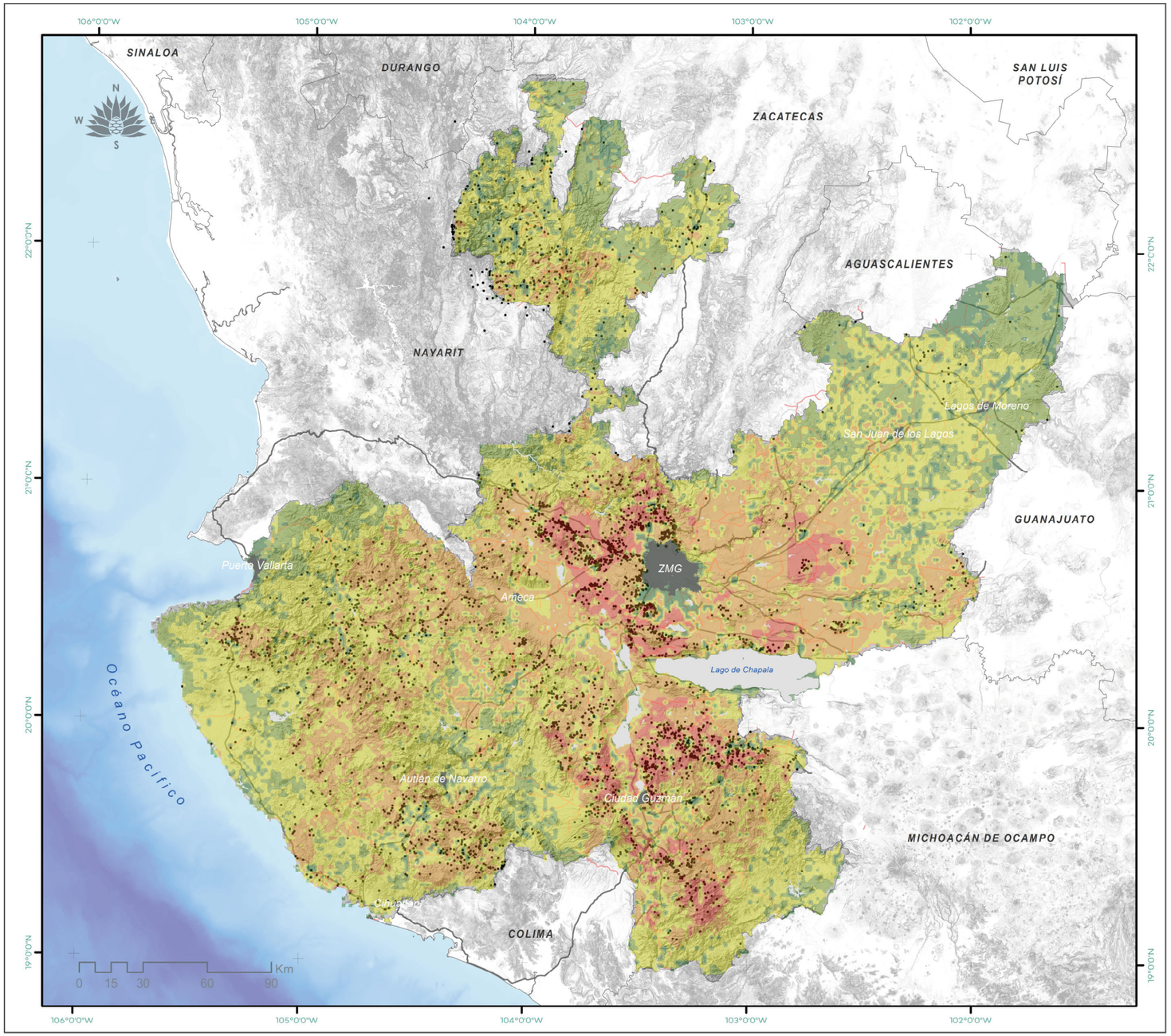
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Landsat, NASA, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Limite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

QTC-D-02
Incendios Forstales

Leyenda Temática
Riesgo por Incendios Forestales

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto
- Incendios Forestales (2015-2020)

Simbología
- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide.....GRS 1980
Escala numérica..... 1: 1, 800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.

- SUS FUENTES -

INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Limite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
SNIF, Puntos de Incendios, 2023
CONAFOR,Mapa de Incidencia de Deforestación, 2023
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

1.2.4.7. Propuestas de Reducción del Riesgo

Los incendios forestales son un fenómeno que afecta miles de hectáreas año con año y con algunas acciones podemos prevenir el incremento de este fenómeno.
Acciones como:

- **No abandonar residuos** que puedan provocar un incendio: Abandonar residuos como botellas y objetos de cristal –que actúan como una lupa–, papeles u otro material combustible puede acabar en tragedia. Fumar en el bosque o en sus alrededores es especialmente peligroso: no se deben arrojar colillas o cerillas, ni siquiera a la carretera por la ventanilla del coche. El viento puede transportarlas y activarlas.
- **La quema de terrenos para preparar la tierra para la siembra**, es un proceso muy peligroso que puede contribuir en la generación de incendios. Siempre que cuente con otras opciones para la preparación de sus predios, evite usar estas quemas. En caso de ser necesario llevar a cabo una quema agropecuaria según lo establecido en la NOM-015.
- **Abrir brechas cortafuego** en las zonas donde más frecuentemente se realiza quema de basuras o quemas agropecuarias.
- Siempre que se detecte un incendio forestal, por pequeño que le parezca, dé aviso a las autoridades municipales o locales.
- **No intervenga ni actúe por cuenta propia** para combatir un incendio forestal. Lo más importante es su seguridad personal, por lo que debe alertar a las autoridades sobre la presencia del fuego.
- **Cumplir con las regulaciones locales**: Conoce y respeta todas las regulaciones y restricciones relacionadas con la quema de vegetación y el uso de fuego al aire libre en Jalisco. Estas regulaciones pueden variar según la temporada y las condiciones climáticas.
- **Evitar actividades que puedan causar chispas**: Durante períodos secos o con viento, evita actividades al aire libre que puedan generar chispas, como el uso de maquinaria pesada, soldadura o quema de desechos.
- **No arrojar colillas de cigarrillos**: Si fumas, asegúrate de apagar correctamente tus cigarrillos y no los arrojes al suelo en áreas forestales o cerca de vegetación seca.
- **Campamentos seguros**: Si vas a acampar, utiliza áreas designadas para hacer fuego y sigue las pautas locales para hacerlo de manera segura. Siempre apaga completamente cualquier fuego antes de abandonar el área.
- **Educación y concienciación**: Promueve la educación sobre la prevención de incendios forestales en tu comunidad y entre los visitantes de áreas naturales. Cuanta más conciencia haya sobre los riesgos y las prácticas seguras, menor será la probabilidad de incendios accidentales.
- **Mantenimiento de áreas verdes**: Realiza regularmente la limpieza de áreas verdes alrededor de tu propiedad para eliminar la acumulación de vegetación seca y otros materiales inflamables que puedan servir como combustible para un incendio.
- **Reportar cualquier actividad sospechosa**: Si observas actividades sospechosas que podrían contribuir a un incendio forestal, como personas encendiendo fuego ilegalmente o comportamientos descuidados, reportarlas a las autoridades locales de inmediato.
- **Colaborar en la lucha contra incendios**: Si se produce un incendio forestal, sigue las instrucciones de las autoridades locales y colabora con los equipos de lucha contra incendios siguiendo las pautas de seguridad y evacuación necesarias.

Imagen QTC-D-3. Prevención de Incendios



Fuente: SomosTalent,2024. https://somostalent.net/2022/05/prevencion-de-incendios-forestales/

1.3. Cambio climático

El cambio climático es uno de los temas ambientales que más ha tomado relevancia en las últimas décadas debido a las distintas repercusiones que se han presentado en los diferentes sectores de la población y el entorno ambiental que les rodea. Pero ¿cómo surge el cambio climático? Si bien, bajo la definición de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) se le denomina cambio climático a la variación global del clima de la Tierra debido a causas naturales, pero principalmente a la acción humana.

El clima depende de un gran número de factores que interactúan de manera compleja, por lo que se piensa en él como un estado cambiante de la atmósfera, mediante sus interacciones con el mar y el continente, en diversas escalas de tiempo y espacio. Es por ello que cuando un parámetro meteorológico como la precipitación o la temperatura sale de su valor medio de muchos años, se considera una anomalía climática ocasionada por forzamientos internos, como inestabilidades en la atmósfera y/o en el océano o por forzamientos externos, como por ejemplo algún cambio en la intensidad de la radiación solar recibida o incluso cambios en las del planeta (concentración de gases de efecto invernadero, cambios en el uso de suelo, etc.) resultado de la actividad humana.

Se tiene el conocimiento de que el crecimiento exponencial de la población y de los niveles promedio de consumo individual impulsó un vertiginoso incremento de la demanda global de todo tipo de recursos y modificó casi completamente la superficie continental del planeta. La base de la expansión del consumo fue el ritmo explosivo del desarrollo tecnológico, que hizo que por primera vez el género humano produjera impactos globales sobre el planeta, cambiando drásticamente la vida del mismo. Uno de estos impactos son las crecientes emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que durante los últimos 150 años han contribuido a un calentamiento totalmente inusual (Barros, 2014).

El agua, el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso son componentes naturales de la atmósfera, los cuales, tienen la capacidad de absorber parte de la radiación que sale por la ventana de radiación. Cuando su concentración aumenta, la radiación saliente al espacio exterior es menor y, por lo tanto, la temperatura que adquiere el planeta aumenta, debido a esto, toman el nombre de *gases de efecto invernadero (GEI)* (Barros, 2014).

Por su parte el aumento en la concentración de los GEI reduce la eficiencia con la cual la Tierra re-emite la energía recibida al espacio. Parte de la radiación saliente de onda larga emitida por la Tierra al espacio es remitida a la superficie por la presencia de esos gases, por lo que, si las concentraciones de GEI continúan aumentando, la temperatura de superficie del planeta mantendrá una tendencia positiva. Aun si las emisiones de estos gases se estabilizan, los efectos del calentamiento perdurarán mucho tiempo, pues los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmósfera (Cuatecontzi & Gasca, en Magaña 2004).

Ante el incremento de estas emisiones procedentes de las actividades humanas, son responsables directas de un calentamiento de la temperatura media mundial de aproximadamente 1.1°C desde 1850-1900 a 2020, lo cual, ha tornado previsiones sobre un aumento de la temperatura que alcance los 1.5°C o llegue (en casos extremos) a los 2°C (INECC, 2023).
Además, dentro de las principales consecuencias del cambio climático, en distintas regiones del mundo y del entorno nacional, se han presentado distintos cambios que se intensificarán si aumenta el calentamiento de la temperatura global, en particular, suceden cambios en la humedad, los vientos, la nieve y el hielo, las zonas costeras y los océanos. Por ejemplo:

- Intensificación del ciclo hidrológico: habrá una mayor intensidad de las precipitaciones y las inundaciones asociadas, así como sequías más intensas en muchas regiones;
- Cambios en los patrones de precipitación: es probable que en las latitudes altas aumentan las precipitaciones y que disminuyan en gran parte de las regiones subtropicales;
- Incremento en el número e intensidad de huracanes, principalmente en el Atlántico Norte;
- Aumento del nivel del mar: mayor erosión costera, aumento de la frecuencia e intensidad de las inundaciones costeras en las zonas bajas;
- Alteración de la abundancia de algas, plancton y peces en los ambientes marinos;
- Deshielo del permafrost, pérdida de la capa de nieve estaciones, derretimiento de los glaciares y los mantos de hielo, y la pérdida del hielo marino del Ártico en verano;
- Aumento en el número de días y noches cálidas a nivel global;
- Ondas cálidas más frecuentes y pronunciadas en Europa, Asia y Australia;
- Disminución en la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico;
- Disminución en la productividad agrícola;
- Pérdida de biodiversidad y cambio en la composición de los ecosistemas;
- Mayor propensión a incendios forestales;
- Alteración de los ciclos biológicos y distribución geográfica de la flora y fauna;
- Alteración de los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas áreas.

Estos efectos tienen presencia a nivel global, por lo que México no se encuentra exento de presentar estos efectos. El estado de Jalisco presenta consecuencias de este cambio climático en forma de:

- Sequías;
- Inundaciones;
- Cambio en los patrones de lluvia;
- Olas de calor;
- Cambio en los patrones de lluvia;
- Huracanes más intensos;
- Problemas de salud;
- Pérdida de biodiversidad;
- Cambio en los patrones de lluvia;
- Pérdidas económicas y culturales;

Por lo que el presente análisis se enfocará en representar las amenazas en forma de temperatura y precipitación actuales y futuras a través del uso de dos horizontes del modelo de circulación general MPI-ESM-LR de las proyecciones socioeconómicas ssp 370 y ssp 585, que son del mismo modelo que fue utilizado para realizar el análisis de México en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad a Cambio Climático que está enfocado en lo establecido dentro del 6to informe del IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático).

Para realizar este análisis de nivel estatal, con base en el Plan Estatal de Adaptación al Cambio Climático en Jalisco (PEACC) se consideró abordar dicha exposición en 3 sistemas: ambiental, social y económico, en los que se representará su amenaza actual y futura, se realizará una matriz multicriterio en la que se obtendrán los índices necesarios para poder obtener la vulnerabilidad y representar el riesgo en el que se encuentra el territorio jalisciense.

Sistema Ambiental

Ecosistemas

Estos proveen importantes servicios que influyen directamente en la calidad de vida de las poblaciones cercanas y son un elemento fundamental para la agenda climática global.

- Deforestación, cambio de cobertura y uso del suelo por actividades agropecuarias y expansión urbana.

- Degradación de los ecosistemas, debido a incendios forestales, plagas, enfermedades forestales y tala ilegal.
- Deterioro de cuerpos de agua, sujeto a procesos de contaminación y estrés hídrico, debido al cambio climático y cambio uso de suelo.
- Debido a la deforestación los ecosistemas más afectados del 2002 al 2007 fueron la selva baja caducifolia y el bosque de encino.
- Principales causas:
- Introducción de pastizales cultivados para actividades de ganadería extensiva.
- Conversión a terrenos agrícolas para agricultura de alto valor comercial como cultivos de agave, aguacate y bayas (berries).
- Crecimiento urbano y/o desarrollo turístico.

Como parte de la deforestación en el Estado de Jalisco se practica la tala ilegal, que en los últimos años ha aumentado, por la poca vigilancia ambiental constante y el incremento en la comisión de delitos por parte de grupos organizados, resultado de ello es la tala clandestina de especies de alto valor comercial, así como especies que se consideran protegidas por normas ambientales (Universidad de Guadalajara, 2020).

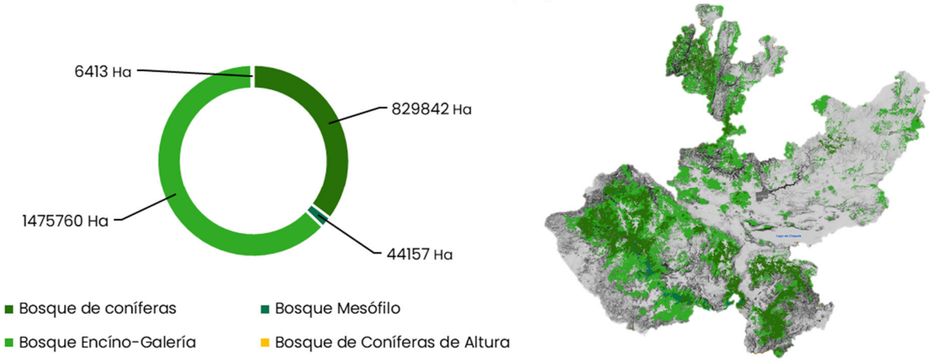
En los últimos 20 años se tienen 21,172 denuncias de tala ilegal. Cerrando el año 2019, PROFEPA atendió 51 denuncias ciudadanas en 29 municipios, entre los que se mencionan: Tapalpa, Tapalpa de Allende, Tomatlán, Cabo Corrientes, Autlán de Navarro, Cuautitlán de García Barragán, San Gabriel y Zapopan. Incluyendo importantes macizos forestales en la Reserva de la Biósfera Sierra de Manantlán y el Parque Estatal Bosque de Arce (SEMADET, 2021).

Otra problemática con la pérdida de cobertura vegetal se debe a los incendios forestales, ya que el fuego provoca mayores impactos ecológicos, económicos y sociales. Los últimos 10 años se han presentado alrededor de 618 incendios por año, afectando 52 mil ha (SEMADET, 2021).

Adicionalmente las plagas y enfermedades, por ejemplo, descortezadores, plantas parásitas y epífitas, así como plantas exóticas como las principales plagas y enfermedades forestales, también se han vuelto un problema para la pérdida de especies vegetales (SEMADET, 2021).
Biodiversidad terrestre

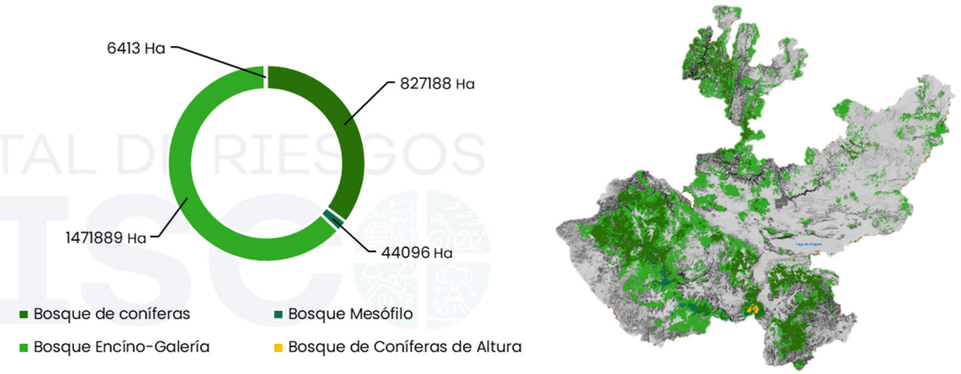
Los cambios en la temperatura también provocan la pérdida en cobertura vegetal, en este caso los ecosistemas más expuestos a las temperaturas en el Estado son los Bosques de Oyamel, Mesófilo de Montaña, Bosque de Pino y Encino. En las siguientes gráficas se muestra la disminución de la cobertura vegetal de estos bosques durante el periodo 2016 al 2020 elaborado por CONAFOR, 2020 a través de información del Sistema Nacional Satelital de Monitoreo Forestal (SAMOF).

Gráfica CC-1. Hectáreas de Bosque para el año 2016



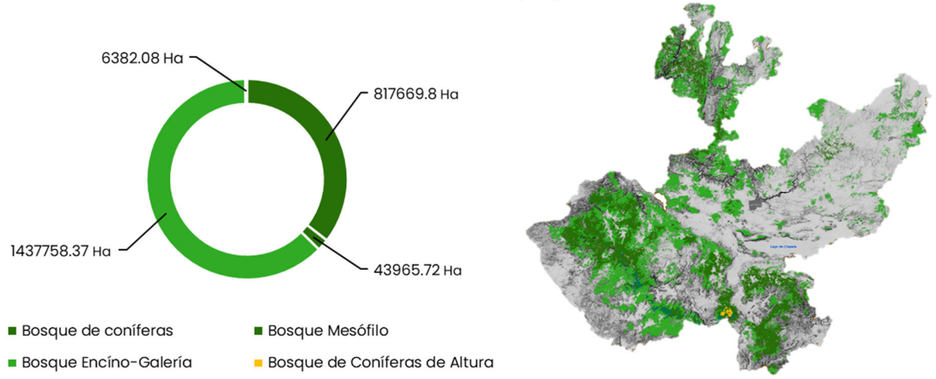
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-2. Hectáreas de Bosque para el año 2018



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

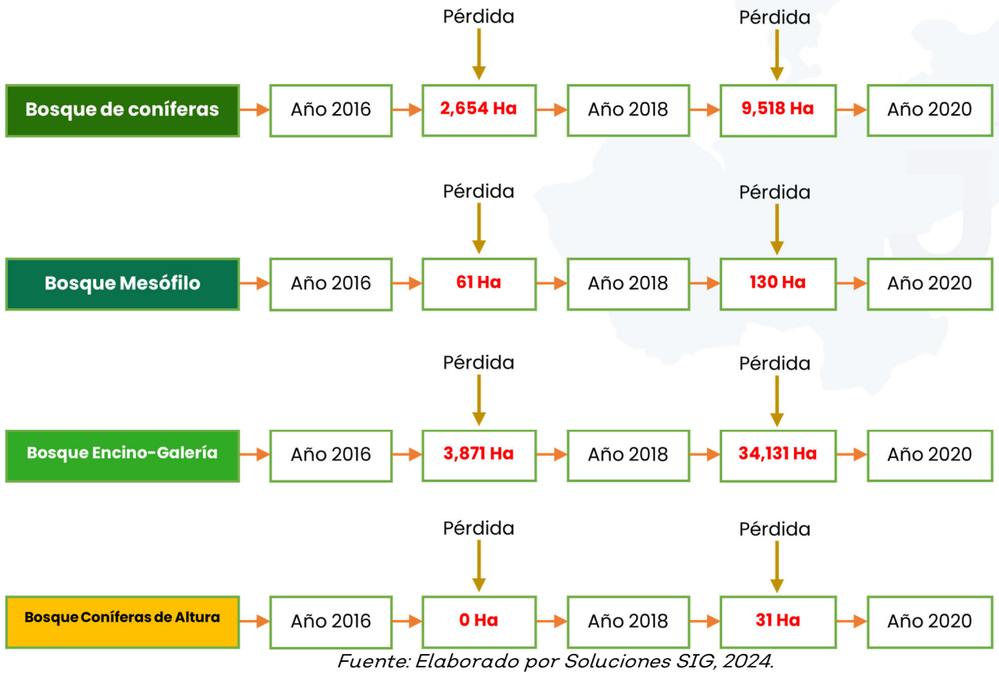
Gráfica CC-3. Hectáreas de Bosque para el año 2020



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Con lo anterior se compre que la pérdida ha ido disminuyendo de la siguiente forma:

Imagen CC-1. Pérdida de Cobertura



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Otro ecosistema que se ve afectado por el cambio de uso de suelo/deforestación se refiere a las Selvas, ya que éstas, actualmente presentan un menor grado de recuperación en comparación con los Bosques, lo que puede poner en riesgo la recuperación de las mismas. En la Gráfica CC-4 se muestra la reducción de Selvas en Jalisco del periodo 2016 a 2020 del tablero del Sistema Nacional de Monitoreo Forestal de CONAFOR, en la cual se refleja la pérdida de 17,104 ha por año.

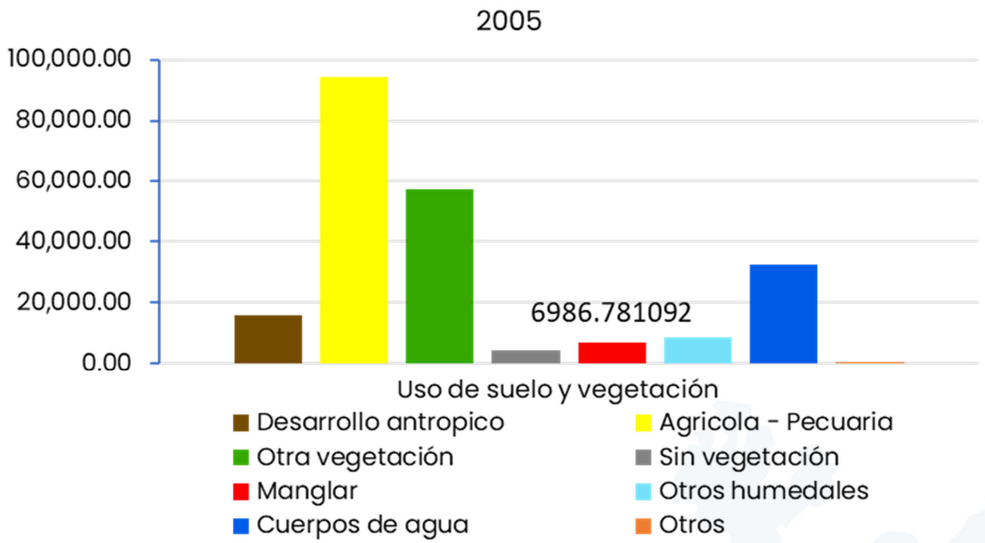
Gráfica CC-4. Cambio en la cobertura de selvas del 2016 al 2020

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Biodiversidad Costera

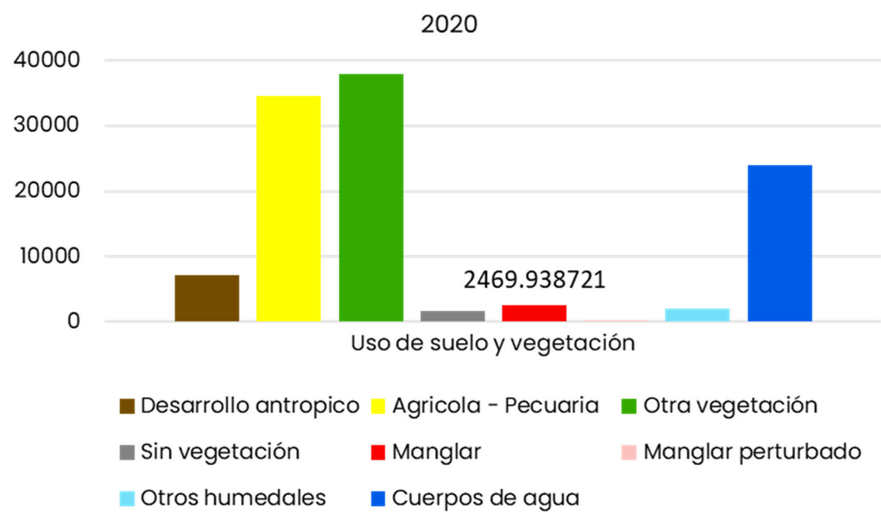
La pérdida de cobertura no solo se da en bosques y selvas sino también en la zona costera en el caso de Jalisco. La deforestación en manglares de la región central de Pacífico se ha visto afectada por el cambio de uso de suelo entre los años 2005 - 2020. Es muy probable que esta tendencia continúe debido a la presión inmobiliaria de la región, en las siguientes gráficas y mapas temáticos se muestra la reducción de manglares en la zona del pacífico y la zona de Puerto Vallarta.

Gráfica CC-5. Pérdida de manglar para el año 2005



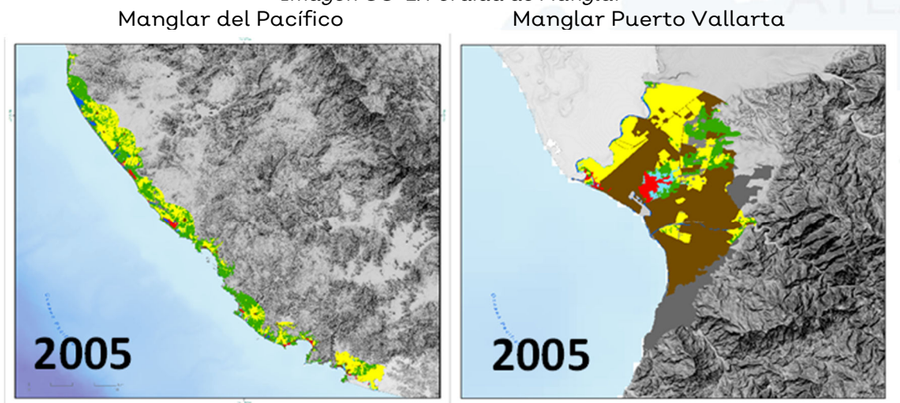
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-5. Pérdida de manglar para el año 2005



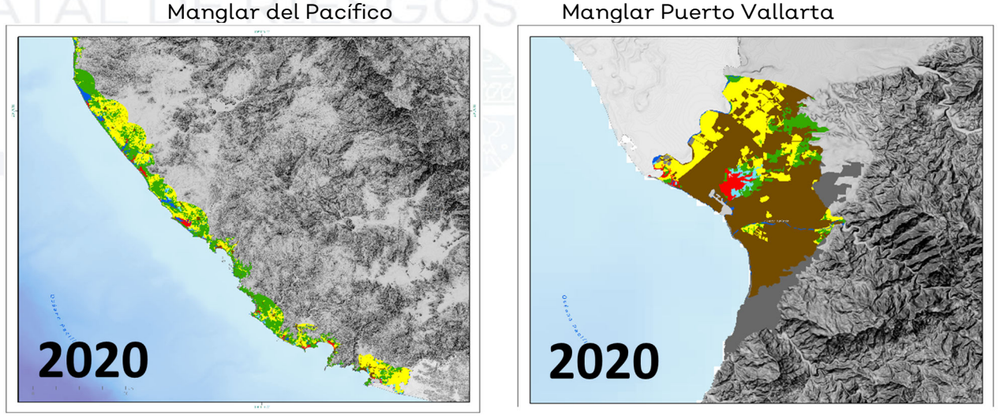
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen CC-2. Pérdida de Manglar



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Imagen CC-3. Pérdida de Manglar



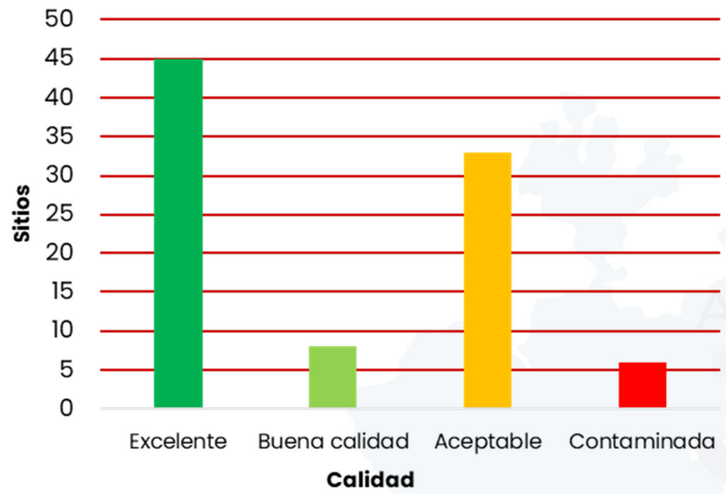
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

La contaminación cuerpos de agua también se ha vuelto una amenaza para ecosistemas ribereños y humedales lacustres y costeros, déficit de agua producto de la interrupción del flujo hídrico natural de las cuencas altas a los cuerpos de agua y las descargas de aguas residuales, sin tratamiento, provenientes de poblaciones y localidades cercanas.

En la parte alta de las cuencas, la deforestación propicia la erosión de suelo y arrastre de sedimentos por las corrientes de agua, provocando reducción de la profundidad de los cuerpos de agua.

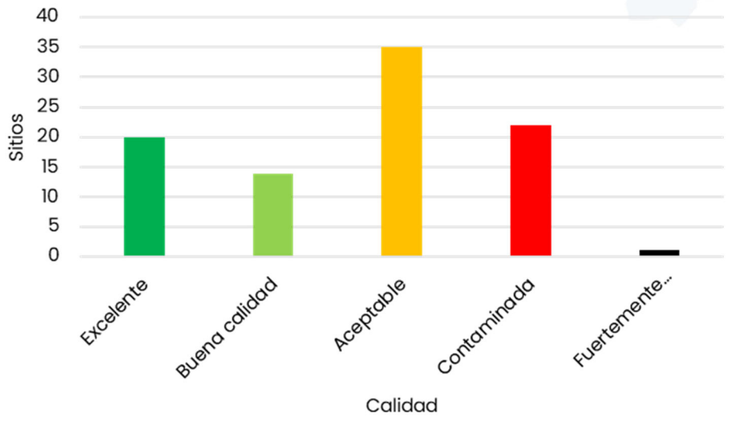
En las siguientes gráficas se muestra la información que comparte CONAGUA, 2022, de los cuerpos superficiales de agua, para el Estado se cuenta con datos de 115 cuerpos de agua.

Gráfica CC-6. Valor de la Demanda Bioquímica de Oxígeno, en miligramos por litro



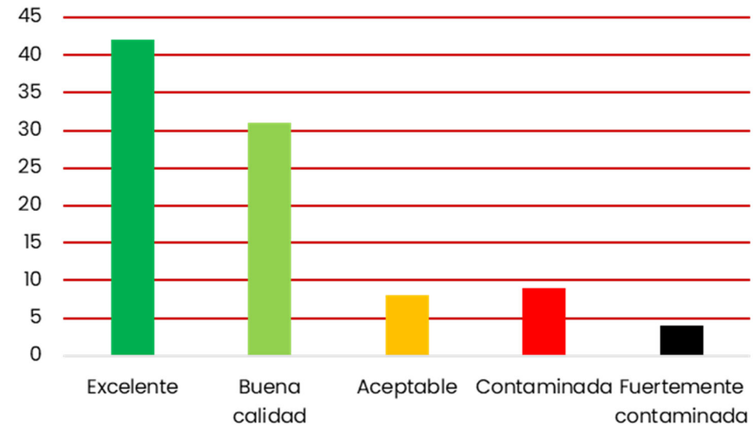
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-7. Valor de la Demanda Química de Oxígeno, en miligramos por litro



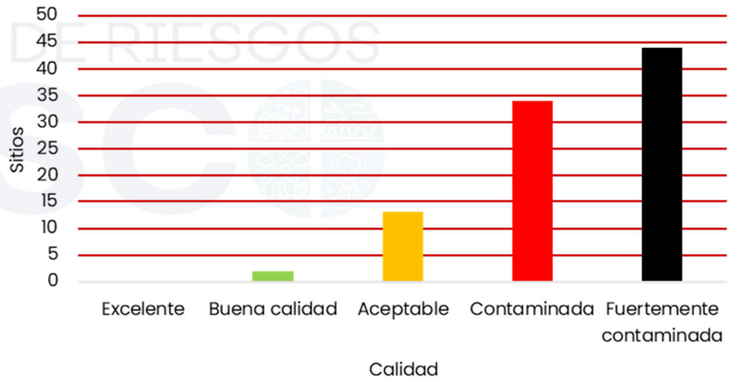
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-8. Valor de los Sólidos Suspendidos Totales, en miligramos por litro (95)



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

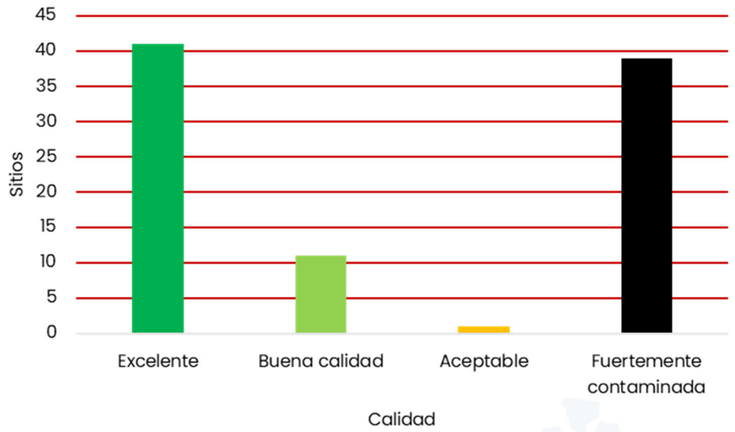
Gráfica CC-9. Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el indicador Coliformes Fecales



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS JALISCO

Gráfica CC-10. Valor de Escherichia coli, en número más probable por cien mililitros



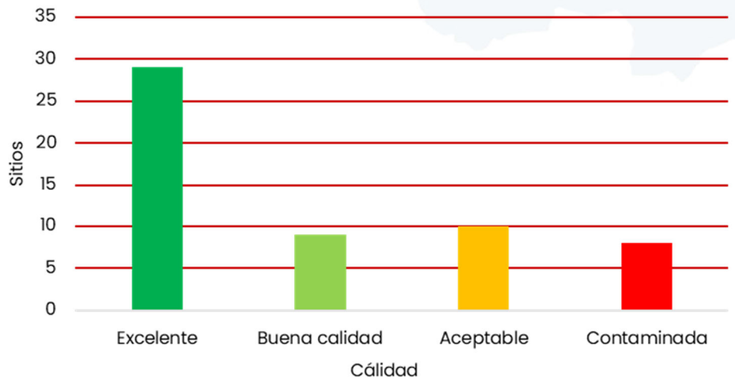
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla CC-1. Enterococos fecales, en número más probable por cien mililitros

Aceptable	
DESEMBOCADURA RIO SAN NICOLAS A BAHÍA LA ALAMANDAS	1
Contaminado	
DESEMBOCADURA RIO NOGALITO	1

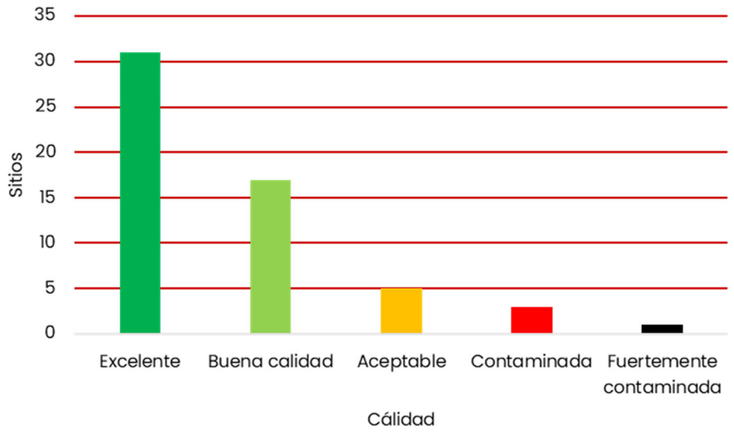
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-11. Valor de Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, en cuerpos lóticos



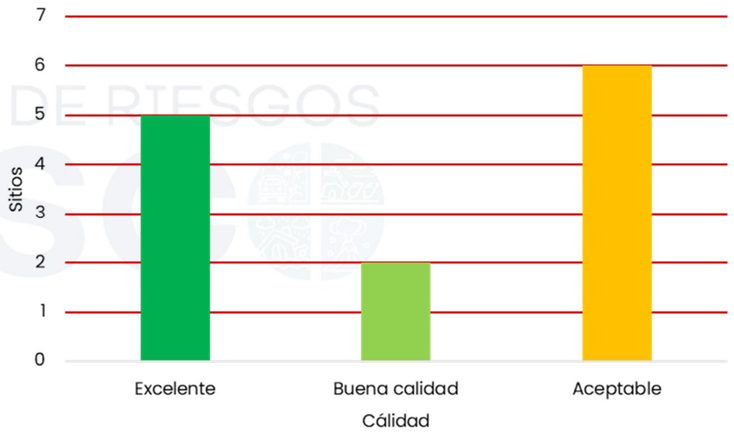
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-12. Valor de Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto superficial



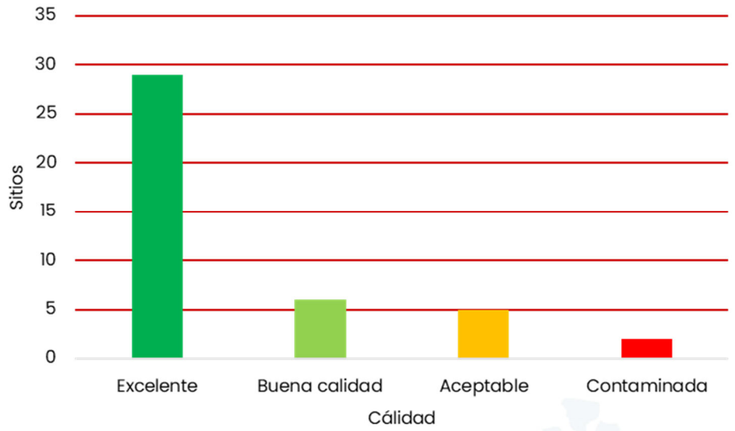
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-13. Valor de Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto medio



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Gráfica CC-14. Valor de Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto en fondo



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

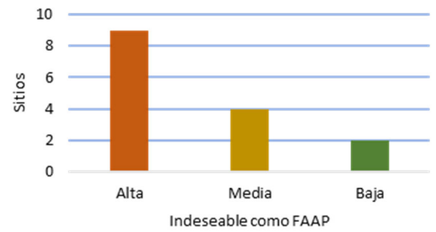
Tabla CC-2. Sitios cuerpos de agua en semáforo rojo

Cuerpo de agua	Tipo de contaminante
Yurecuaro	DQO, SST, CF, E_COLI,
Arroyo El Ahogado Puente Carretera A Chapala	DBO, DQO, CF, E_COLI, OD%L,
Rio Santiago Las Juntas	DBO, DQO, CF, E_COLI,
Rio Santiago Antes De P.H. Agua Prieta	DBO, DQO, SST, CF, E_COLI,
Puente Guadalupe	DBO, DQO, SST, CF, E_COLI, OD%L, TOX_L,
Después De Arroyo Del Ahogado	DQO, CF, E_COLI, OD%L,
Rio Santiago Puente Grande	DBO, DQO, CF, E_COLI, OD%L,
Rio Ameca Puente La Vega	DQO, SST, CF, E_COLI,
Rio Cuixtla Antes Del Rio Santiago	DQO, SST,CF,E_COLI,
Presa Santa Rosa Iv	DQO,SST,CF,E_COLI,OD%F,
Rio Salado Las Tortugas	DQO, SST, CF,E_COLI,
Rio Salado Antes Desembocadura La Presa La Vega	DQO, SST,CF,E_COLI,
Rio Ameca Abajo De La Población	DQO, SST, CF, E_COLI,
Lago De Chapala, Estacion Lacustre 01	DQO,CF,
Rio Lerma Poniente, Briseñas	DQO,CF,E_COLI,
Arroyo La Laja Antes Del Rio Santiago	DQO,SST,CF,E_COLI,
Rio Santiago Antes De Nestlé	DQO,CF,E_COLI,
Rio Santiago Después De Nestlé	DBO,DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Rio Santiago Puente Ocotlán	DQO,CF,E_COLI,OD%L,
Lago De Chapala, Estación Lacustre 12	DQO,
Lago De Chapala, Estación Lacustre 14	DQO,
Desembocadura Rio San Nicolás A Bahía La Alamandas	ENT_FEC,
Laguna De Zapotlán 3	DQO,CF,
Laguna De Zapotlán 1	DQO,CF,E_COLI,
Laguna De Zapotlán 2	DQO,
Desembocadura Rio Nogalito	CF,ENT_FEC,

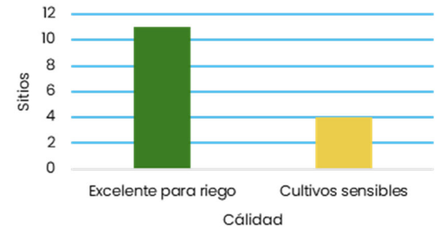
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En las siguientes gráficas se muestra la información de los cuerpos subterráneos de agua, para el Estado se cuenta con datos de 16 cuerpos de agua.

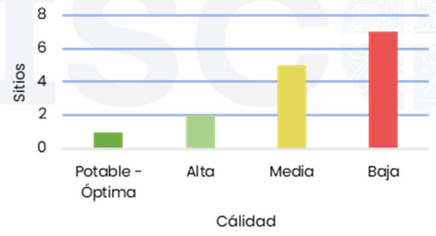
Gráfica CC-15. Alcalinidad total en miligramos por litro



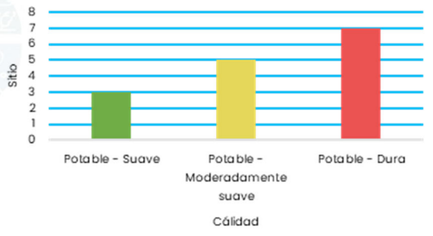
Gráfica CC-16. Sólidos disueltos totales en miligramos por litro



Gráfica CC-17. Fluoruros totales en miligramos por litro

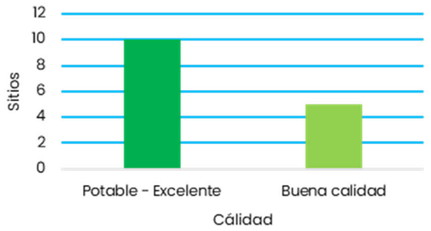


Gráfica CC-18. Dureza total en miligramos por litro

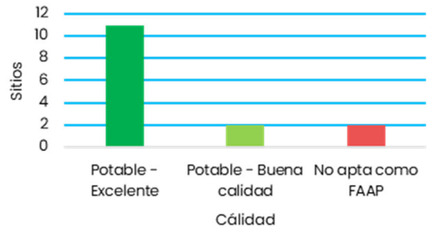


Gráfica CC-19. Coliformes Fecales en 100 mililitros

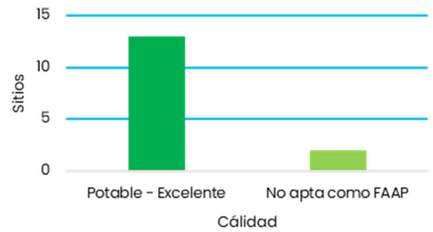
Gráfica CC-20. Nitrógeno de Nitratos en miligramos por litro

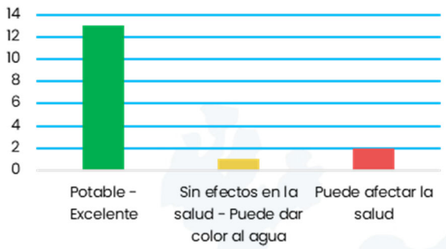


Gráfica CC-21. Arsénico total en miligramos por litro



Gráfica CC-22. Manganeso Total en miligramos por litro





Condición de los cuerpos de agua subterráneas

Tabla CC-3. Sitios cuerpos de agua en semáforo rojo

Sitio	Semáforo	Contaminantes
Pozo Rancho Alegre	Amarillo	ALC, MN,
Pozo 62. (Sarh 344)	Verde	
Pozo Tesistán 62	Verde	
Pozo Las Granjas	Verde	
Pozo Coyotes	Verde	
Pozo 4 Ch-103. Jocotepec	Verde	
Pozo 3 Ch-223. Simapa. San Juan Cósala	Amarillo	MN, FE,
Pozo Hist. 6-18. Mezcala De La Asunción	Verde	
Pozo No. 760	Rojo	FLUO, AS,
Pozo Atotonilco Mpio 1	Rojo	NO3,
Pozo No. 687	Rojo	FLUO, AS, NO3,
Pozo Unidad Deportiva Ocotlán	Verde	
Pozo 34. Atequiza 2	Verde	
Pozo Sur Población Tapalpa	Verde	
Pozo Radial Seapal	Amarillo	MN, FE,
Pozo Seapal 9	Verde	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

La contaminación de cuerpos de agua es importante pero también debemos de saber cómo se encuentra la disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos. Para el Estado de Jalisco se ha tenido una disminución de lluvias del 5-10% de lluvia, combinado con altas temperaturas de 1 a 3 °C, favoreciendo la evapotranspiración, agravando problemas en el sector hídrico. El recurso agua funciona como un regulador termodinámico de la atmósfera terrestre. En las siguientes tablas se muestra la falta de disponibilidad de agua en cuencas y acuíferos para el Estado.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Cuencas

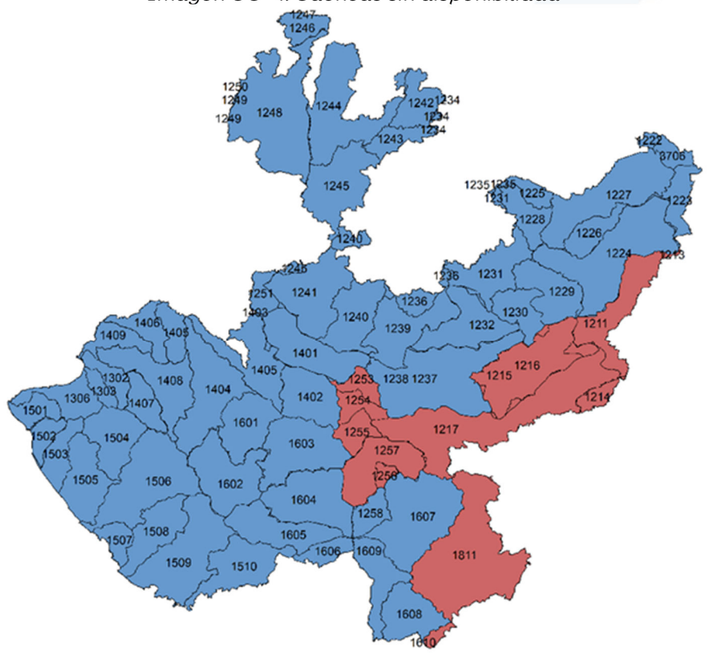
Tabla CC-4. Cuencas sin disponibilidad al 2021

Número	Nombre	Disponibilidad media anual de agua superficial
1811	Río Tepalcatepec	181.14 hm^3/año
1257	Laguna de Sayula	-39.53 hm^3/año
1256	Laguna de Sayula A	-1.76 hm^3/año
1255	Laguna San Marcos-Zacoalco	-24.54 hm^3/año
1254	Laguna Villa Corona B	0 hm^3/año
1253	Laguna Villa Corona A	0 hm^3/año
1217	Río Lerma 7	-8.75 hm^3/año
1215	Río Zula	-0.58 hm^3/año
1211	Río Turbio	-0.14 hm^3/año
1213	Río Lerma 5	-2.33 hm^3/año
1214	Río Lerma 6	-3.13 hm^3/año
1216	Río Duero	-1.06 hm^3/año

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de información de DOF 2023-12-28, 2024.

Todos las cuencas mostradas en la tabla anterior se muestran en la imagen CC-4, marcados con un color marrón.

Imagen CC-4. Cuencas sin disponibilidad



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de información de CONAGUA, 2024.

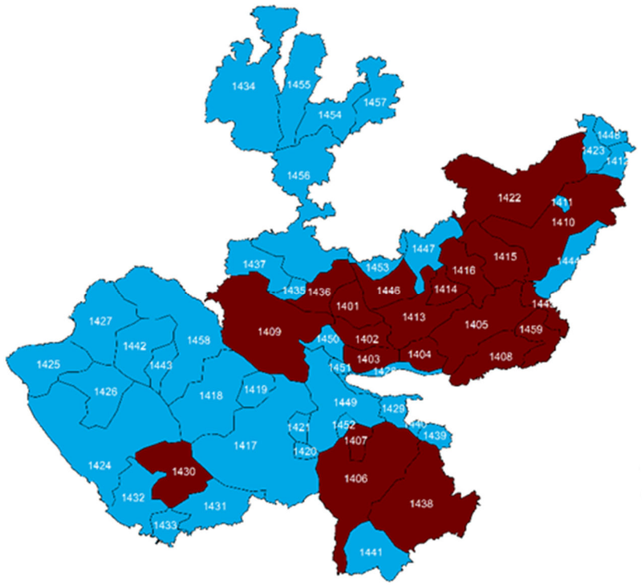
Acuíferos

Tabla CC-5. Acuíferos sobreexplotados al 2021 y 2023

Clave Acuífero	Nombre	Disponibilidad media anual 2023	Condición	Disponibilidad media anual 2021	Condición
1401	Atemajac	-12.68 hm^3/año	Sobreexplotado	-12.39 hm^3/año	Sobreexplotado
1402	Toluquilla	-75.61 hm^3/año	Sobreexplotado	-72.43 hm^3/año	Sobreexplotado
1403	Cajititlon	-16.95 hm^3/año	Sobreexplotado	-16.33 hm^3/año	Sobreexplotado
1404	Poncitlán	-3.52 hm^3/año	Sobreexplotado	-1.83 hm^3/año	Sobreexplotado
1405	Ocotlán	-13.62 hm^3/año	Sobreexplotado	-12.87 hm^3/año	Sobreexplotado
1406	Ciudad Guzmán	-31.04 hm^3/año	Sobreexplotado	-9.12 hm^3/año	Sobreexplotado
1407	Aguacate	-5.10 hm^3/año	Sobreexplotado	-0.21 hm^3/año	Sobreexplotado
1408	La Barca	-39.40 hm^3/año	Sobreexplotado	-39.72 hm^3/año	Sobreexplotado
1409	Ameca	-44.43 hm^3/año	Sobreexplotado	-6.63 hm^3/año	Sobreexplotado
1410	Lagos de Moreno	-28.25 hm^3/año	Sobreexplotado	-23.37 hm^3/año	Sobreexplotado
1413	Altos de Jalisco	0 hm^3/año		-8.84 hm^3/año	Sobreexplotado
1414	Tepatitlán	-0.60 hm^3/año	Sobreexplotado	-5.63 hm^3/año	Sobreexplotado
1415	Jalostotitlán	-11.24 hm^3/año	Sobreexplotado	-9.71 hm^3/año	Sobreexplotado
1416	Valle de Guadalupe	-4.12 hm^3/año	Sobreexplotado	-1.11 hm^3/año	Sobreexplotado
1422	Encarnación	-61.95 hm^3/año	Sobreexplotado	-46.97 hm^3/año	Sobreexplotado
1430	La Huerta	-4.98 hm^3/año	Sobreexplotado	-4.00 hm^3/año	Sobreexplotado
1436	Arenal	-8.67 hm^3/año	Sobreexplotado	-7.01 hm^3/año	Sobreexplotado
1438	Colomos	0 hm^3/año		-0.05 hm^3/año	Sobreexplotado
1445	San José de las Pilas	-1.57 hm^3/año	Sobreexplotado	-0.97 hm^3/año	Sobreexplotado
1459	Jesús María	-19.29 hm^3/año	Sobreexplotado	-14.67 hm^3/año	Sobreexplotado

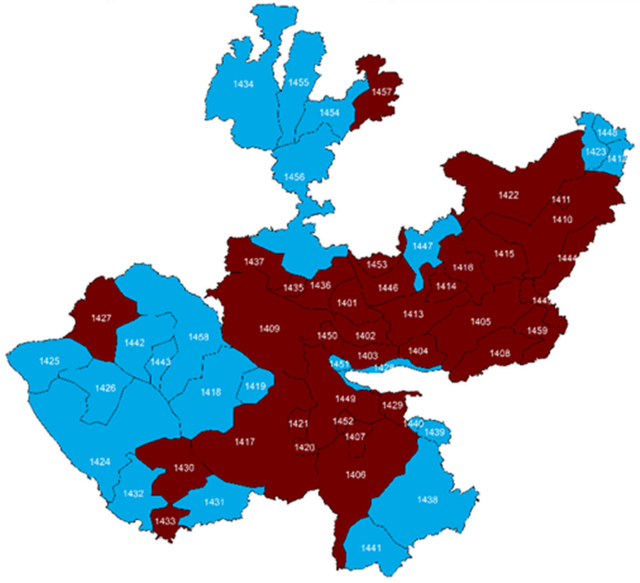
Para 2021 de los 59 acuíferos 21 se encuentran sobreexplotados, el resto se mantenía con una disponibilidad media anual negativo (déficit) de 0 hm^3/año. Pero para 2023 De los 59 acuíferos 35 se encuentran sobreexplotados, el resto mantienen una disponibilidad media anual negativa (déficit) de 0 hm^3/año.

Imagen CC-5. Acuíferos sobreexplotados en el 2021



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de información de CONAGUA, 2024.

Imagen CC-6. Acuíferos sobreexplotados en el 2023



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de información de CONAGUA, 2024.

Áreas de conservación

Las Áreas de conservación pueden disminuir las variaciones en el clima, cambios en la disponibilidad del agua e incrementar la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos extremos que impactan cada vez más en los ecosistemas (SEMARNAT, 2024). En el Estado de Jalisco se cuenta con sitios destinados a la conservación, entre ellos se encuentran las Áreas Naturales Protegidas (federales, estatales y municipales), ADVC, y Sitios RAMSAR. Dando un total de 923,028 hectáreas (SEMADET, 2020). En las siguientes tablas se muestran los diferentes tipos de ANP que se encuentran dentro de Jalisco.

Tabla CC-4. Áreas Naturales Protegidas Federales

Categoría de manejo	Nombre	Municipios	Hectáreas
Reserva de la Biosfera	Chamela-Cuixmala	La Huerta	13123.22
Área de Protección de Flora y Fauna	El Jabalí	Comala, Cuauhtémoc y Zapotitlán de Vadillo	9.50
Santuario	Islas la pajarera, Cocinas, Mamut, colorada, san pedro, San Agustín, San Andrés y Negrita y Los islotes los anegados, novillas, Mosca y Submarino	Frente a la costa del municipio La Huerta	159.41
Área de Protección de Flora y Fauna	La Primavera	Tala, Zapopan, El Arenal y Tlajomulco de Zúñiga	30583.01
Parque Nacional	Volcán Nevado de colima	Jalisco: Zapotitlán de Vadillo, Tuxpan, San Gabriel y Tonalá; Colima: Cuauhtémoc y Comala	5240.45
Reserva de la Biosfera	Sierra de Manantlán	Jalisco: Autlán de Navarro, Tuxcacuesco, Tolimán, Cuautitlán de García Barragán, El Grullo, Zapotitlán de Vadillo y Casimiro Castillo; Colima: Minatitlán, Comala y Villa de Álvarez	124746.92
Área de Protección de Flora y Fauna	Sierra de Quila	Tecolotlán, Tenamaxtlán y San Martín Hidalgo	15192.54
Santuario	Playa Teopa	La Huerta	30.62
Reserva de la Biosfera	Sierra de Vallejo-Río Ameca	Bahía de Banderas y Compostela, estado de Nayarit y en los municipios de Mascota, Mixtlán, San Sebastián del Oeste y Puerto Vallarta, estado de Jalisco	101912.29
Área de Protección de Recursos Naturales	C.A.D.N.R. 043 Estado de Nayarit	Abarca 4 municipios de Aguascalientes, 30 de Jalisco, 5 de Durango, 16 de Nayarit y 22 de Zacatecas	395887.55
Santuario	Playa Cuitzmala	La Huerta	19.59
Santuario	Playa El Tecuán	La Huerta	42.28
Santuario	Playa Mismaloya	Cabo Corrientes, Tomatlán y La Huerta	706.26

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla CC-5. Áreas Naturales Protegidas Estatales

ANP	Categoría	Municipios	Hectáreas
Bosque Mesófilo Nevado de Colima: Barranca de Atenquique-Loma Alta	Parque Estatal	San Gabriel, Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Zapotlán El Grande	1702.95
Bosque Mesófilo Nevado de Colima: Barranca de Alseseca	Parque Estatal	San Gabriel, Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Zapotlán El Grande	2454.32
Bosque Mesófilo Nevado de Colima: El Borbollán	Parque Estatal	San Gabriel, Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Zapotlán El Grande	1634.16
Bosque Mesófilo Nevado de Colima: Barranca de Los Bueyes	Parque Estatal	San Gabriel, Tuxpan, Zapotitlán de Vadillo, Zapotlán El Grande	1419.54
Cerro Viejo - Chupinaya - Los Sabinos	Área Estatal de Protección Hidrológica	Chapala, Ixtlahuacán de los Membrillos, Jocotepec, Tlajomulco de Zúñiga	23176.97
Agua Caliente	Zona de Preservación Ecológica	Marcos Castellanos	0.23
Sierra del Águila	Área Estatal de Protección Hidrológica	Etzatlán, Ameca, Ahualulco de Mercado, San Juanito de Escobedo	20746.37
Sierra de Lobos	Área de Uso Sustentable	León, San Felipe, Silao, Ocampo	36.960281
Sierra de Pénjamo	Área de Uso Sustentable	Cuerámaro, Manuel Doblado, Pénjamo	10.92
Cerro del Palenque	Área de Uso Sustentable	Purísima del Rincón	0.008
Bosque de Arce	Parque Estatal	Talpa de Allende	150.03
Cerro El Tajo	Zona de Recuperación Ambiental	Tlajomulco de Zuniga, Zapopan	1684.03
Sierra Cóndiro - Canales y Cerro San Miguel – Chiquihuitillo - Canales	Área Estatal de Protección Hidrológica	Ixtlahuacán de los Membrillos, Chapala, Poncitlán, Ocotlán, La Barca, Atotonilco El Alto	6065.92
Sierra Cóndiro - Canales y Cerro San Miguel - Chiquihuitillo	Área Estatal de Protección Hidrológica	Ixtlahuacán de los Membrillos, Chapala, Poncitlán, Ocotlán, La Barca, Atotonilco El Alto	12543.24
Sierra del Laurel	Área Silvestre Estatal	Aguacalientes, Calvillo, Jesús María	0.10
Barrancas de los ríos Santiago y Verde	Formación Natural de Interés Estatal	Acatic, Cuquío, El Salto, Guadalajara, Ixtlahuacán del Río, Juanacatlán, Tepatitlán de Morelos, Tonalá, Zapotlanejo, Zapopan	21383.08

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Tabla CC-6. Áreas Naturales Protegidas Municipales

ANP	Categoría	Municipio	Hectáreas
Bosque El Nixticuil-San Esteban-El Diente	Área Municipal de Protección Hidrológica	Zapopan	1667.39
Piedras Bola	Formación Natural de Interés Municipal	Ahualulco de Mercado	256.25
Bosque Los Colomos	Área Municipal de Protección Hidrológica	Guadalajara	90.84
Barranca del Río Santiago: Noroeste	Área Municipal de Protección Hidrológica	Zapopan	8666.40
Barranca del Río Santiago: Noreste	Área Municipal de Protección Hidrológica	Zapopan	9063.76
Arroyo La Campana - Colomos III	Área Municipal de Protección Hidrológica	Zapopan	36.45
Parque González Gallo	Zona de Preservación Ecológica de Centro de Población	Guadalajara	17.18
Estero El Salado	Zona de Conservación Ecológica	Puerto Vallarta	169.57

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

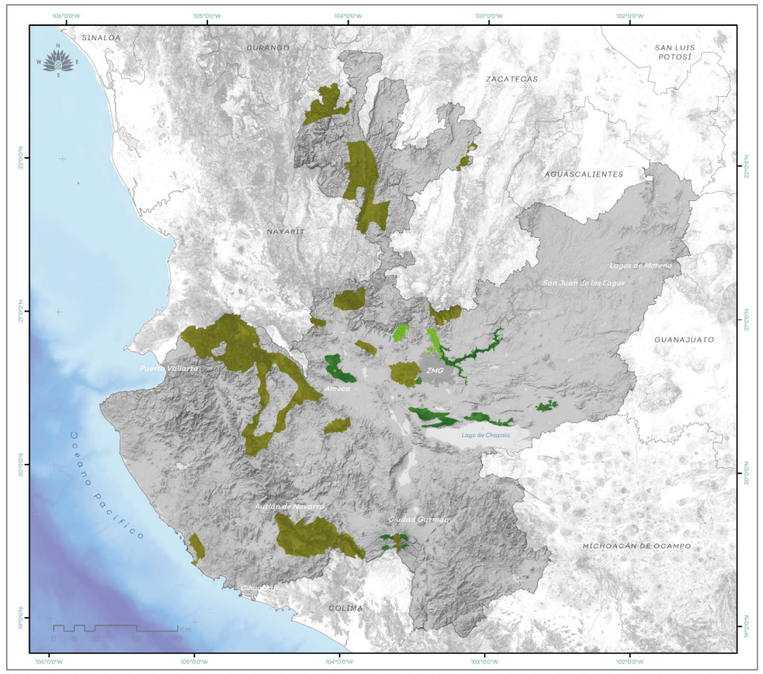
Tabla CC-7. Áreas Destinadas Voluntariamente a la Conservación

Nombre ADVC	Municipio	Hectáreas Certificadas
Reserva Natural Zafiro	La Huerta	280.48018
Reserva Privada Bosque Antiguo, A.C.	Bolaños	373.25
Rancho Don Andrés	La Huerta	196.75
Potrero El Muerto	Lagos de Moreno	150
Zona de Conservación Cañada Larga	Puerto Vallarta	235
Zona de Conservación Arroyo Texas	Puerto Vallarta	64
Peñas Blancas	Puerto Vallarta	29
Tabernillas	Cabo Corrientes	39
La Ocotera	Mascota	17.59
Majada del Catrín	Puerto Vallarta	10

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

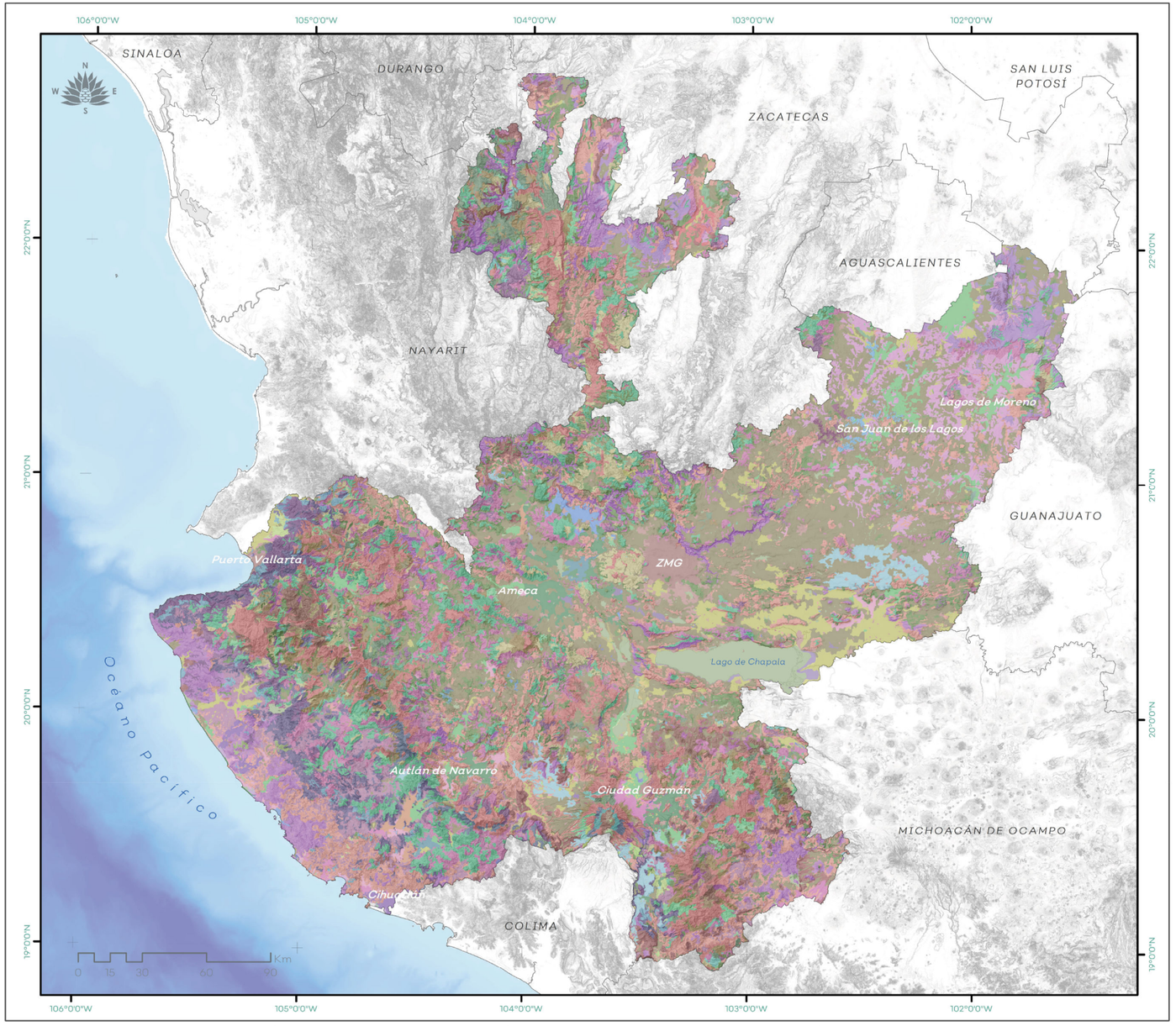
Otro punto importante es saber cómo se encuentra el uso de Suelo y Vegetación, para determinar qué vegetación no ha sido perturbada debido a las prácticas que se realizan en el Estado.

A partir de la capa de usos de suelo y vegetación de la serie VII de INEGI, que contiene información de 76 tipos de vegetación para el Estado, a partir de la aplicación de técnicas de fotointerpretación con imágenes geomedianas de la constelación satelital Landsat seleccionadas con año base 2018. En la imagen CC-02 se muestra cómo se distribuyen los diferentes tipos de vegetación en Jalisco.





ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Uso de Suelo y Vegetación
CC - 02

Leyenda Temática

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



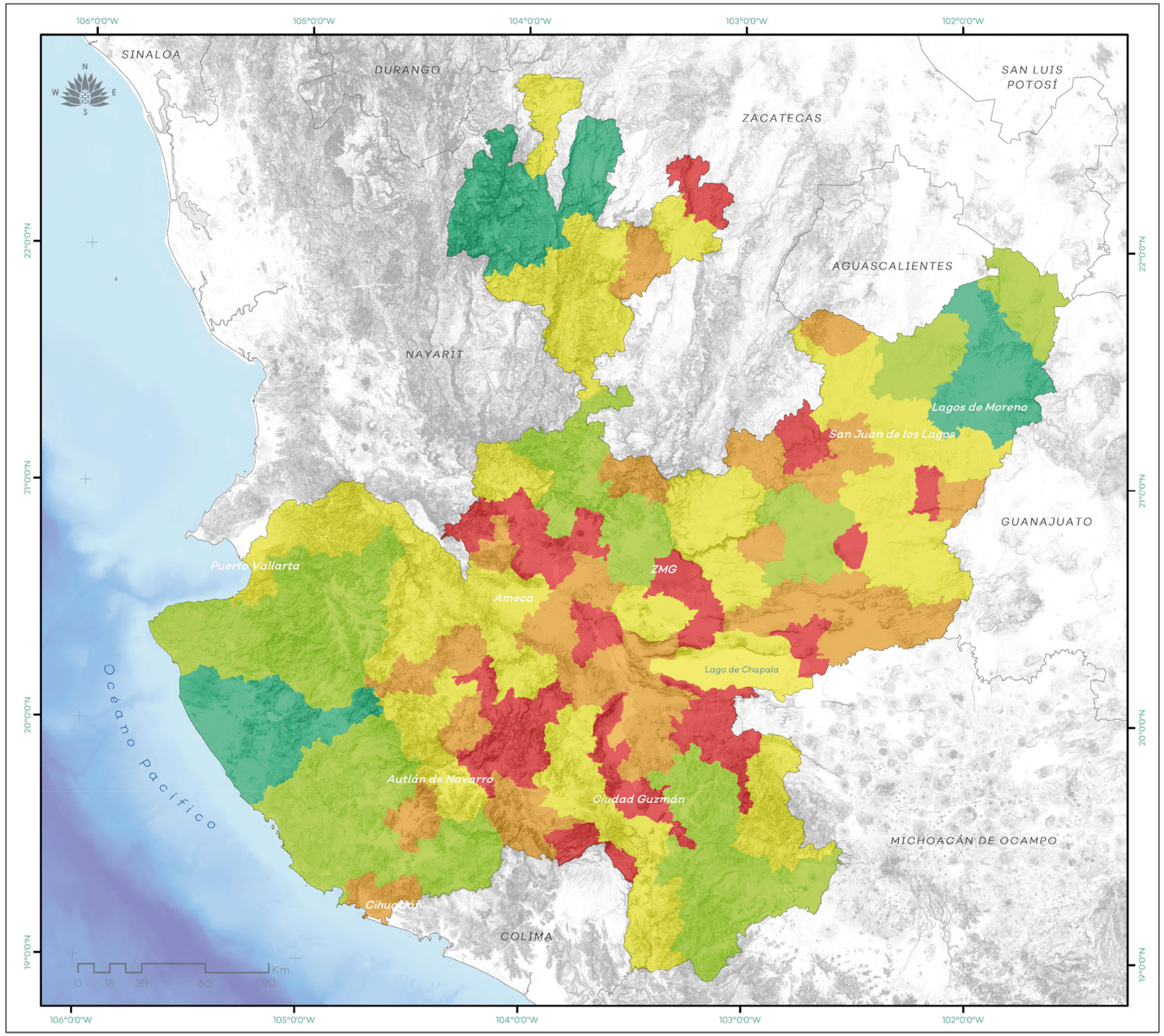
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Cobertura Vegetal por Municipio
CC - 03

Leyenda Temática

Hectáreas

- 7,921.8 - 31,806.5
- 31,806.5 - 58,692.3
- 58,692.3 - 111,585.3
- 111,585.3 - 201,056.5
- 201,056.5 - 336,182.9

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2024.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Sistema Social

El sistema social engloba a los asentamientos humanos y grupos sociales, los cuales se subdividen en: demografía, salud, educación, cultura, género y grupos étnicos (PEACC, 2019).

Con base en el Censo de Población y Vivienda de 2020, los siguientes porcentajes de la población de Jalisco habita en:

Localidades urbanas 88%



Localidades rurales 12%



Dentro de Jalisco existen 10,087 localidades rurales y 261 corresponden a localidades urbanas.

Demografía

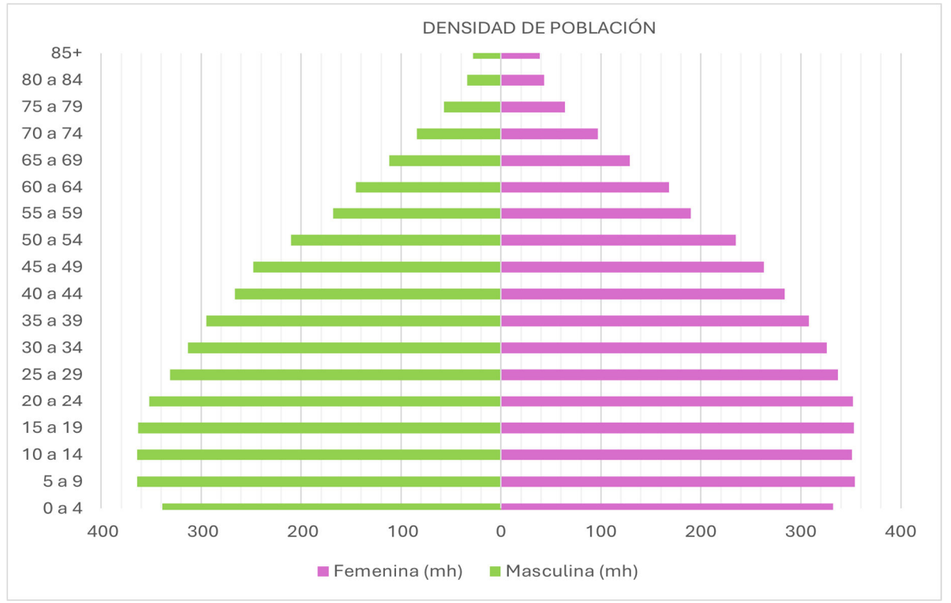
El censo de INEGI de 2020 arrojó la cifra de 8,348,151 habitantes en toda la entidad, ocupando el tercer lugar a nivel nacional por su número de habitantes. De los cuales corresponden las cifras siguientes:

4,249,696 Mujeres (50.9%)



4,098,455 Hombres (49.1%)

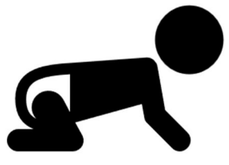




Fuente: Censo de Población y Vivienda, INEGI, 2020.

En temas de natalidad y mortalidad, Jalisco presenta las siguientes cifras, cabe mencionar que dentro del estado las principales causas de muerte corresponden a enfermedades del corazón, tumores malignos y diabetes mellitus (INEGI, Natalidad 2019; INEGI, Defunciones generales registradas por entidad federativa de residencia habitual de la persona fallecida según sexo, 2019.

107,561 Nacimientos



49,830 Defunciones



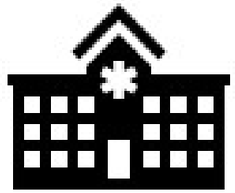
Fuente: Censo de Población y Vivienda, 2020.

Salud

Un peligro confirmado son las temperaturas máximas extremas que lleva a un necesario diagnóstico de la vulnerabilidad y de riesgo como base para el diseño e implementación de medidas de adaptación ante manifestaciones actuales y futuras. Las demandas de atención del sector salud han aumentado a partir de verse incrementado el periodo de tiempo donde existe la probabilidad de presentarse temperaturas extremas y olas de calor pasando de dos meses considerado como normal, a cuatro meses en la actualidad con un incremento en mortalidad por enfermedades cardiovasculares y en morbilidad por infecciones gastrointestinales, de igual manera ha aumentado

en dos meses la temperatura que favorece el incremento de la población de mosquitos transmisores de dengue (Garibay-Chávez, 2021).

2,082 centros de salud

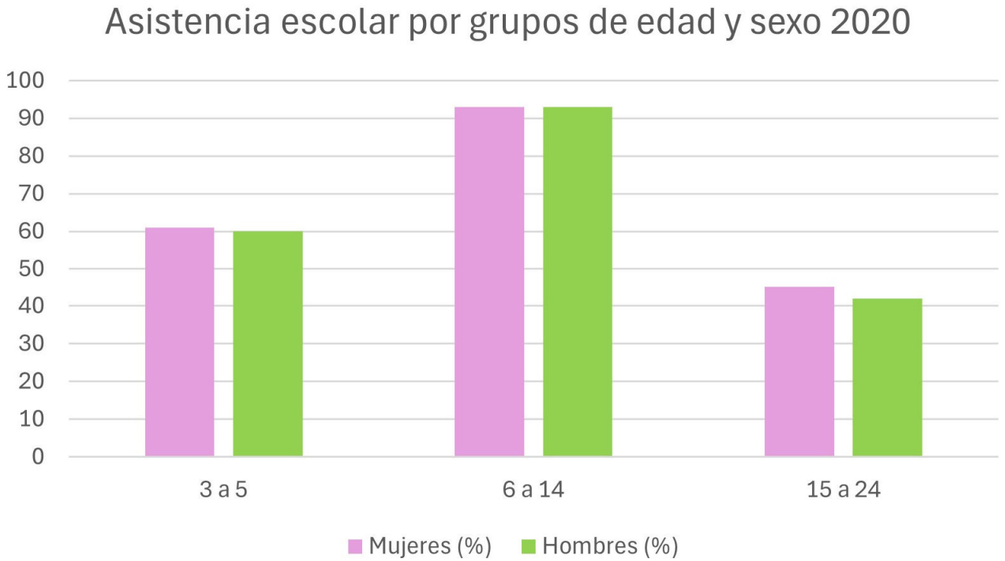


Fuente: DataMéxico.

Educación

Para el año de 2020, en Jalisco el grado promedio de escolaridad de su población de los 15 años y más es de 9.9, lo que es equivalente a casi primer año de bachillerato (INEGI, 2020).

El 93% de las niñas y niños de 6 a 14 años de edad asisten a la escuela, y el 93% corresponde al grupo de 6 a 14 años tanto de niñas como de niños y el 44% corresponde al grupo de los 15 a 24 años que continúan con sus estudios.



Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

Grupos étnicos

México cuenta con 68 pueblos originarios, de los cuales en el estado de Jalisco se encuentran 66,963 personas mayores de 3 años de edad que hablan alguna lengua indígena perteneciente a los siguientes grupos:

Tabla CC-. Hablantes de alguna lengua indígena

Lengua Indígena	Número de hablantes (2020)
Huichol	24,256
Náhuatl	18.362
Tarasco	4,759
Mixteco	4,048

Fuente: INEGI, Censo de Población y Vivienda, 2020.

De igual manera, la entidad alberga a población que se auto reconoce como afromexicana o afrodescendiente, la cual corresponde a las cifras siguientes:

Un total de 139,676 personas, representando el 1.7% de la población total, de los cuales:

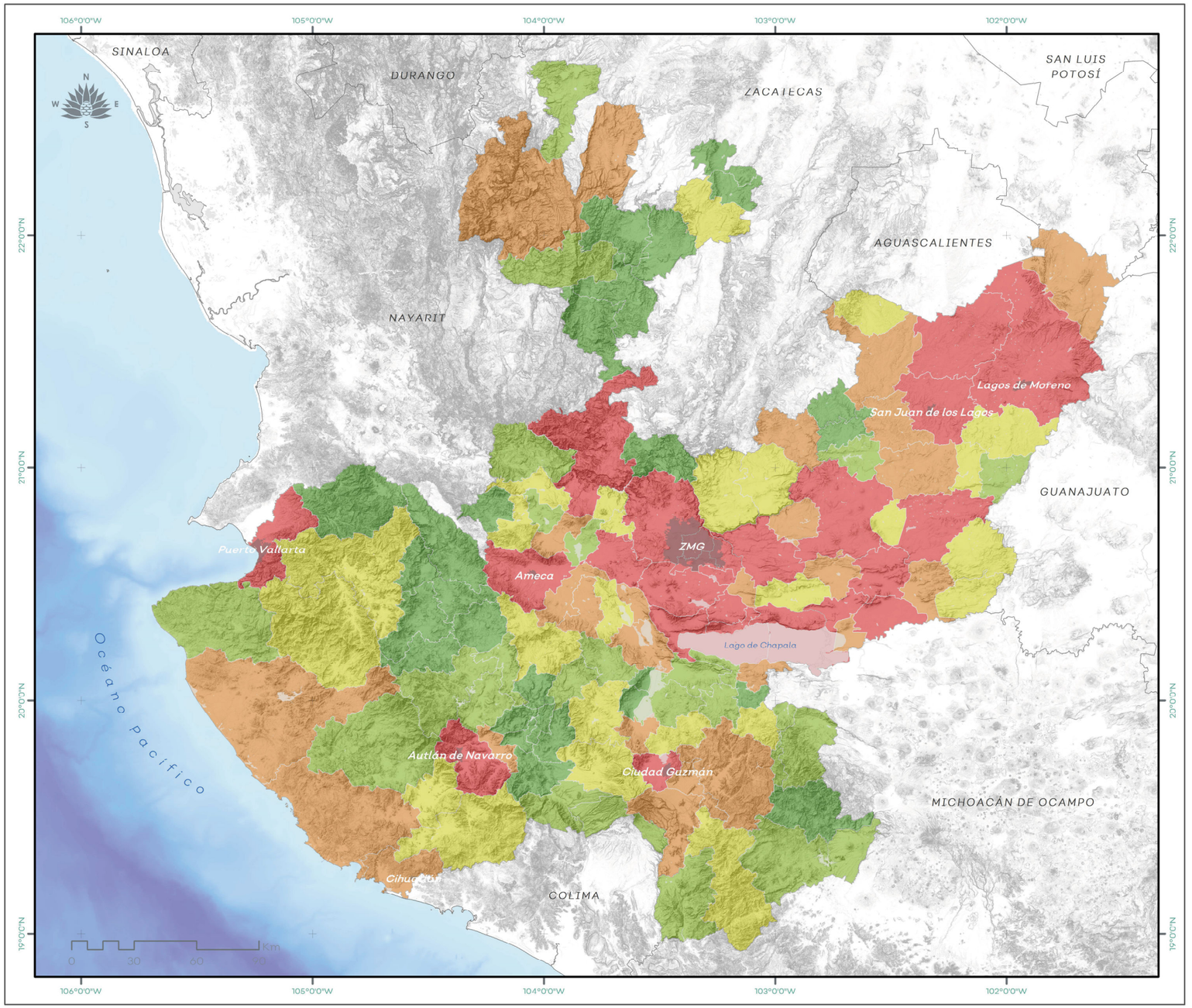
50.3% hombres



49.7% mujeres



Para los alcances de este análisis, se tomó en cuenta a la población total de cada una de las entidades municipales del estado, para poder obtener el grado de exposición en el que se encuentra y que se pueda llevar a cabo la construcción de los índices de exposición en la matriz multicriterio para los apartados del sistema social



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Exposición Social
Población
CC - 04

Nivel de exposición social

- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Datum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
INEGI. Censo de Población y Vivienda, 2020. Población total.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Sistema económico

Jalisco ocupa el primer lugar nacional como productor del sector agropecuario, ya que aporta poco más de la décima parte de la producción total del país. Está posicionado entre los primeros lugares como productor de huevo, leche de bovino y carnes de bovino, porcino y ave. Además, ocupa el primer lugar como productor de maíz grano y forrajero, agave, pastos y caña de azúcar.

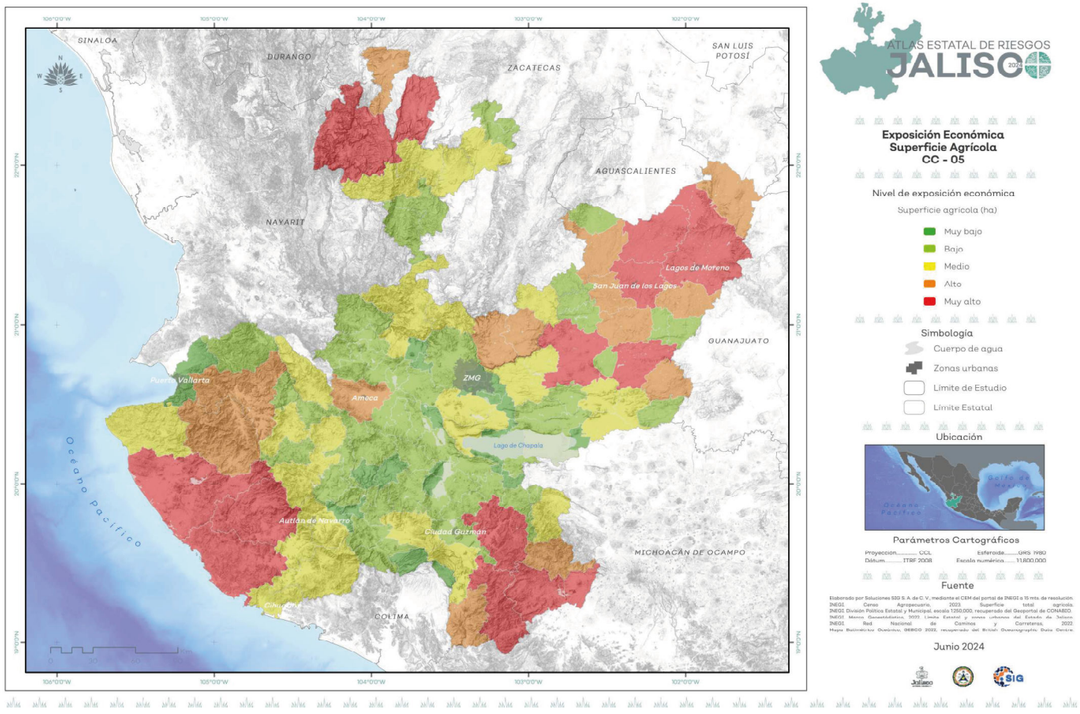
Tabla CC-2. Inventario ganadero

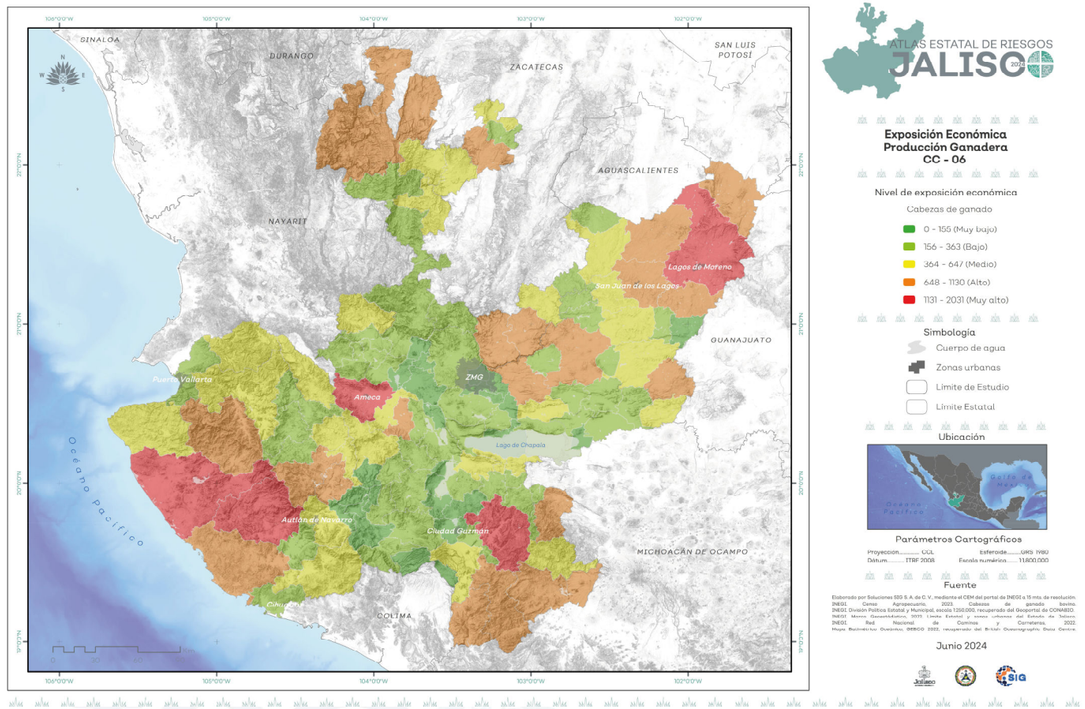
	Bovino	Porcino	Ovino	Caprino	Ave	Abeja
Miles de cabezas	3,431	3,993	434	340	133,262	158*

Fuente: SAGARPA, 2023.

Dentro del sector pesquero se destaca por la acuicultura y la captura de especies con alto valor económico y nutricional, siendo la mojarra la reina de las pesquerías del estado, seguida de la carpa, huachinango, pargo y bagre (SAGARPA, 2023).

Así como dentro del sector agropecuario es uno de los mayores exponentes a nivel nacional, Jalisco es el principal productor agrícola a nivel nacional, por lo que su extensión ocupada sembrada es de suma importancia. Los municipios con mayor superficie sembrada corresponden a Villa Purificación (4.7%, Tomatlán (3.6%) y Lagos de Moreno (3.1%).





1.3.1.1. Metodología

Para el año de 2023, (considerando que a partir de 2021 y 2022 se llevó a cabo la elaboración y conformación del informe) se publica el informe en subconjunto sobre el 6to informe de Evaluación (AR6) del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático, IPCC por sus siglas en inglés, para abordar el cambio climático, ya que el 4to informe habla acerca de la exposición, sensibilidad y vulnerabilidad (IPCC, 2021).

El AR6 es una compilación exhaustiva de la evidencia científica más reciente sobre el cambio climático, que abarca desde la física fundamental del clima hasta sus impactos en la sociedad y los ecosistemas.

El informe se divide en varias secciones, cada una examinando diferentes aspectos del cambio climático, como las causas y consecuencias del calentamiento global, la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos, las opciones de mitigación y adaptación y las políticas necesarias para abordar el problema (IPCC, 2021).

Para abordar el AR6 se aborda una amplia gama de temas, que incluyen:

Causas del cambio climático: Examina las actividades humanas que contribuyen al cambio climático, como la quema de combustibles fósiles, la deforestación y la agricultura intensiva, así como los factores naturales.

Evidencia del cambio climático: Presenta datos observacionales y modelos climáticos para demostrar el calentamiento global, los cambios en los patrones climáticos y los efectos en los sistemas naturales y humanos.

Impactos del cambio climático: Evalúa cómo el cambio climático afecta a diferentes sectores, incluidos la salud, la inseguridad alimentaria, el suministro de agua, la biodiversidad, la economía y la seguridad global.

Vulnerabilidad y adaptación: Analiza la vulnerabilidad de diferentes regiones y grupos socioeconómicos frente al cambio climático y propone estrategias de adaptación para reducir los riesgos y aumentar la resiliencia.

Mitigación: Evalúa las opciones para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y limitar el calentamiento global, incluidas políticas y tecnologías de energía limpia.

Escenarios futuros: Examina posibles trayectorias futuras del clima y sus implicaciones, según diferentes niveles de emisiones y acciones de mitigación.

Interconexiones entre los sistemas climáticos y sociales: Analiza cómo el cambio climático interactúa con otros desafíos globales, como la pobreza, la mitigación, la seguridad alimentaria y la justicia.

Para fines del siguiente análisis, se consideró abordar un análisis a partir de tres sistemas antes expuestos (ambiental, económico y social), ya que para el siguiente apartado, la representación de la vulnerabilidad en el territorio jalisciense es de suma importancia, por lo que realizar una caracterización de la vulnerabilidad (como lo realizado en 2007 a nivel nacional en el Atlas Nacional de Vulnerabilidad a Cambio Climático del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) en México, para el año 2022) resultó una idea conveniente de análisis. .

Teniendo como referente estos dos informes, se optó por realizar una caracterización del riesgo, construyendo una matriz multicriterio bajo las dos variables climáticas que tienen mayor peso: temperatura y precipitación. Con estas dos variables, se realizaron escenarios para dos diferentes horizontes temporales, el más cercano de 2021-2040 y el horizonte medio de 2041-2060, utilizando las *Proyecciones del Modelo de Circulación General* MPI-ESM-LRSSP585 y MPI-ESM-LRSSP370.

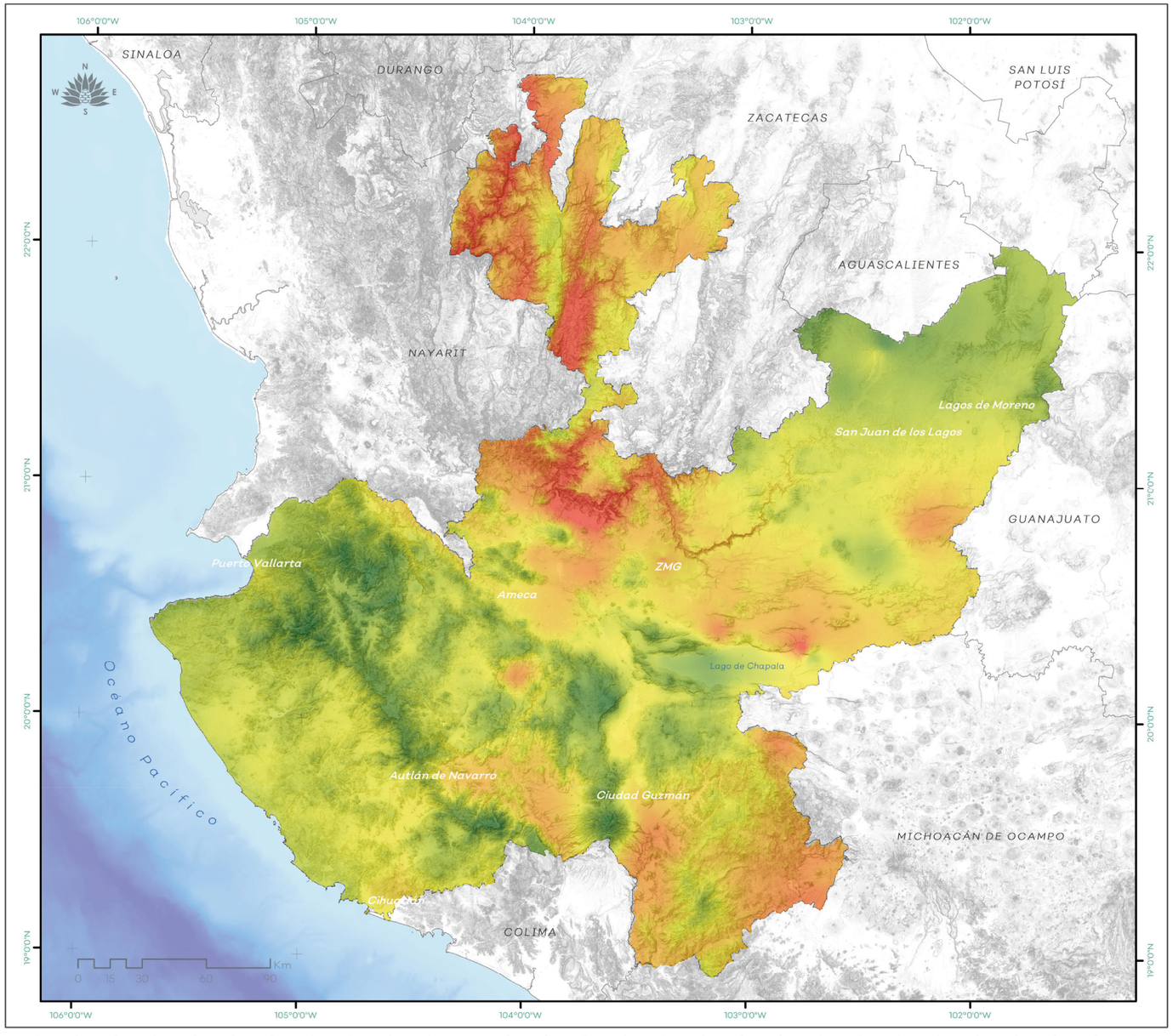
Los SSP describen tendencias alternativas plausibles en la evolución de la sociedad y los sistemas naturales durante el siglo XXI a nivel mundial y en grandes regiones del mundo. Constan de dos elementos: una trama narrativa y un conjunto de medidas cuantificadas de desarrollo. Los SSP son vías de "referencia" en el sentido de que no asumen ningún cambio climático o impactos climáticos, ni nuevas políticas climáticas (O´Neill et al, 2013).

La temperatura en el Cambio Climático influye ya que el aumento de ésta a nivel global es una de las señales más evidentes de la existencia del Cambio Climático. El aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, como el dióxido de carbono (CO2) y el metano (CH4), atrapan el calor en la atmósfera, lo que provoca un aumento de la temperatura promedio en la superficie terrestre y en los océanos. Esto conduce a una serie de impactos, incluyendo el derretimiento de los glaciares y las capas de hielo, el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones climáticos y eventos climáticos extremos como olas de calor más frecuentes e intensas (IPCC, 2021).

La Precipitación en el Cambio Climático, puede variar según la región, en general se observa un aumento en la intensidad de las precipitaciones en algunas áreas, lo que puede provocar inundaciones y deslizamientos de tierra. Por otro lado, también se observa una mayor incidencia de sequías en otras regiones, lo que puede tener graves consecuencias para la agricultura, el suministro de agua y los ecosistemas (IPCC, 2021).

Para poder realizar el análisis de las amenazas para las variables climáticas de la temperatura y la precipitación, se descargaron los escenarios a una resolución espacial de 30 segundos del portal electrónico de WorldClim. Los datos climáticos futuros mensuales fueron descargados en formato GeoTiff para dos SSP (ssp 370 y ssp 585) con las que realizó la extracción de la información en forma de una *máscara* para el estado de Jalisco. Teniendo este recorte de información y los datos actuales, se realizó un promedio de cada uno de los escenarios con las amenazas actuales y así se obtuvieron los escenarios de amenaza siguientes:

ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Temperatura
Escenario SSP 585 (2021 - 2040)
CC - 07

Leyenda Temática

Temperatura

Alto : 41.27 °C

Bajo : 31.23 °C

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



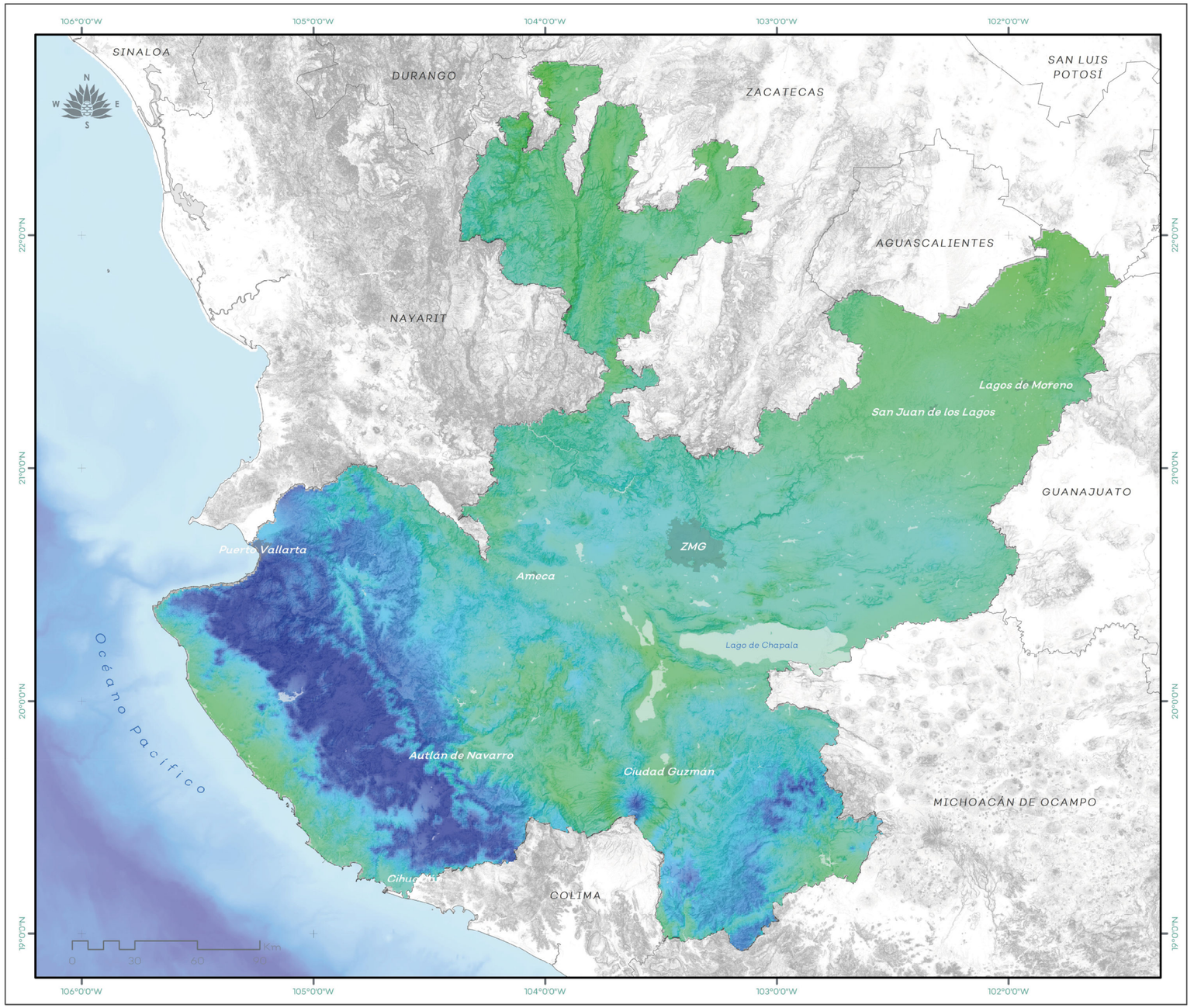
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Precipitación
Escenario SSP 585 (2021 - 2040)
CC - 08

Leyenda Temática

Precipitación

Ato : 1972 mm

Bajo : 480 mm

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



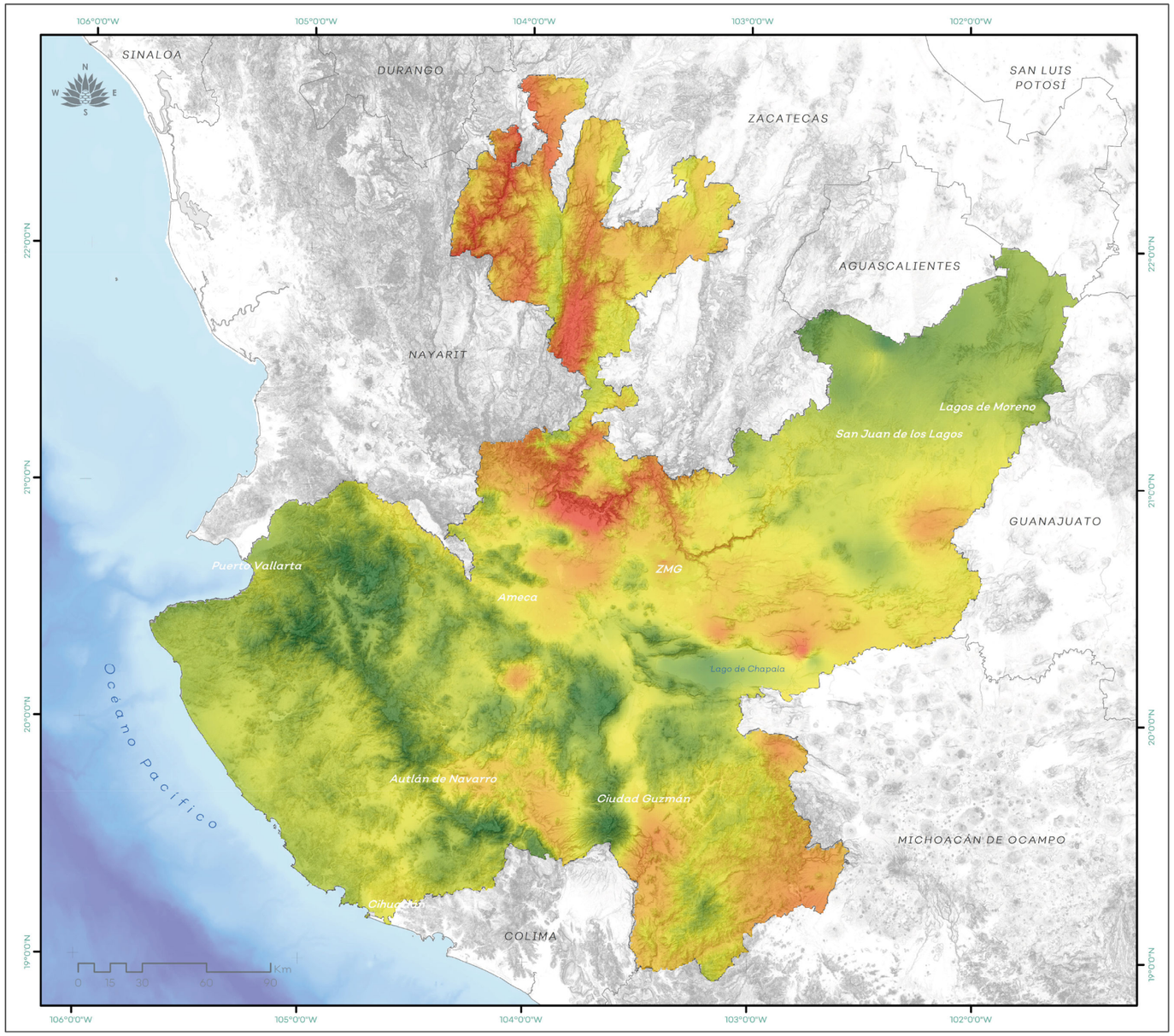
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Temperatura
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 09

Leyenda Temática

Temperatura

Alto : 41.63 °C

Bajo : 31.57 °C

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



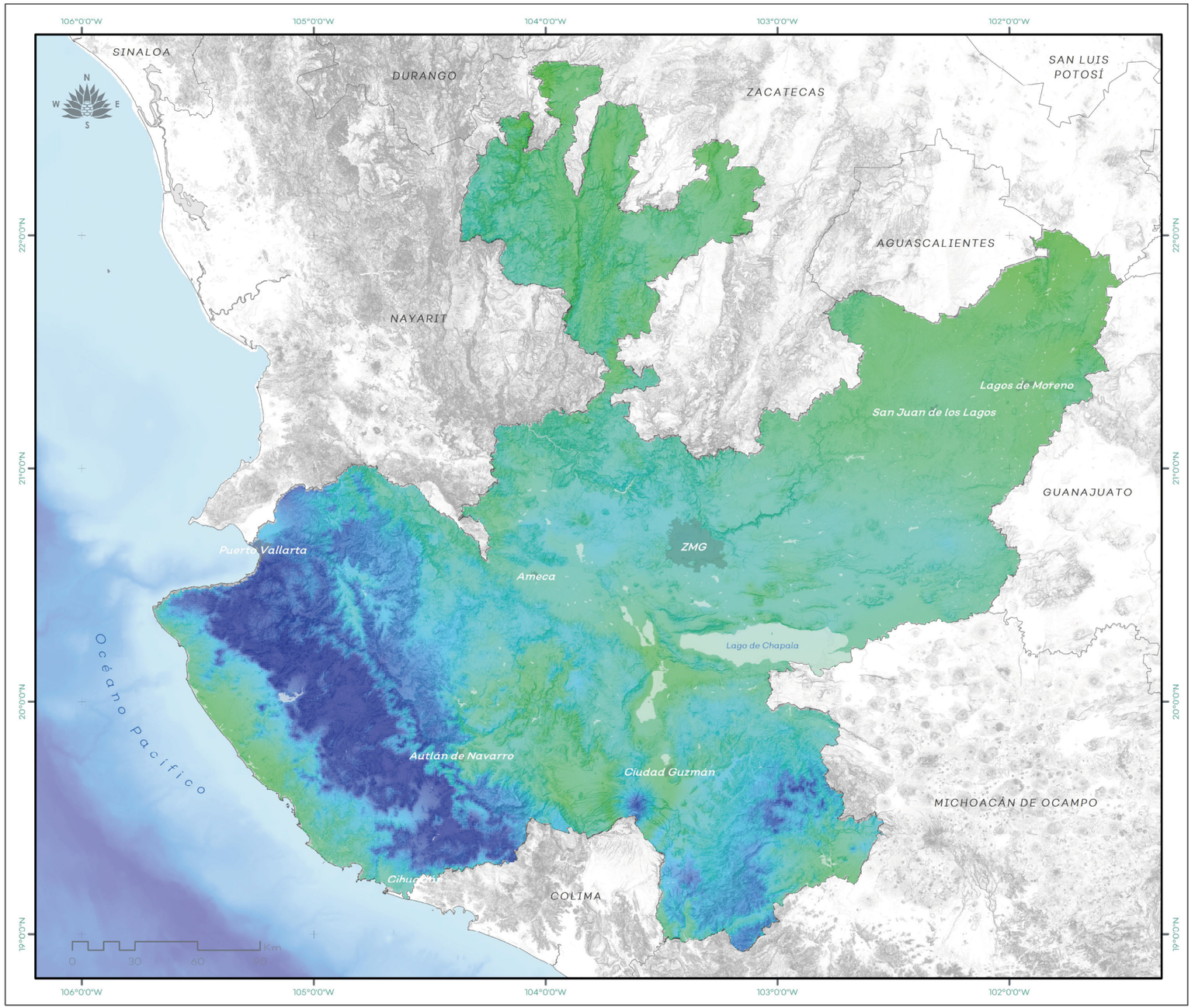
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. WorldGlim, 2022.
INEGI, División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI, Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI, Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Precipitación
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 10

Leyenda Temática

Precipitación

Alto : 1971 mm

Bajo : 480 mm

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



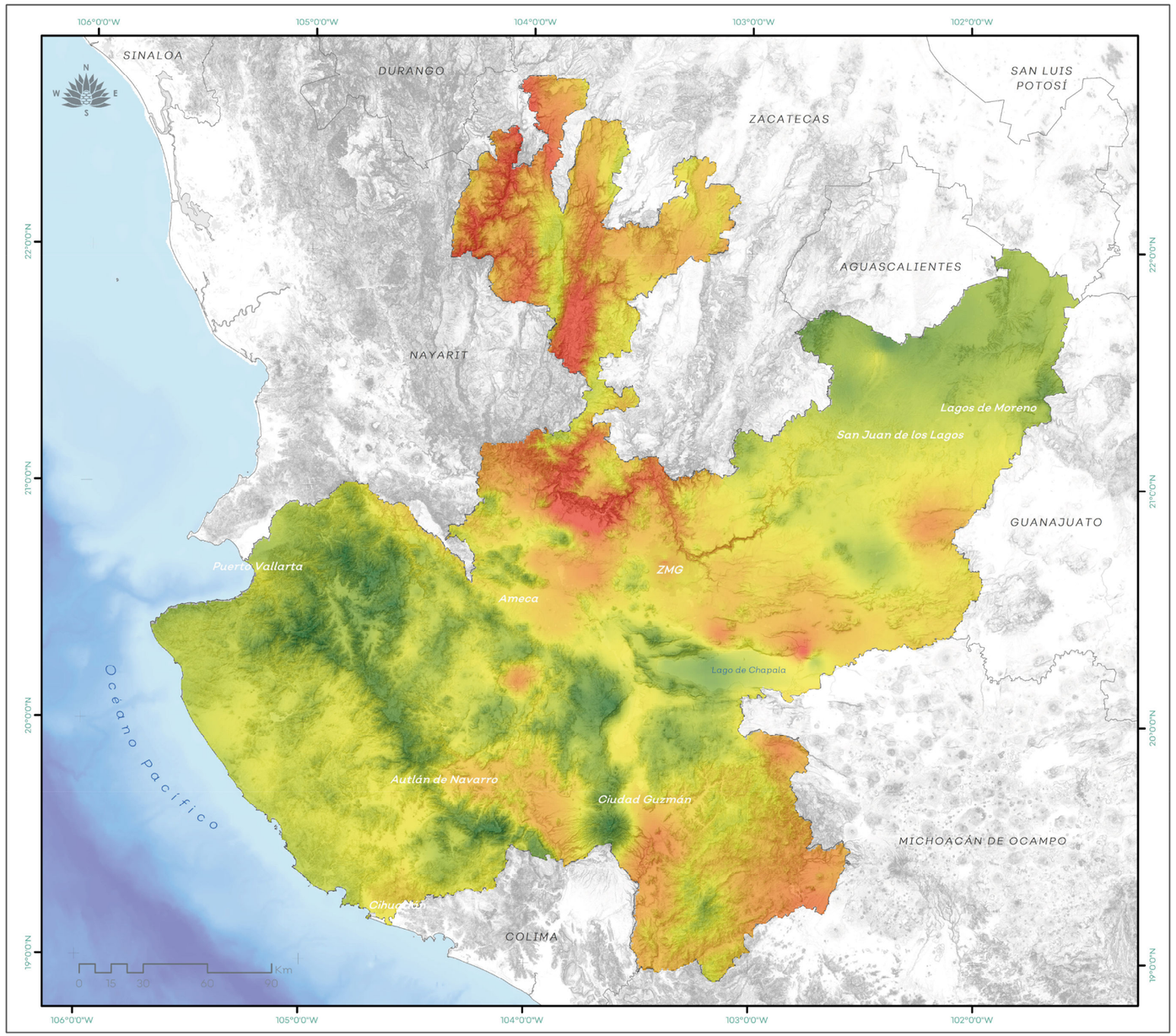
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución, 2022.
WorldClim,
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2017. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Temperatura
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 11

Leyenda Temática

Temperatura

Alto : 41.25 °C

Bajo : 31.24 °C

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



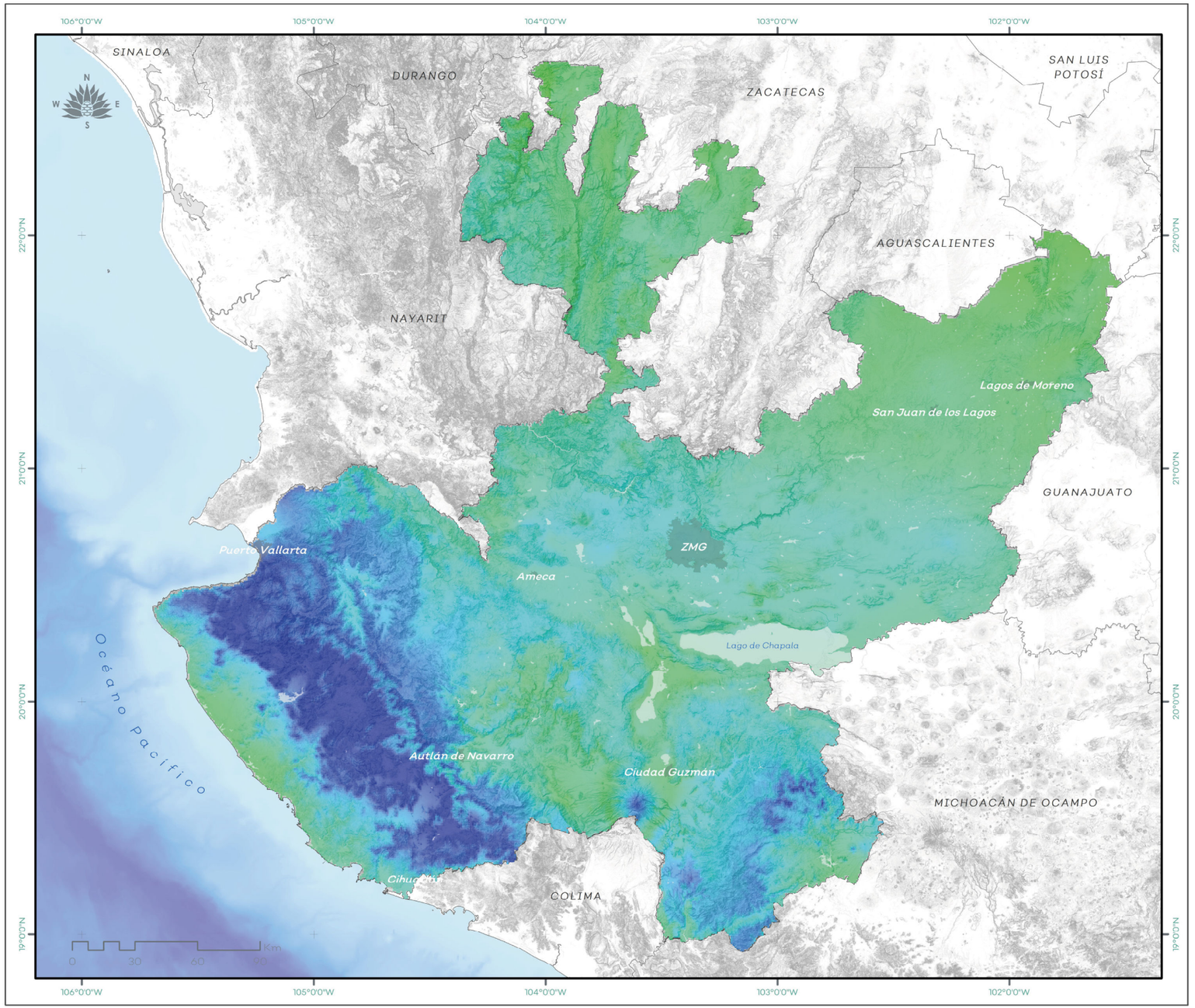
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Precipitación
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 12

Leyenda Temática

Precipitación

Alto : 1971 mm

Bajo : 480 mm

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



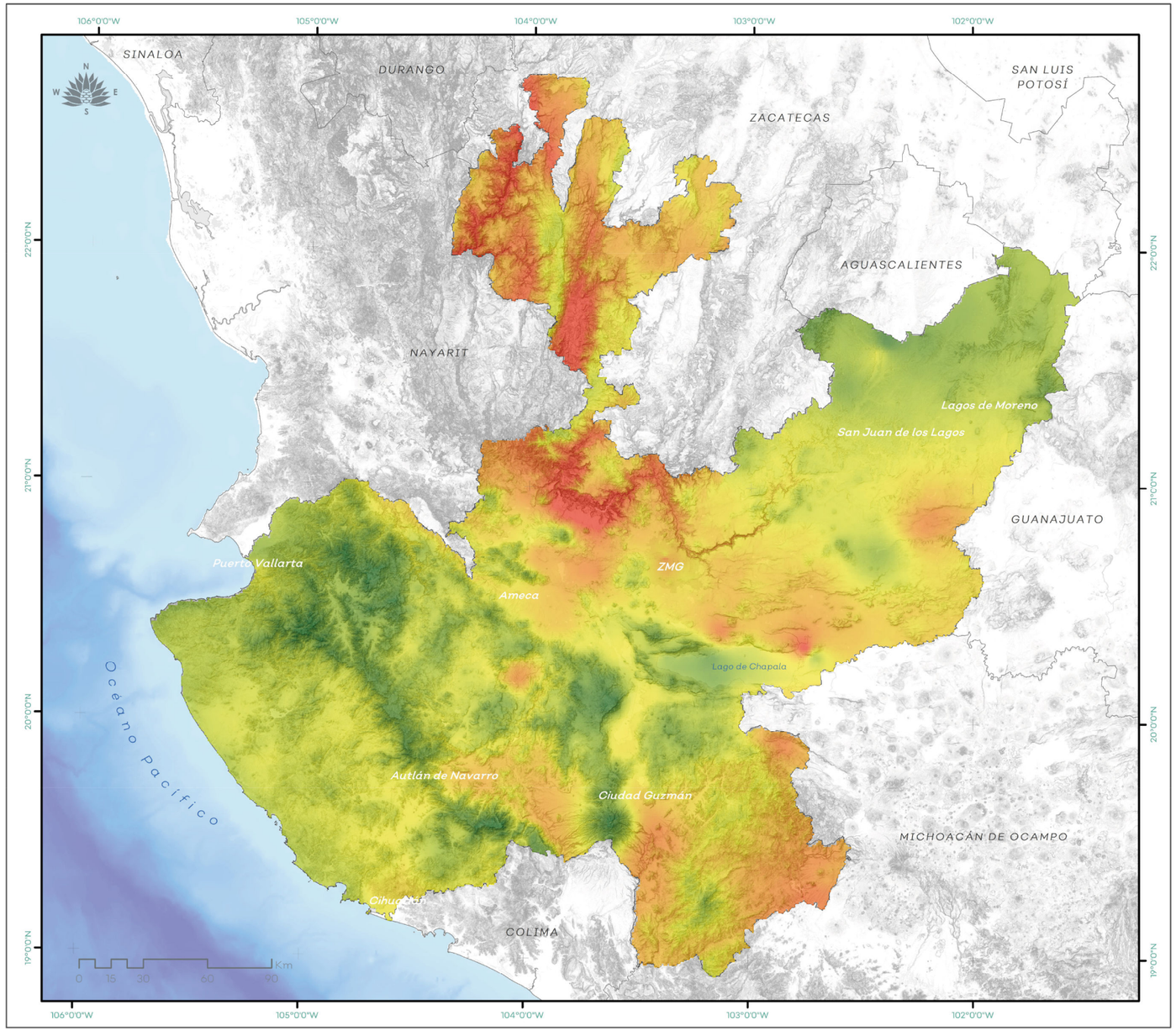
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución. WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico 2017. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Temperatura
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 13

Leyenda Temática

Temperatura

Alto : 41.68 °C

Bajo : 31.58 °C

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



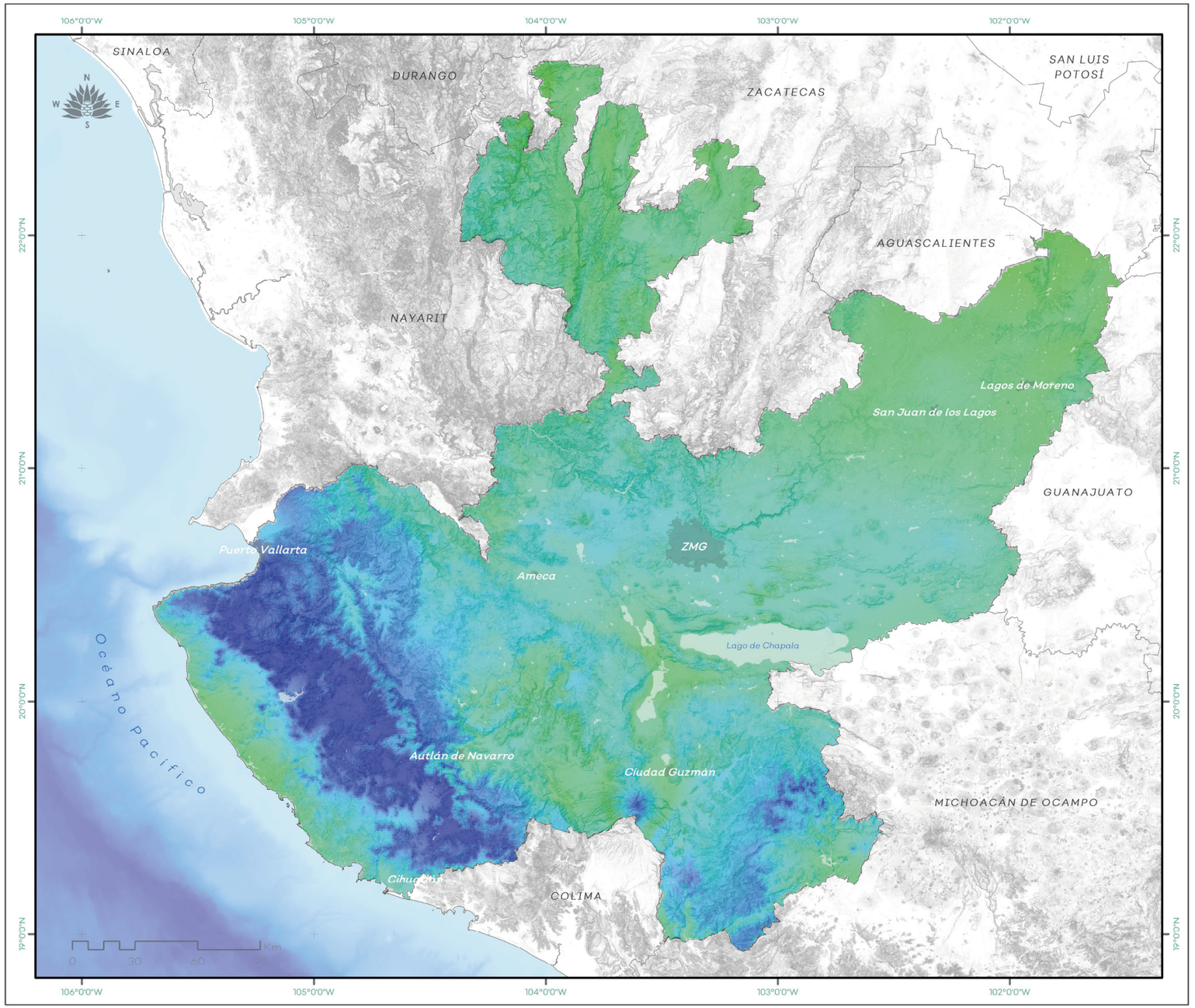
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución, WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Amenaza por Precipitación
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 14

Leyenda Temática

Precipitación

Alto : 1967 mm

Bajo : 479 mm

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Temperatura

La temperatura es una variable importante ante el Cambio climático antropogénico, ya que el aumento de ésta misma cambia el sistema terrestre, modificando a la Atmósfera, Litosfera, Hidrósfera, Criosfera y la Biosfera. Estos cinco elementos se entrelazan entre sí para establecer el clima de cada región, pero cuando aumenta la temperatura, se presentan problemas como derretimiento de glaciares, aumenta el nivel del mar, provocando inundaciones en la superficie terrestre, cambios en los patrones de lluvia, pérdida de ecosistemas (IIEG, 2023). De acuerdo a la OMM los últimos años han sido los más cálidos desde 1880, aumentando 1.2 °C por encima de las temperaturas de la era preindustrial en el 2022, y prediciendo el aumento de 1.5 °C en el 2024 (ONU, 2022).

En el Estado de Jalisco de acuerdo a encuestas realizadas a la población en el 2023, mencionan que en ese año sintieron un aumento anormal de la temperatura con respecto a años pasados (IIEG, 2023). En una proyección del estudio de Cruz, 2014, se encontró un aumento significativo a la temperatura media anual de 0.48 °C, desde 1960 a 2014, y para la proyección 2040 se espera un incremento de 0.4 a 1.3 °C, todo esto para el Estado de Jalisco.

A continuación, se describen las temperaturas por regionalización de los dos escenarios y los dos horizontes de tiempo, que se tomaron para realizar este estudio.

Escenario SSP 370 2021-2040

En este escenario se puede observar un rango de temperatura que va de los 31.2 a 41.2 °C, manteniéndose las más altas temperaturas en la Región I - Norte, así como la X – Valles, XII – Centro, IV – Ciénega, VI – Sur y un poco en V – Sureste y III – Altos sur.

De igual manera se tienen regiones como IX – Costa Sierra Occidental, II – Altos Sur y VIII – Costa Sur, que presentan temperaturas más bajas, con un rango de los 31.2 a los 35 °C.

Escenario SSP 370 2041-2060

Para este escenario con un horizonte de tiempo diferente, el rango de temperatura va de los 31.5 a los 41.68 °C, un poco más elevadas que en el horizonte 2021-20140. Las regiones I - Norte, así como la X – Valles, XII – Centro, IV – Ciénega, VI – Sur y un poco en V – Sureste y III – Altos sur, corresponden a las de mayor temperatura.

Continuando con un patrón las regiones IX – Costa Sierra Occidental, II – Altos Sur y VIII – Costa Sur, presentan temperaturas más bajas, pero en este caso van de los 31.5 a los 36.5 °C.

Escenario SSP 585 2021-2040

En este caso se presentan temperaturas que van de los 31.2 a los 41.2, muy similar al escenario 370. Las regiones I - Norte, X – Valles, XII – Centro, IV – Ciénega, VI – Sur y un poco en V – Sureste y III – Altos sur vuelven a presentar con las temperaturas más altas.

En el caso de las temperaturas más bajas para este escenario, se presentan en regiones como IX – Costa Sierra Occidental, II – Altos Sur y VIII – Costa Sur, como un rango de 31.2 a 35.5 °C.

Escenario SSP 585 2041-2060

En este se presentan temperaturas de los 31.5 a los 41.6 °C, siendo las regiones del I - Norte, X - Valles, XII - Centro, IV - Ciénega, así como VI - Sur, V - Sureste, VII - Sierra de Amula y una pequeña área de la región III - Altos Sur.

Las regiones con una temperatura menor en comparación de las mencionadas anteriormente son la de IX - Costa Sierra Occidental, VIII - Costa Sur, II - Altos Norte y una parte de la región XI - Lagunas, con un promedio de 31.5 a 35.4 °C.

Como se menciona en un estudio realizado por Cruz, 2014 del CONAHCYT, en las regiones costeras no se tiene un aumento de temperatura significativo ya que el océano funciona como un termorregulador. Y las zonas con temperaturas altas el clima es más extremo y puede traer consigo la frecuencia de olas de calor.

Precipitación

La precipitación corresponde a uno de los elementos formadores del clima, en conjunto con la humedad y evaporación, presión atmosférica y el viento, así como la temperatura. La precipitación tiene relación con la altitud a nivel global, no siempre sucede de manera lineal a un nivel local. Se reconocen cuatro factores que determinan la variación no lineal de la precipitación con la altitud:

1. La temperatura del aire en la base de la montaña y su tasa de cambio;
2. Concentración de vapor de agua en el aire;
3. Comportamiento vertical del viento;
4. Relación de la dirección del viento con la montaña.

Si una masa de aire húmeda se aproxima a una montaña y asciende por la misma, ya sea por efecto orográfico o convectivo, el resultado será una disminución en su temperatura, así como en su capacidad de contener humedad, lo que corresponde al punto de saturación. Este proceso lleva a la condensación y precipitación del vapor de agua, y puede presentarse a cualquier altitud en la montaña dependiendo del comportamiento de los factores antes mencionados (MacArthur, 1972 en Dobler, 2010).

Con base en lo anterior, las precipitaciones se pueden clasificar en tres tipos fundamentales:

- **Convectivas:** asociadas a latitudes cálidas y a las tormentas de verano de la zona templada. Se producen por el fuerte calentamiento que experimenta la superficie de la tierra o, en general, cuando sobre una superficie caliente pasa aire húmedo e inestable.
- **Frontales ciclónicas:** cuando entran en contacto dos masas de aire de características térmicas distintas, el mecanismo esencial es el ascenso de aire frío por convergencia horizontal de corrientes en una zona de bajas presiones, por lo general, se producen en latitudes templadas.
- **Orográficas:** se producen cuando una masa de aire húmeda choca con un relieve montañoso y al chocar asciende por la ladera orientada al viento, por su parte, los sistemas montañosos pueden impulsar las corrientes ascendentes, frenar la velocidad de los sistemas frontales o producir en los valles un efecto “embudo” que origina una convergencia y elevación de corrientes ascendentes.

Para el estado de Jalisco, los valores de la precipitación promedio anual va de los 424 mm a los 1837 mm. Al ser consideradas como riesgo meteorológico que puede traer consecuencias graves, los siguientes escenarios nos muestran los rangos en los que se distribuye la precipitación dentro del estado de Jalisco. Dichos escenarios corresponden a las trayectorias ssp370 y ssp585 para los horizontes cercano (2021-2040) y medio (2041-2060) que conforman las amenazas por precipitación:

Escenario SSP 585 (2021- 2040)

Dentro de este escenario los parámetros de la precipitación van desde los 480 mm a 1972 mm para todo el estado, sin embargo, dentro de las siguientes regiones, los parámetros son más elevados:

- Región VIII - Costa Sur, dentro de esta Región, cuatro municipios albergan la mayor presencia de este fenómeno, ya que los valores alcanzan valores por encima de los 1000mm, desde el mínimo proyectado que es de 1600 mm al máximo proyectado que corresponde a los 1972mm.
- Región IX - Costa Sierra Occidental, alcanza valores desde los 1962 mm máximos, aunque cabe mencionar que dentro de sus valores generales, la Región no desciende de los 1000 mm de precipitación anual;

En contraste con las demás regiones, los resultados fueron los siguientes:

- Región I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, X - Valles, XII Centro, tienen los parámetros más bajos en comparación con las dos regiones anteriores, ya que los valores corresponden a menos de los 1000mm, alcanzando valores de los 480mm que son los más bajos.

Las regiones que se encuentran en un término neutral, corresponden a las siguientes:

- Región V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula y XI Lagunas: dentro de estas regiones, los valores promedio de las precipitaciones son alrededor de los 750 mm a los 1580mm, siendo las zonas con una distribución más neutral que no se lleva a los extremos como las regiones que alcanzan los 1900 mm o más y que no se encuentran en los valores mínimos de los 480mm.

Es así que dentro de este escenario de horizonte a corto plazo tenemos un aumento en los rangos de precipitación anual, llegando a los 1972 mm anuales como precipitación máxima cuando los valores actuales alcanzan los 1800.

Escenario SSP 585 (2041- 2060)

Continuando con el escenario ssp 585, pero ahora analizando el horizonte lejano que abarca de 2041 - 2060, se puede percibir que no existe mucho cambio en los rangos de precipitación en comparación con el horizonte cercano, a excepción de un milímetro de diferencia con respecto a los valores más altos, ya que para el horizonte cercano los valores más altos de precipitación corresponden a 1972 mm anuales y para este horizonte el valor es de 1971mm.

Las Regiones con mayor amenaza son las mismas que para el horizonte cercano, las cuales corresponden a las siguientes:

- VIII - Costa Sur: los municipios de Cuautitlán de García Barragán, Casimiro Castillo, Villa Purificación y parte de Tomatlán son los principales amenazados por el aumento de las precipitaciones, alcanzando niveles de los 1597 mm a 1967mm.
- IX - Costa Sierra Occidental: Puerto Vallarta, Mascota, Cabo Corrientes, Talpa de Allende, estos municipios presentan valores máximos que van desde los 1537mm a los 1958mm.

Las regiones que tienen los niveles más bajos de precipitación corresponden a las siguientes:

- I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, X Valles, XI Lagunas y XII Centro.

Escenario SSP 370 (2021 - 2040)

Dentro de los resultados obtenidos en este escenario para el horizonte cercano, no tiene una gran diferencia del escenario ssp 585 para el horizonte lejano, teniendo a las siguientes regiones como las más amenazadas:

- Región VIII - Costa Sur, los valores están por encima de los 1000mm, desde el mínimo proyectado que es de 1600 mm al máximo proyectado que corresponde a los 1971mm.
- Región IX - Costa Sierra Occidental, alcanza valores desde los 1942mm, aunque cabe mencionar que, dentro de sus valores generales, la Región no desciende de los 1000 mm de precipitación anual.

Aquellas regiones que se encuentran en un punto medio ante el alza de los rangos de precipitación, se encuentran las siguientes:

- Región V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula y XI Lagunas: dentro de estas regiones, los valores promedio de las precipitaciones son alrededor de los 630mm a los 1762mm, siendo las zonas con una distribución más neutral que no se lleva a los extremos como las regiones que alcanzan los 1900mm o más y que no se encuentran en los valores mínimos de los 480mm.

Por otra parte, las regiones que se encuentran con un rango de precipitación bajo, son las siguientes:

- Región I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, X - Valles y XII Centro.

ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO

Escenario SSP 370 (2041 - 2060)

A diferencia de los escenarios pasados en los que no se encuentra un cambio significativo en los valores altos **de** la precipitación para este horizonte el estimado arroja valores entre los 479 mm a los 1967 mm, siendo este último valor el más bajo en los escenarios anteriormente descritos, teniendo a las siguientes regiones como las más amenazadas:

- Región VII Costa Sur, IX Costa Sur y VII Sierra de Amula, aunque esta última es únicamente una parte de la región, sin embargo las dos primeras sí presentan presencia de valores estimados de los 17990 a llegar al máximo estimado.

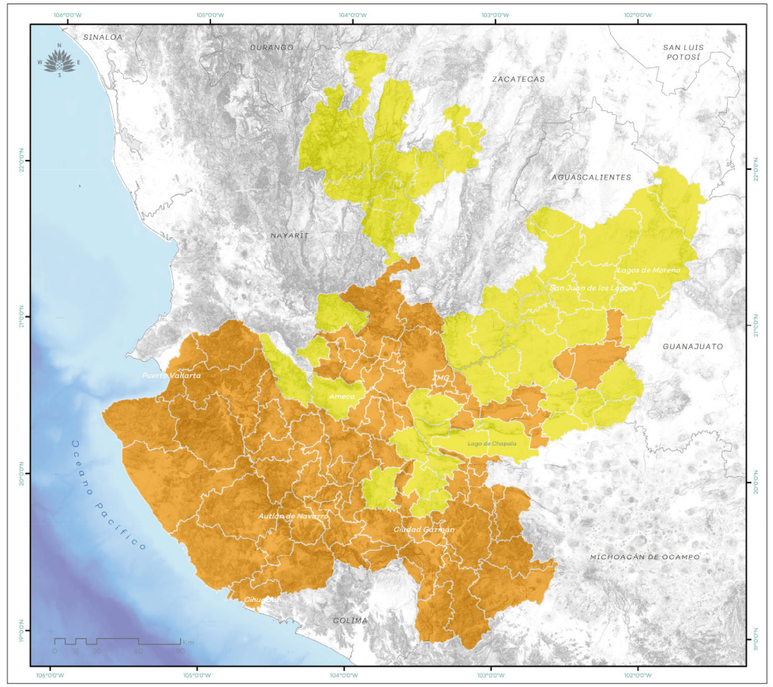
Por su parte, las regiones siguientes son las únicas que mantienen una distribución del régimen de precipitación de los 500 mm a los 940 mm, aunque es un nivel bajo a comparación del máximo registrado:

- Región V Sureste y Región VI Sur.

Por último, las siguientes regiones son las que presentan estimaciones de un régimen de lluvias más bajo:

- Región I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, IX Valles y XI Lagunas y XII Centro.

Cabe mencionar que los escenarios de cambio climático son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basados en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se construyen para ser utilizados de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico, y que sirven a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos. Estos escenarios no son pronósticos climáticos, ya que cada escenario es una alternativa de cómo se puede comportar el clima futuro (INECC, 2016).



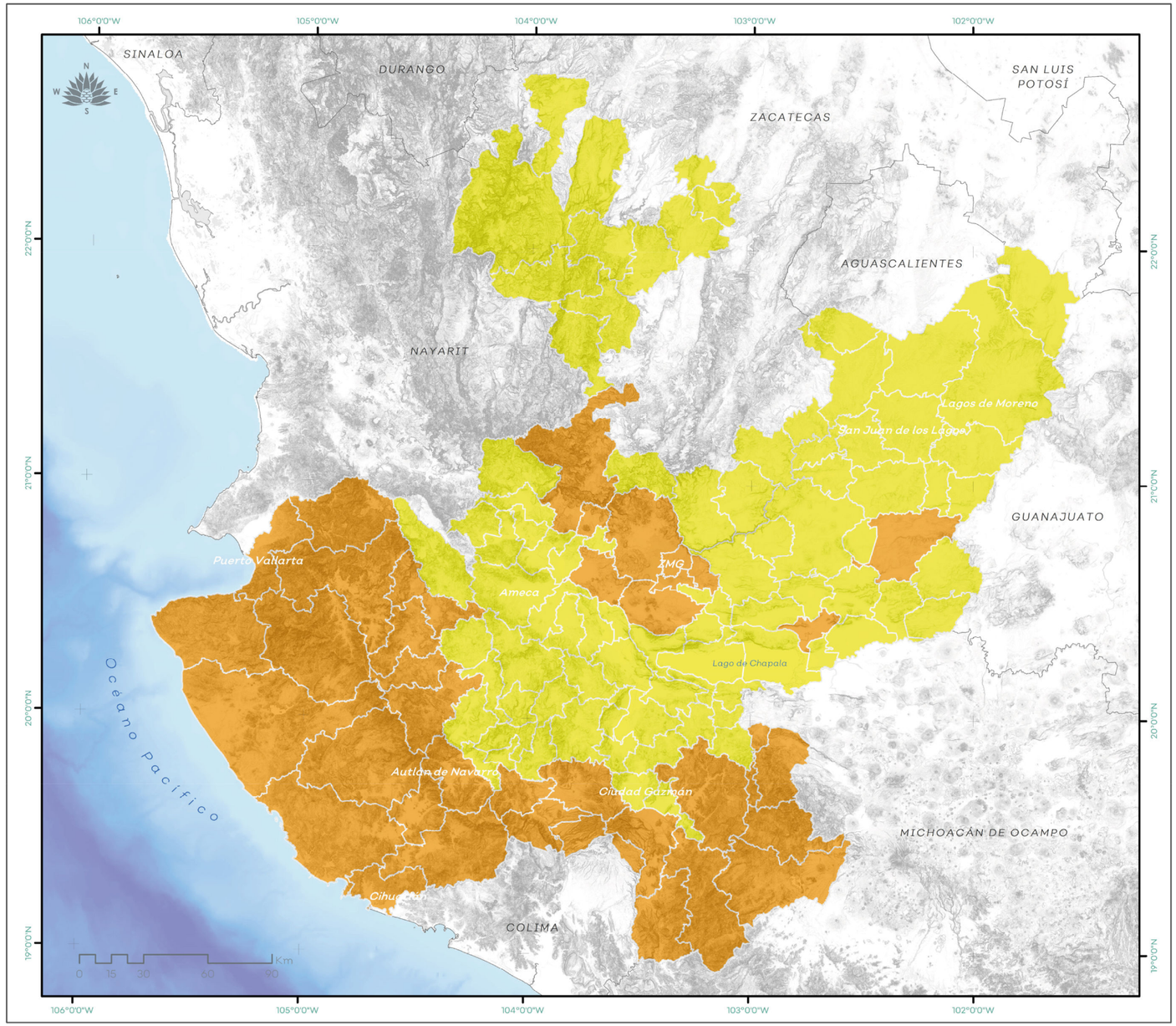


1.3.1.2. Vulnerabilidad

En palabras del IPCC la vulnerabilidad está definida como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación, es decir, corresponde a la propensión o predisposición a verse afectado negativamente ante la presencia de fenómenos meteorológicos o climáticos (INECC, 2016).

Para llevar a cabo los análisis de la vulnerabilidad futura, se realizó la metodología que está propuesta por el IPCC (2007) que también se considera en la Ley General de Cambio Climático (2012) y que considera que la vulnerabilidad está en función de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa.

Se consideraron las amenazas de cada uno de los sectores establecidos, ambiental, social y económico que se configuran como la exposición, así como cada uno de los escenarios con las variables climáticas que fueron descritas en el apartado anterior para cada uno de los SSP, además de incluir la amenaza actual, dando como resultado los mapas de vulnerabilidad a cambio climático que a continuación se enlistan.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Social
Escenario SSP 585 (2021 - 2040)
CC - 16

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



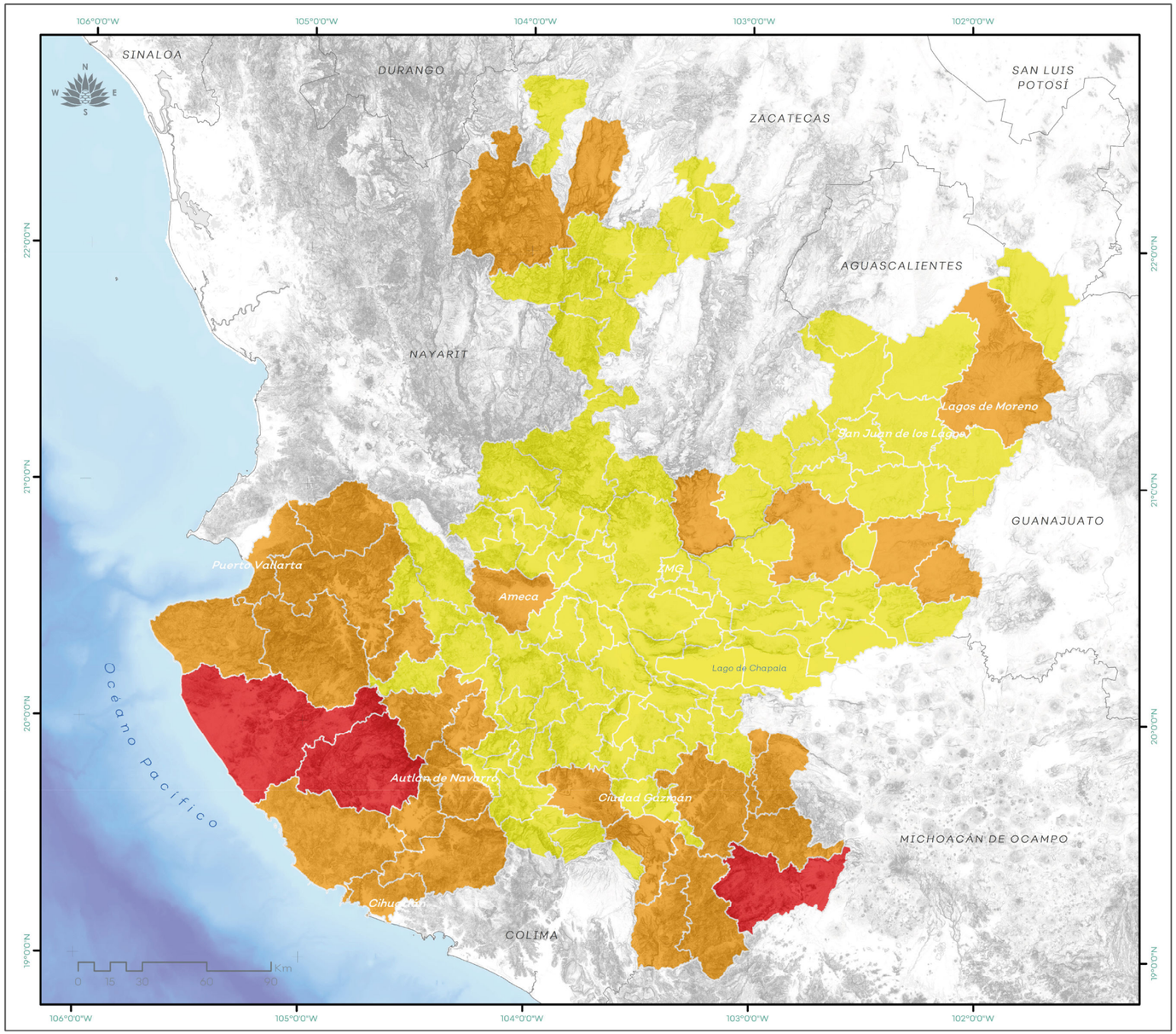
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Esferoide..... GRS 1980
Dátum..... ITRF 2008
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Económica Escenario SSP 585 (2021 - 2040) CC - 17

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



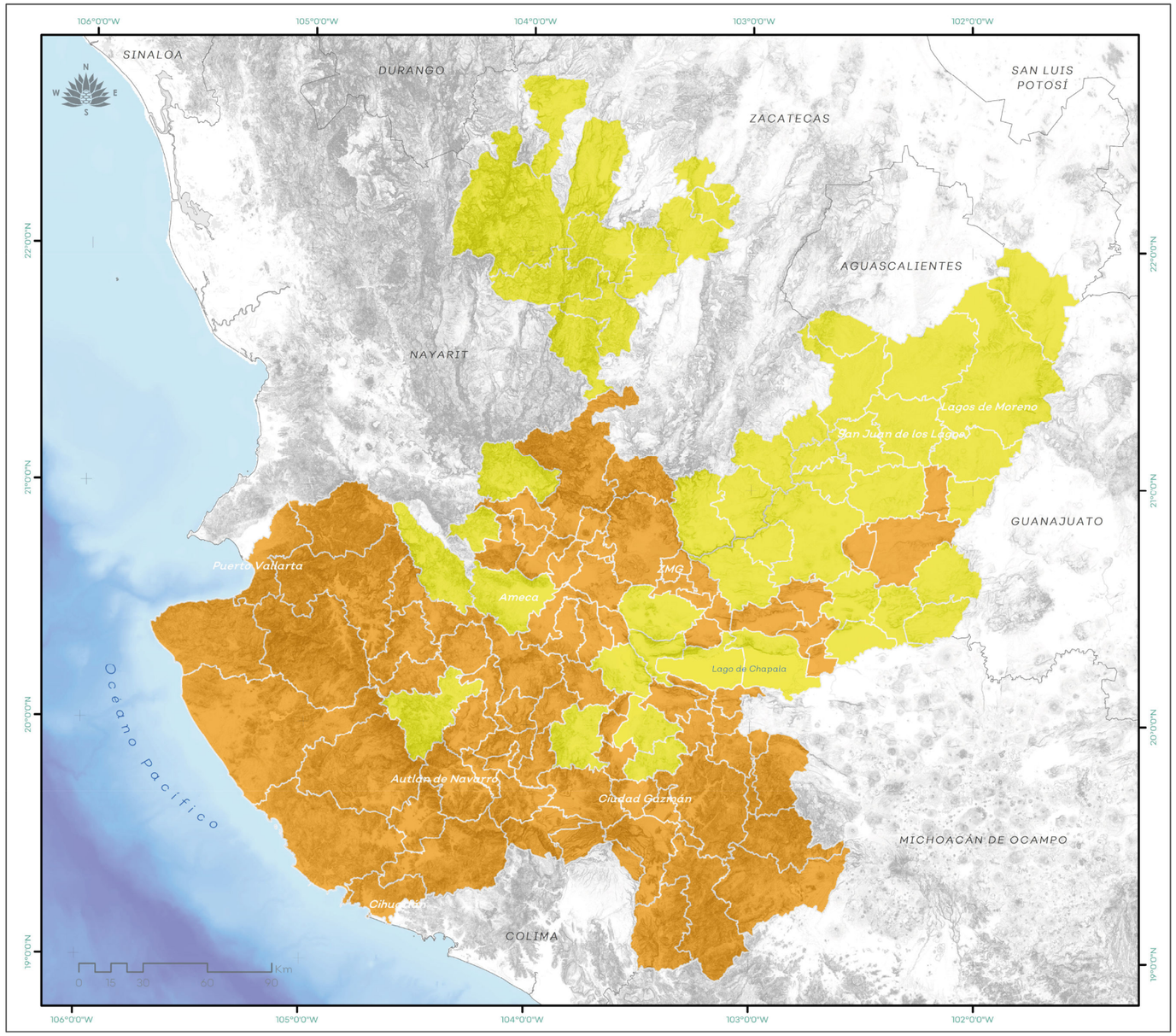
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldGlim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Ambiental
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 18

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



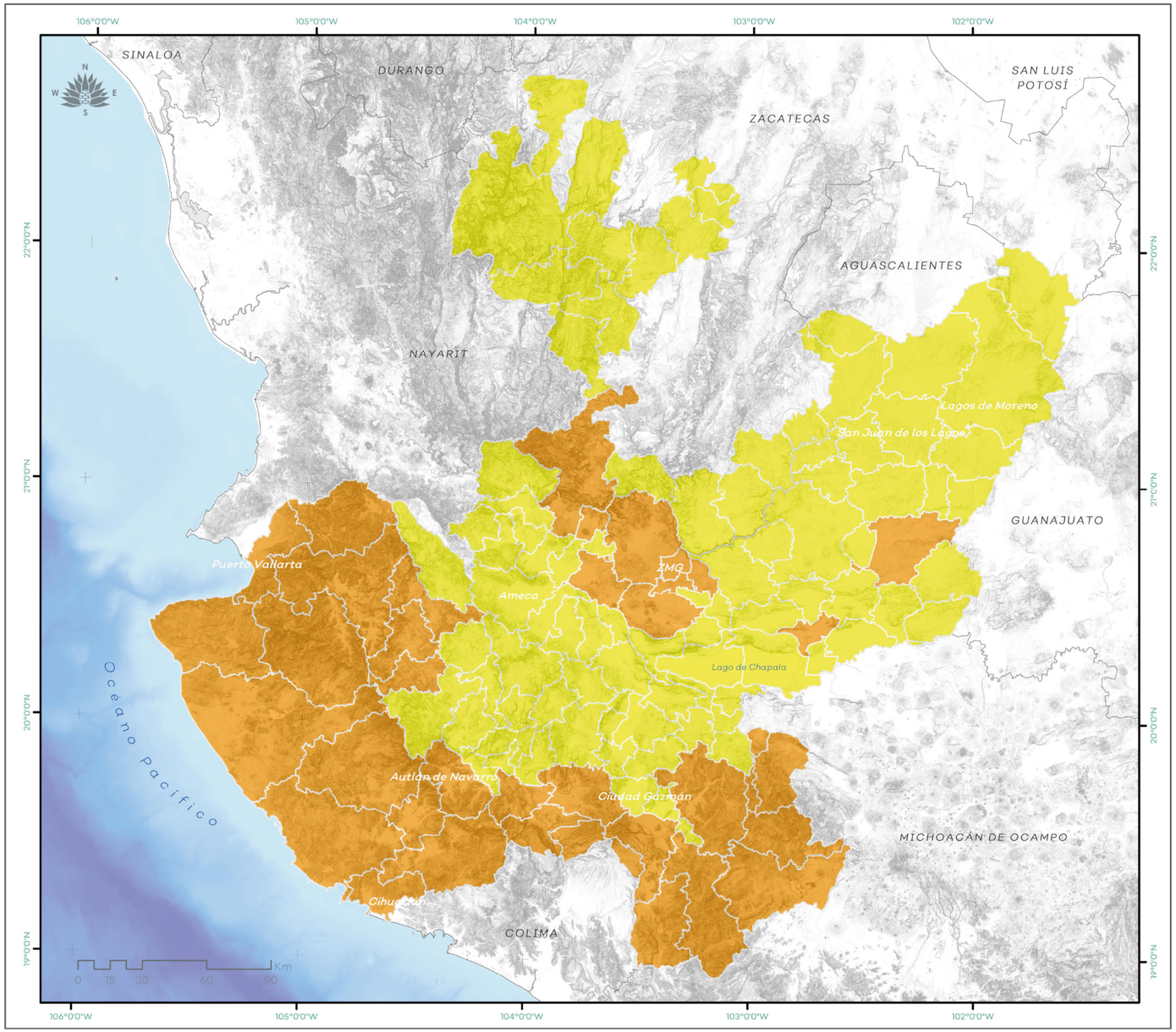
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Social
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 19

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



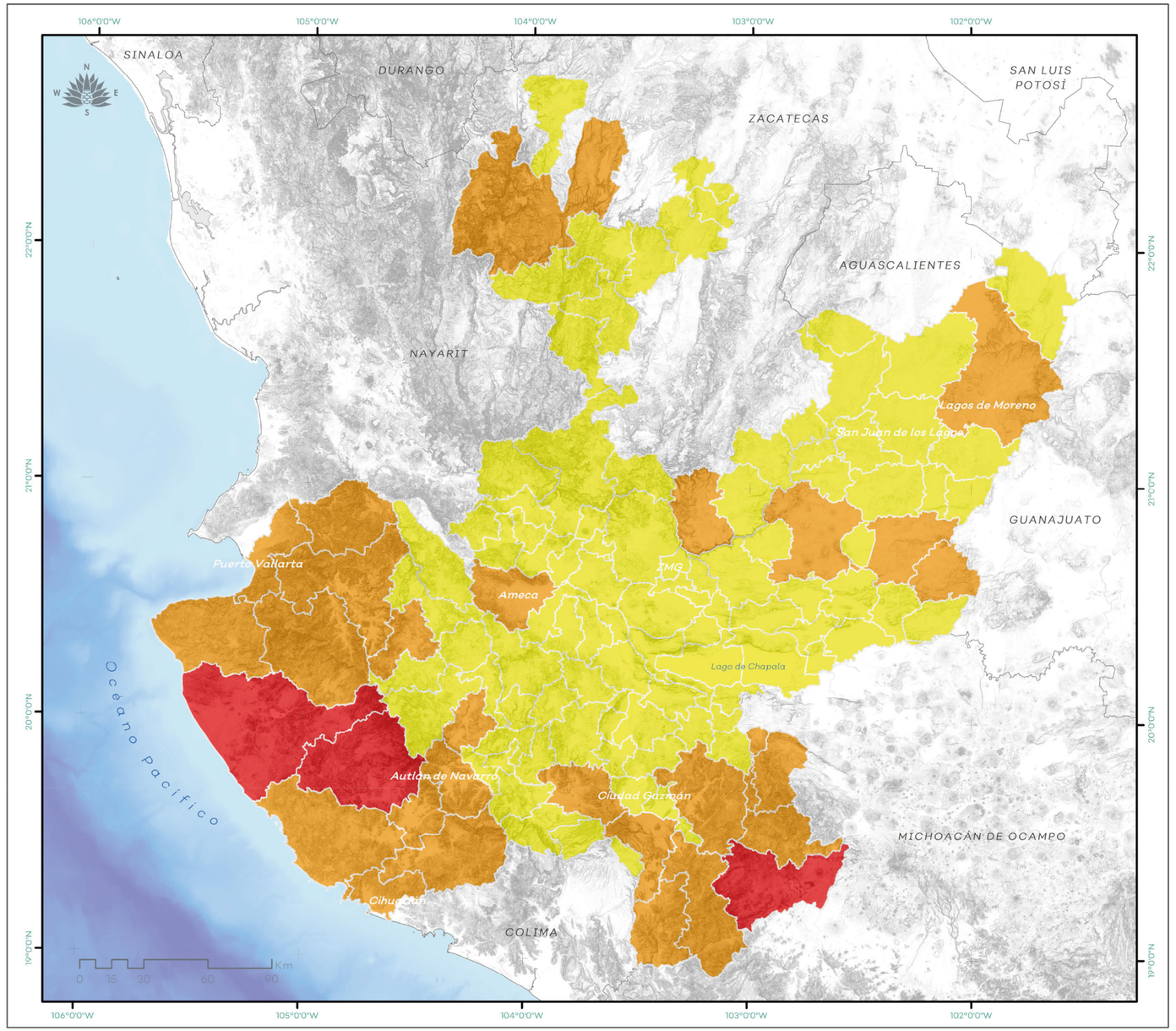
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldGlim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestádistico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Económica
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 20

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto
- Muy alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



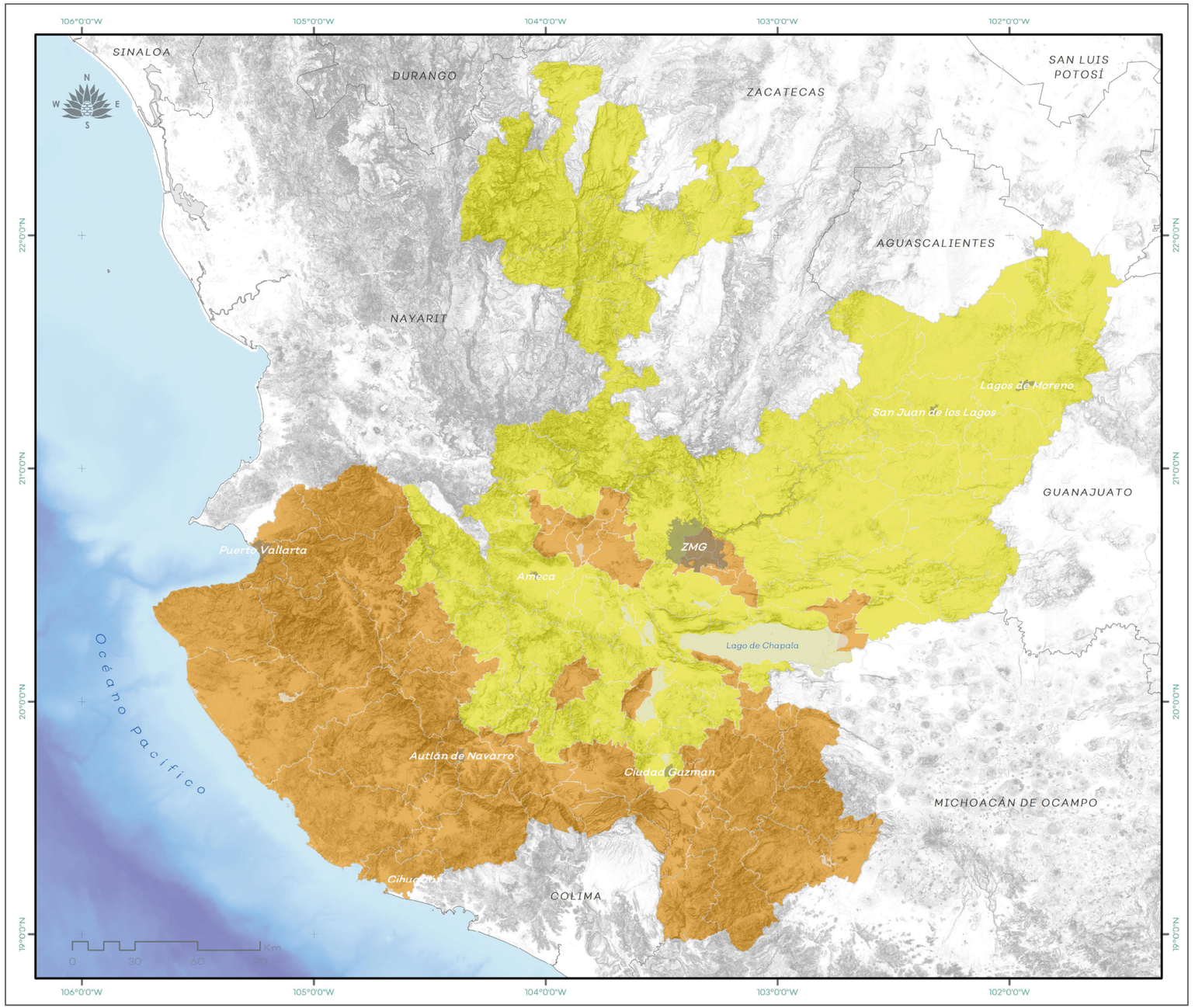
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Ambiental
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 21

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



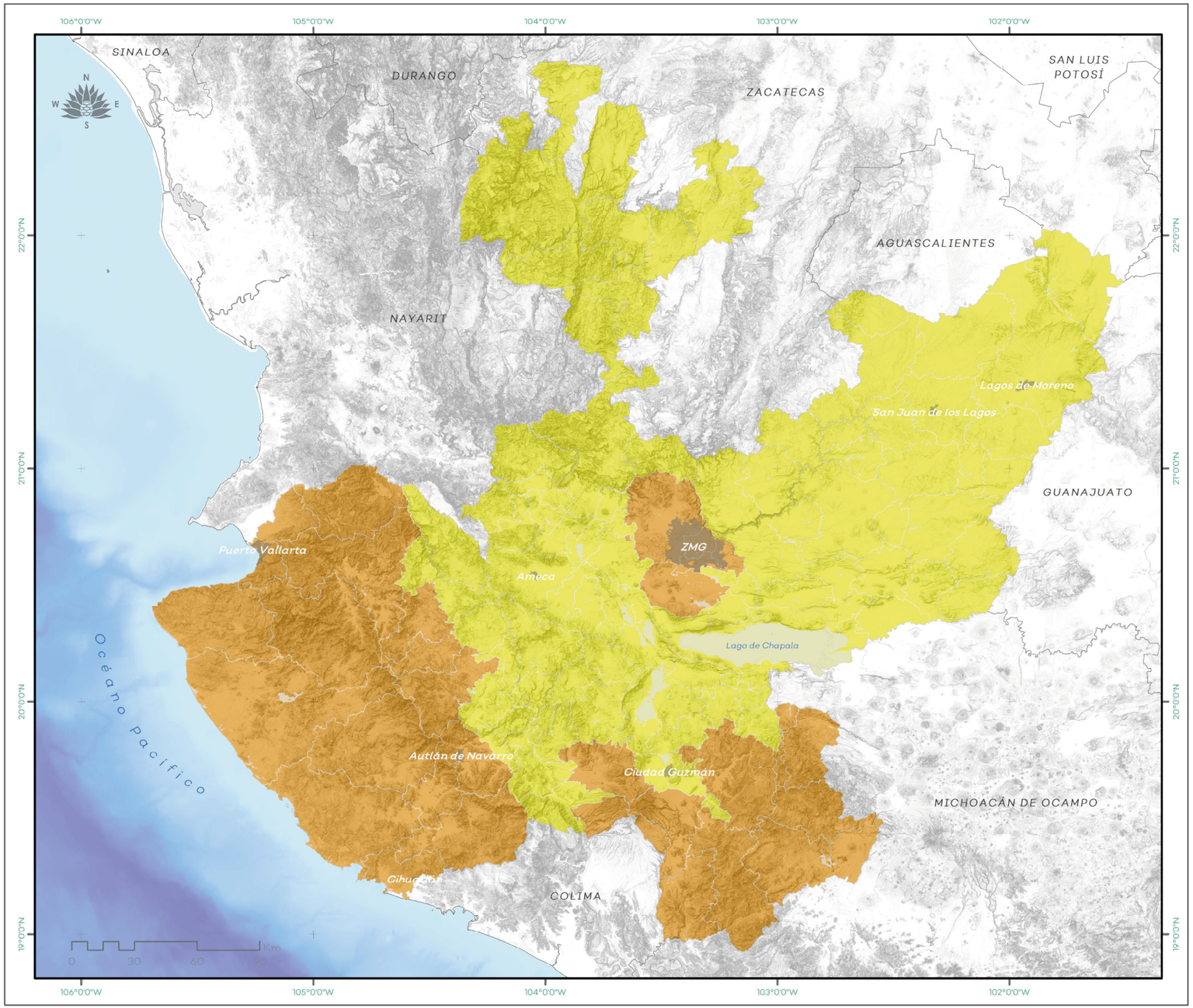
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Social
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 22

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



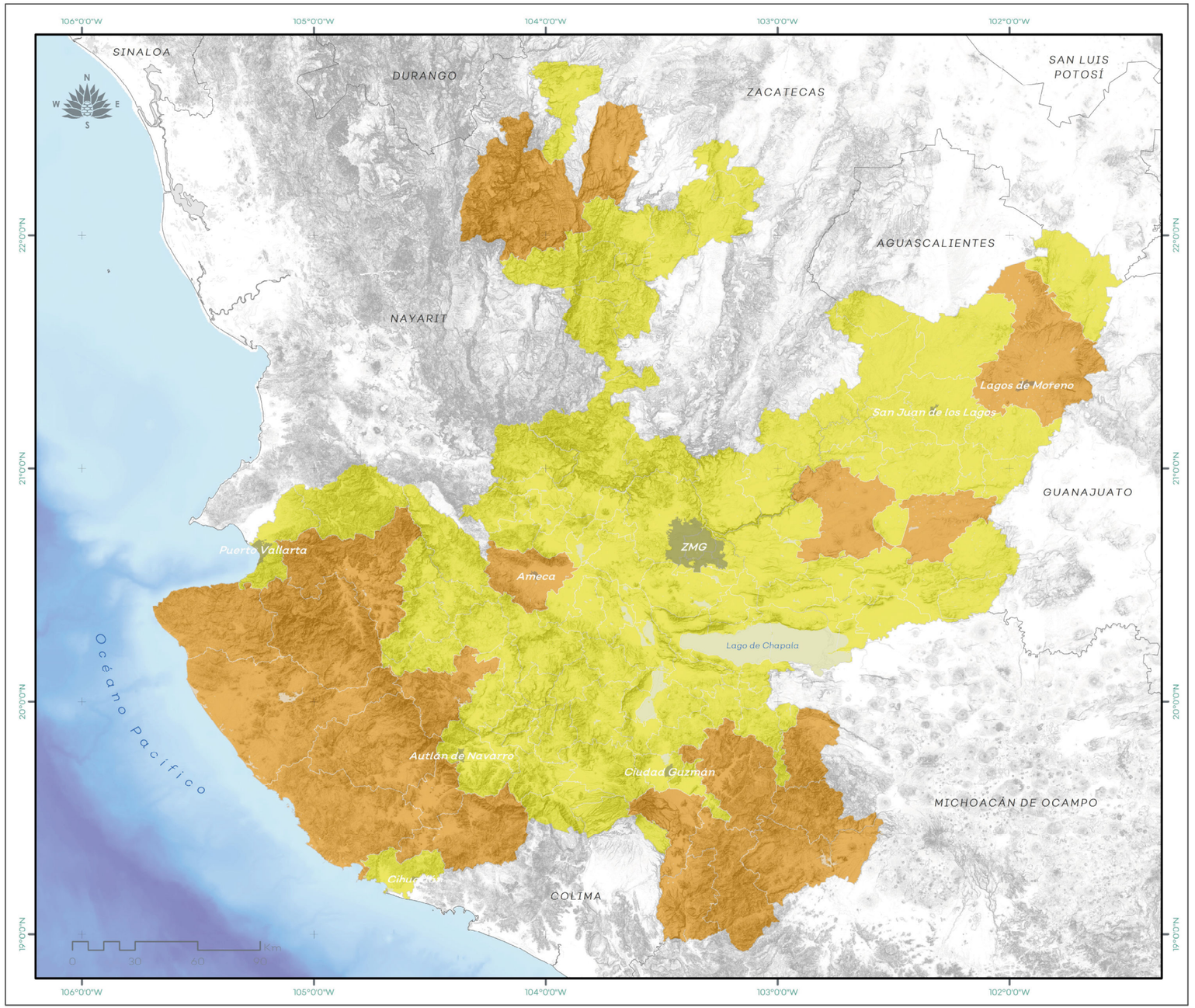
Parámetros Cartográficos

Proyección	CCL	Esferoide	GRS 1980
Dátum	ITRF 2008	Escala numérica	1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución, WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Económica
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 23

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



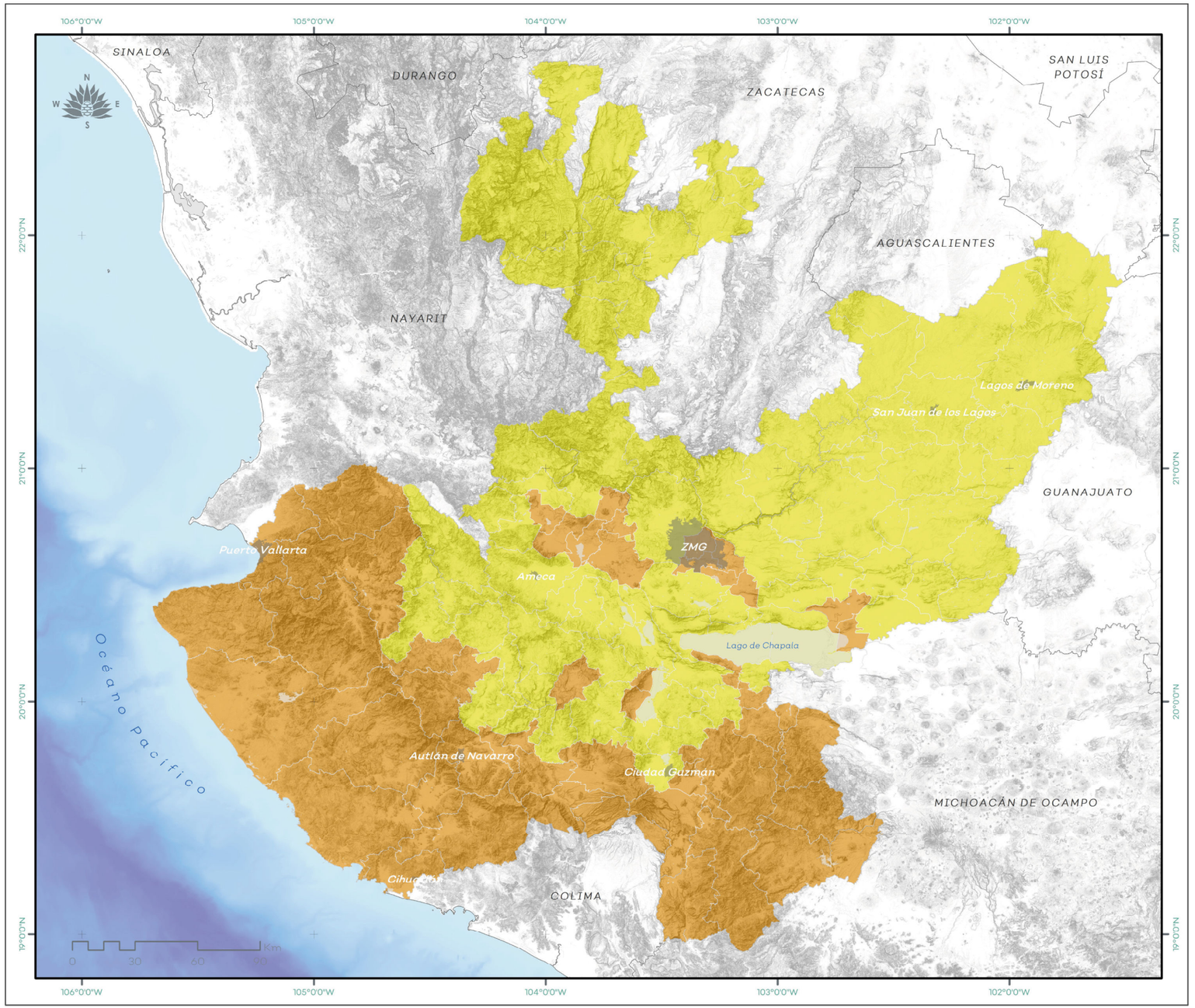
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución, WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Ambiental
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 24

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



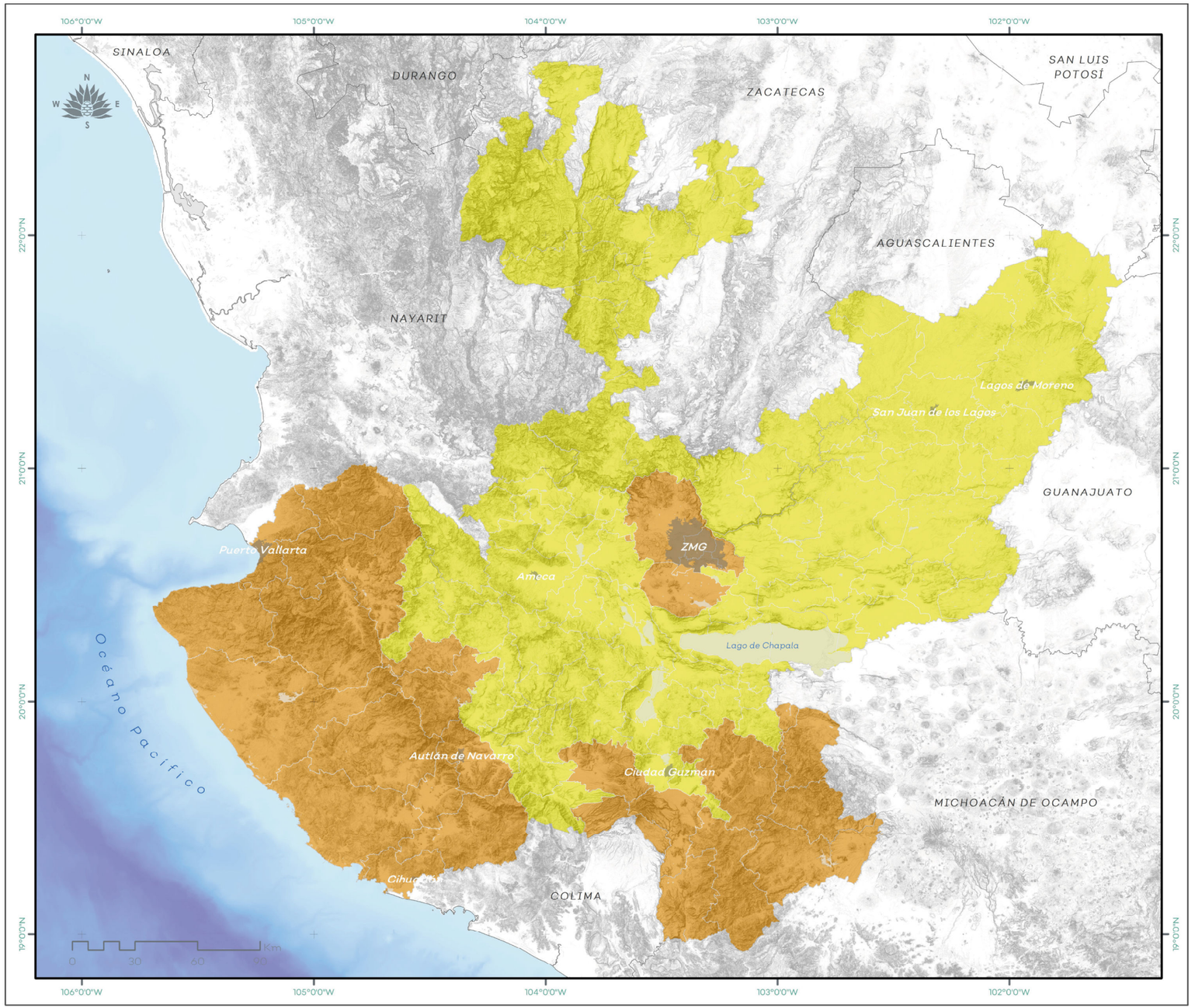
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Social
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 25

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



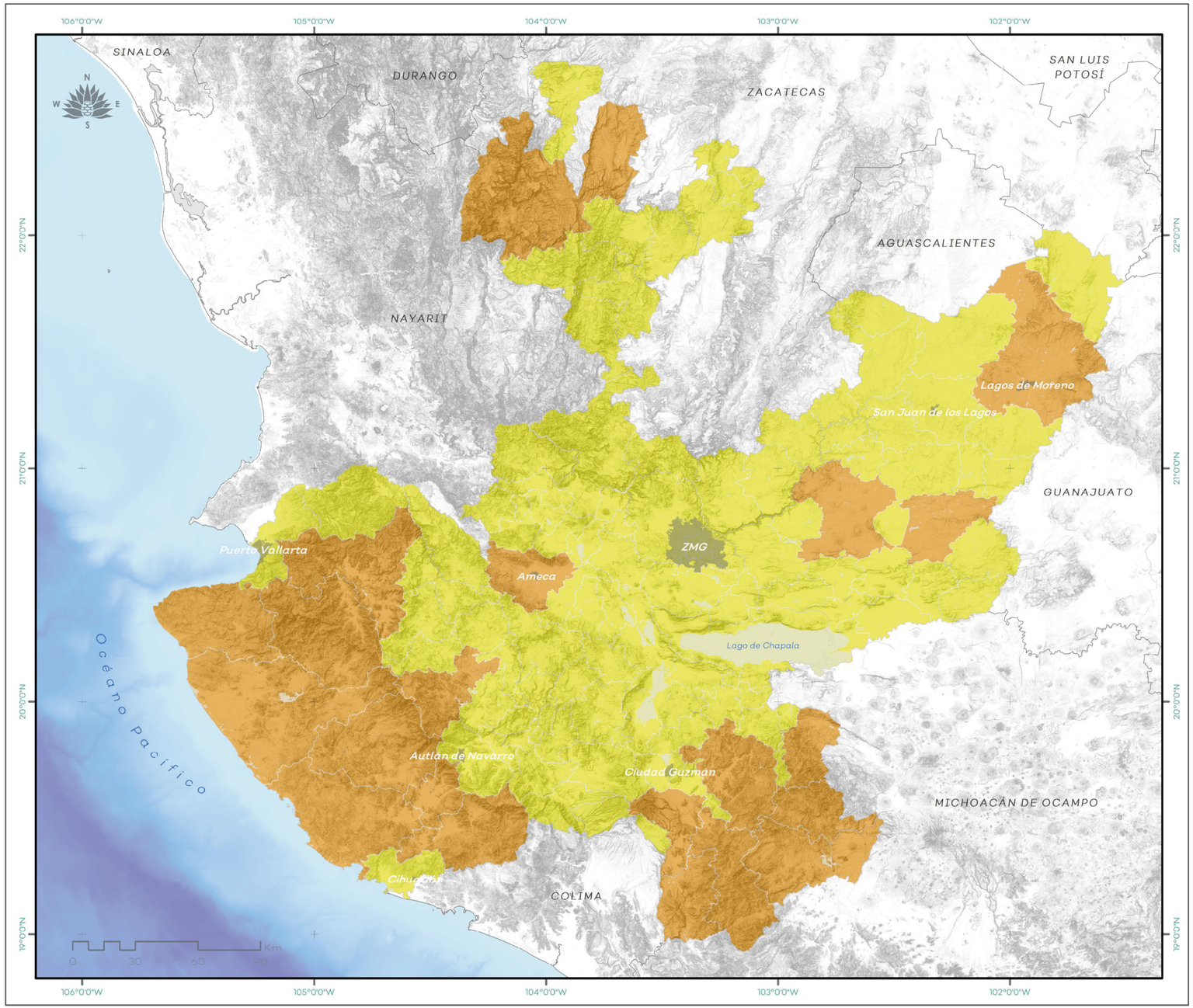
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Vulnerabilidad Económica
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 26

Leyenda Temática

Nivel

- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Vulnerabilidad ambiental, escenario 585 2021-2040

En este mapa se observa una vulnerabilidad de Media a Alta, sobre todo ésta última. En este escenario se tomó en cuenta el sistema ambiental que se refiere a la cobertura vegetal en el Estado. Las regiones con mayor vulnerabilidad Alta se refieren a la VIII - Costa Sur, VII - Sierra de Amula, VI - Sur y IX - Costa Sierra Occidental. Algunas otras que comparten una vulnerabilidad Alta y Media, son las regiones X - Valles, V - Sureste, XI - Lagunas, XII - Centro y IV - Ciénega. Y abarcando gran extensión en vulnerabilidad Media se encuentran las regiones I - Norte, II - Altos Norte y III - Altos Sur.

Vulnerabilidad social, escenario 585 2021-2040

En este mapa donde se tomó en cuenta la parte social, se presenta una vulnerabilidad de Media a Alta. Siendo las regiones VIII - Costa Sur, IX - Costa Sierra Occidental y VI - Sur con mayor vulnerabilidad Alta. Algunas regiones como X - Valles, XII - Centro, V - Sureste, VII - Sierra de Amula comparten una vulnerabilidad de Media a Alta. Y finalmente las regiones I - Norte, II - Altos Norte, III - Altos Sur, XI - Lagunas, IV - Ciénega mantienen en su mayoría un peligro Medio.

Vulnerabilidad económica, escenario 2021-2040

Para la vulnerabilidad económica se muestra un nivel de Medio, Alto y Muy Alto, siendo las regiones I - Norte, II - Altos Norte, III - Altos Sur, XII - Centro, VI - Sur, V - Sureste, X - Valles y VIII - Costa Sur las que comparten una vulnerabilidad Media y Alta. Y las regiones XI - Lagunas y IV - Ciénega presentan una vulnerabilidad Media en su totalidad. Las regiones VIII - Costa Sur y VI - Sur presentan zonas con peligro Muy Alto.

Vulnerabilidad ambiental, escenario 2041-2060

En este mapa se presenta una vulnerabilidad de Media a Alta, siendo las regiones VIII - Costa Sur, VI - Sur, IX - Costa Sierra Occidental, VII - Sierra de Amula y V - Sureste donde predomina la vulnerabilidad Alta. Y en regiones como I - Norte, II - Altos Norte, III - Altos Sur y IV - Ciénega se tiene una vulnerabilidad Media.

Vulnerabilidad social, escenario 585 2041-2060

Para la vulnerabilidad social se presenta en su mayoría un nivel Medio, desde la región II - Altos Norte, I - Norte, III - Altos Sur hacía las regiones IV - Ciénega, IX - Costa Sierra Occidental, VIII - Costa Sur y parte de X - Valles. En las regiones de IX - Costa Sierra Occidental, VIII - Costa Sur y VI - Sur se presenta una vulnerabilidad Alta.

Vulnerabilidad económica, escenario 585 2041-2060

Para la vulnerabilidad económica se muestra un nivel de Medio, Alto y Muy Alto, siendo las regiones I - Norte, II - Altos Norte, III - Altos Sur, XII - Centro, V - Sureste y VII - Sierra de Amula las que comparten una vulnerabilidad de Media a Alta, y solo las regiones XI - Lagunas y IV - Ciénega con una vulnerabilidad Media. Y las regiones de VIII - Costa Sur y VI - Sur presentan un nivel de vulnerabilidad Muy alta.

Vulnerabilidad ambiental, escenario SSP 370 (2021 - 2040)

Dentro de este horizonte temporal, el escenario SSP 370 da como resultado dos niveles de vulnerabilidad para el estado de Jalisco, los cuales corresponde de Medio a Alto, quedando de esta manera por regiones:

Con una totalidad de nivel Medio se encuentran las regiones: I Norte, II Altos Norte y III Altos Sur.
De Medio a Alto: IV Ciénega, V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula, IX Costa Sierra Occidental, X Valles, XI Lagunas, XII Centro.
Con un nivel Alto: VIII Costa Sur.

Vulnerabilidad social, escenario SSP 370 (2021 - 2040)

La vulnerabilidad social se encuentra en los niveles de Medio a Alto, a continuación se enlistan las regiones que se encuentran en cada nivel de vulnerabilidad:

Nivel Medio: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, X Valles, XI Lagunas.
Nivel Medio - Alto: V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula, IX Costa Sierra Occidental y XII Centro.
Nivel Alto: VII Costa Sur.

Vulnerabilidad económica, escenario SSP 370 (2021 - 2040)

Para el sector económico, el nivel de vulnerabilidad se encuentra dentro de los rangos de Medio a Alto, teniendo una distribución dentro de las regiones de la siguiente manera:

Nivel Medio: IV Ciénega, XI Lagunas y XII Centro.
Nivel Medio - Alto: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, V Sureste, VI Sur, VII Sierra de Amula, IX Costa Sierra Occidental y VIII Costa Sur.

Para los siguientes mapas, las representaciones corresponden al horizonte temporal lejano, que abarca la temporalidad de 20 años a partir del 2041 a 2060 de igual manera en cada uno de los sistemas establecidos a estudiar.

Vulnerabilidad ambiental, escenario SSP 370 (2041 - 2060)

Dentro del sector ambiental, los niveles de vulnerabilidad resultaron de Medio a Alto. Se enlistas las regiones en cada nivel correspondiente:

Nivel Medio: I Norte, II Altos Norte y III Altos Sur.
Nivel Medio - Alto: IV Ciénega, VII Sierra de Amula, X Valles, XI Lagunas y XII Centro.
Nivel Alto - Medio: V Sureste, VI Sur, IX Costa Sierra Occidental.
Nivel Alto: VII Costa Sur.
Vulnerabilidad social, escenario SSP 370 (2041 - 2060)

Los resultados obtenidos para este sector dentro de este escenario, nos muestra un nivel de Medio a Alto de vulnerabilidad social, teniendo una distribución por región de la siguiente manera:

Nivel Medio: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, IV Ciénega, X Valles y XI Lagunas.
Nivel Medio - Alto: V Sureste, VII Sierra de Amula y XII Centro.
Nivel Alto - Medio: VI Sur y IX Costa Sierra Occidental.
Nivel Alto: VIII Costa Sur.

Vulnerabilidad económica, escenario SSP 370 (2041 - 2060)

Para el sistema económico los niveles de vulnerabilidad corresponden de Medio a Alto, teniendo los resultados siguientes por región:

Nivel Medio: IV Ciénega, XI Lagunas y XII Centro.
Nivel Medio - Alto: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, V Sureste, VII Sierra de Amula, IX Costa Sierra Occidental y X Valles.

Nivel Alto - Medio: VIII Costa Sur.

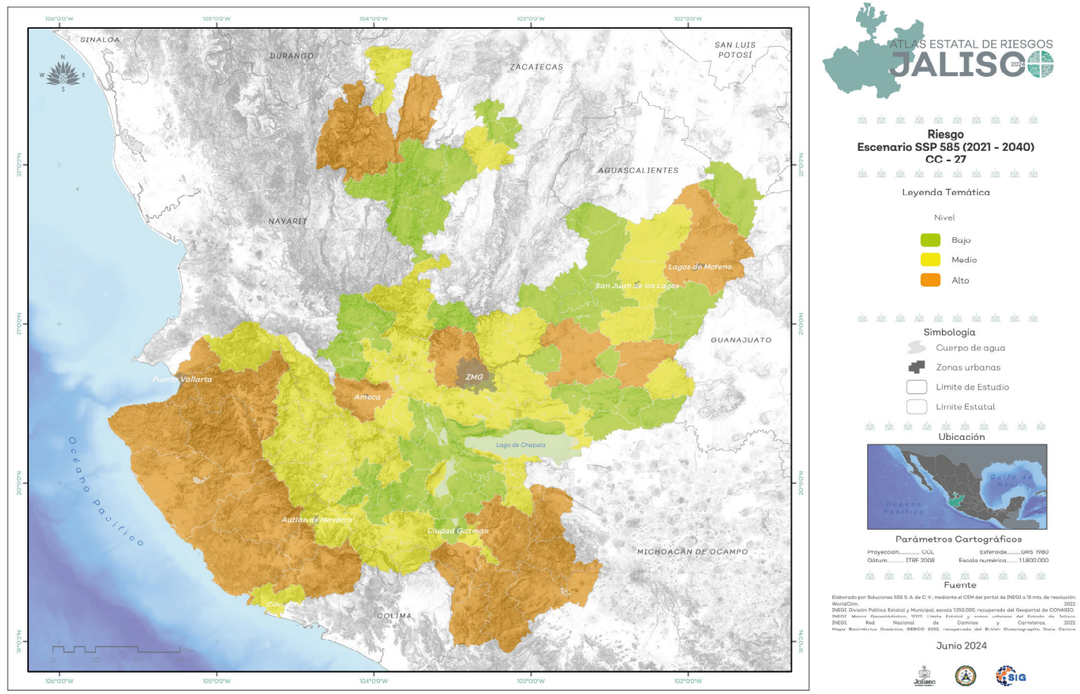
1.3.1.3. Riesgo

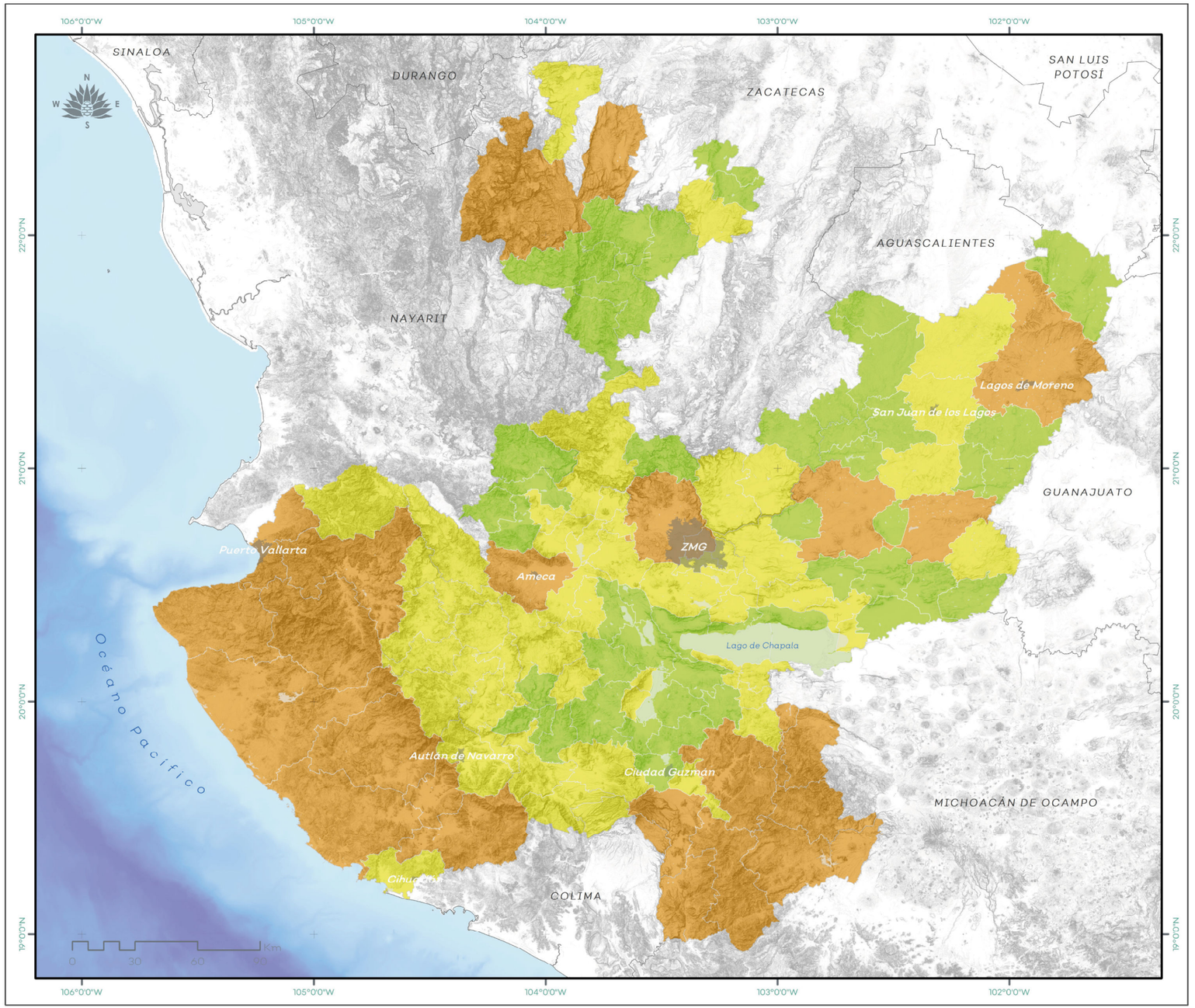
A medida que las condiciones climáticas cambian, se observan fenómenos meteorológicos y climáticos más frecuentes e intensos, que incluyen tormentas, calor extremo, inundaciones, sequías e incendios forestales. Estos riesgos meteorológicos y climáticos repercuten en cada uno de los sistemas expuestos, tanto en el ambiental, como en el social y en el económico, aumentando el riesgo de mortalidad, las enfermedades no transmisibles, la aparición y propagación de enfermedades infecciosas, pérdidas económicas en los sectores agropecuario y agrícola, así como en los sistemas expuestos e infraestructura eléctrica (OMS, 2024).

Para salvaguardar el desarrollo en áreas afectadas por la variabilidad y el cambio climático es necesario gestionar los riesgos asociados a las amenazas climáticas. La variabilidad del sistema climático genera que los fenómenos extremos sean cada vez más intensos, las alteraciones de los promedios climáticos regionales debidas al calentamiento global van acompañadas de cambios en la frecuencia e intensidad de estos fenómenos extremos (PNUD, 2010)).

La exposición a riesgos relacionados con el clima, sumada a las condiciones de vulnerabilidad y capacidad insuficiente para reducir o responder a sus consecuencias, causan graves desastres y pérdidas. La gestión de los riesgos asociados al clima constituye, por lo tanto, un factor clave para el desarrollo. La identificación y reducción de estos riesgos puede ayudar a proteger a las personas, sus medios de vida y sus bienes, contribuyendo así a la consecución de los objetivos de desarrollo (PNUD, 2010)

Es por lo anteriormente mencionado que dentro de la matriz multicriterio que se desarrolló, se consideraron las variables de exposición para cada uno de los sistemas (ambiental, social y económico) en conjunto a las amenazas climáticas y la vulnerabilidad para cada uno de los escenarios en los horizontes temporales establecidos que se muestran a continuación:





ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo
Escenario SSP 370 (2021 - 2040)
CC - 28

Leyenda Temática

Nivel

- Bajo
- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpo de agua
- Zonas urbanas
- Límite de Estudio
- Límite Estatal

Ubicación



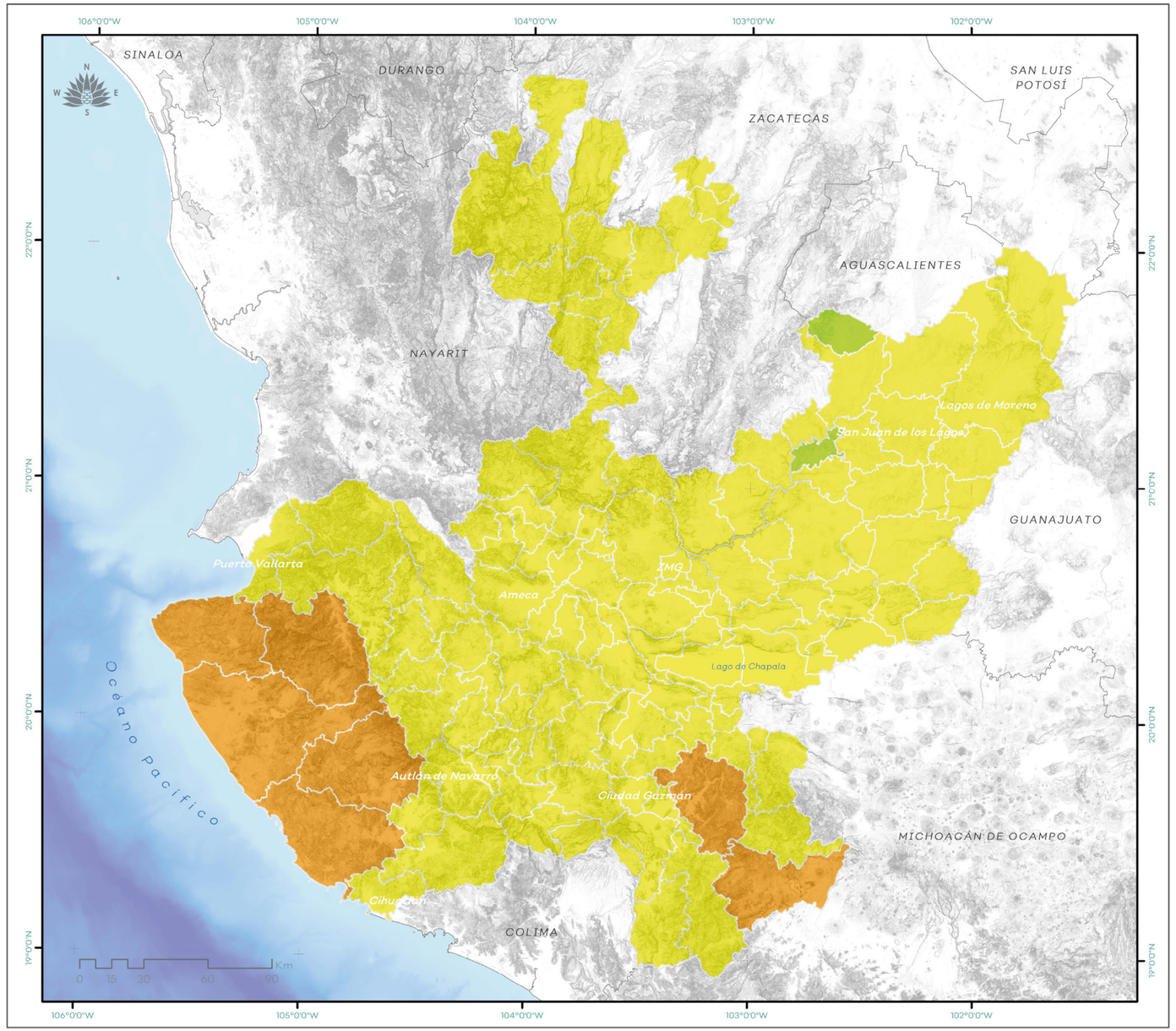
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo
Escenario SSP 585 (2041 - 2060)
CC - 29

Leyenda Temática

Nivel

- Bajo
- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



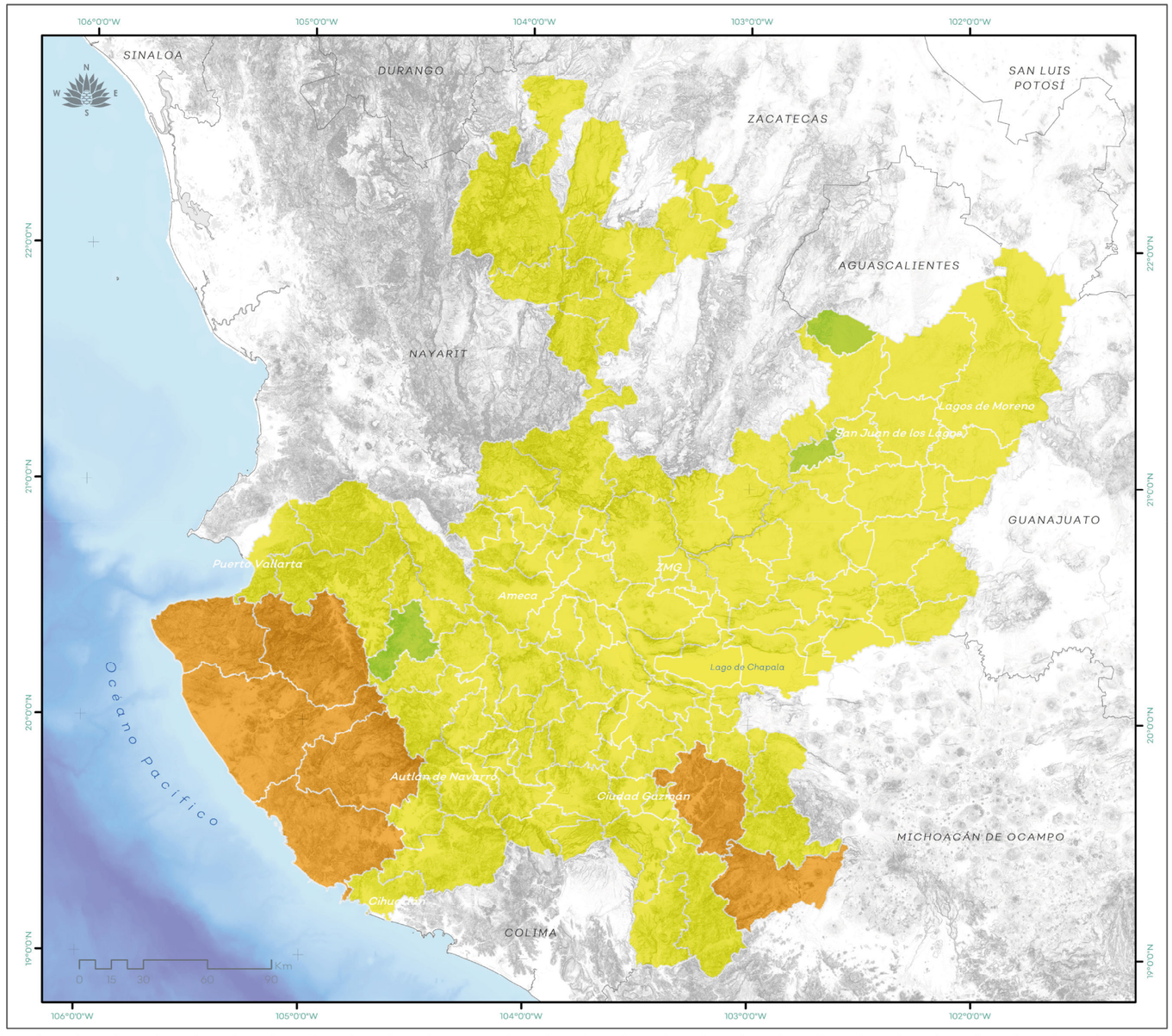
Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldGlim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Riesgo
Escenario SSP 370 (2041 - 2060)
CC - 30

Leyenda Temática

Nivel

- Bajo
- Medio
- Alto

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
WorldClim, 2022.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

Escenario SSP 585 y escenario SSP 370 (2021 - 2040)

Dentro de los resultados obtenidos para las proyecciones del escenario SSP 585 y SSP 370 se puede visualizar una distribución de los niveles de Bajo a Alto sin cambio alguno, en cada uno de los mapas realizados, la distribución de los niveles de riesgo en las diferentes regiones no tiene una variación, quedando de la siguiente manera:

Nivel Bajo a Medio: IV Ciénega, VII Sierra de Amula y XI Lagunas.
Nivel Bajo - Medio - Alto: I Norte, II Altos Norte, III Altos Sur, V Sureste, VI Sur, X Valles y XII Centro.
Nivel Medio - Alto: VII Costa Sur y IX Costa Sierra Occidental.

Para el escenario SPP 370 y 585 2041 – 2060 se muestra un nivel de riesgo de Bajo a Alto, abarcando gran parte del Estado un nivel Medio de riesgo, sobre todo regiones como I – Norte, X – Valles, XII – Centro, IV – Ciénega, XI – Valles, V – Sureste y VII – Sierra de Amula. Tres regiones que comprenden IX – Costa Sierra Occidental, VIII – Costa Sur y VI - Sur mantienen un peligro Alto. La única diferencia para estos dos escenarios es que para el escenario 585, el municipio de Atenguillo pasa de un peligro Bajo a Medio.

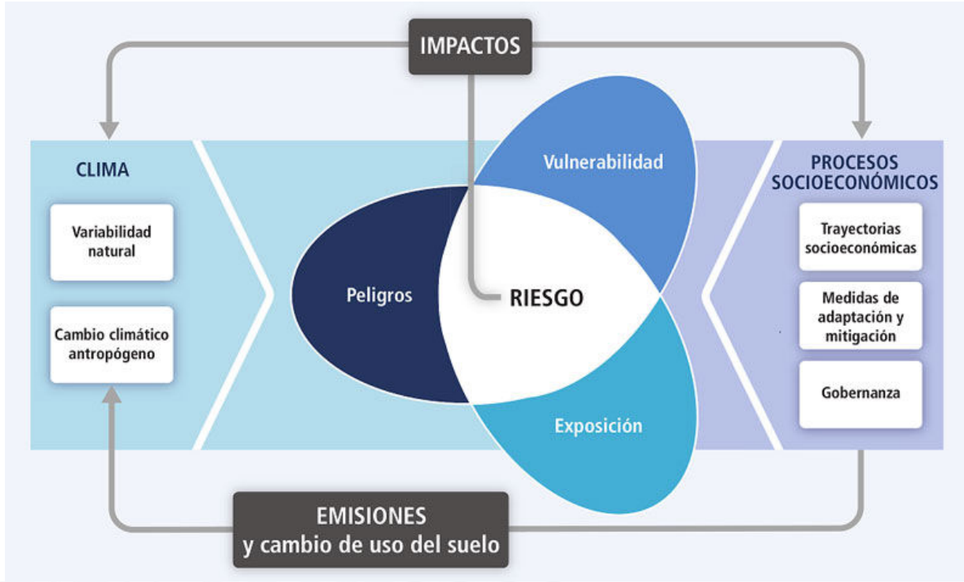
1.3.1.4. Capacidad adaptativa

La capacidad adaptativa corresponde a las capacidades, recursos e instituciones, que permitan detonar procesos de adaptación, en acompañamiento del diseño e implementación de medidas de adaptación efectivas para la reducción de la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas. En este sentido, algunos elementos que se derivan de la capacidad adaptativa son los referentes a la articulación de acciones, recursos financieros e instrumentos de planeación vinculados con adaptación al cambio climático, que tengan una coherencia territorial en función de las problemáticas detectadas, asimismo, se deben de considerar las estructuras administrativas, el marco legal y las redes de cooperación y coordinación entre diversos actores (INECC, 2016).

Es así que la incapacidad de afrontar los efectos negativos del cambio climático implica exponer a grupos poblacionales a riesgos y peligros de diferente índole, por lo tanto, la gestión efectiva del riesgo a los efectos del cambio climático implica generalmente una cartera de acciones para reducir este y responder a los eventos y desastres, en lugar de un enfoque único en cualquier acción o un solo tipo de acción (confianza alta). Estos enfoques integrados son más eficaces cuando son informados e incorporados a las circunstancias locales (INECC, 2016).

Jalisco es vulnerable a los efectos del cambio climático, al igual que varias entidades del país y en décadas recientes se han presentado algunos efectos relacionados con este fenómeno, por ejemplo: disminución en la disponibilidad de agua, inundaciones, sequías y un alza en enfermedades como dengue o infecciones diarreicas agudas. De acuerdo con las características geográficas y a las condiciones socio ambientales, económicas y de salud, el problema puede intensificarse en algunas regiones del estado, por lo que la implementación de medidas de adaptación debe de realizarse a nivel local respondiendo a las condiciones particulares de cada una de las entidades (INECC, 2016).

Imagen CC- 01. Conceptos básicos de la contribución del Grupo de Trabajo II al 5to Informe de Evaluación del IPCC

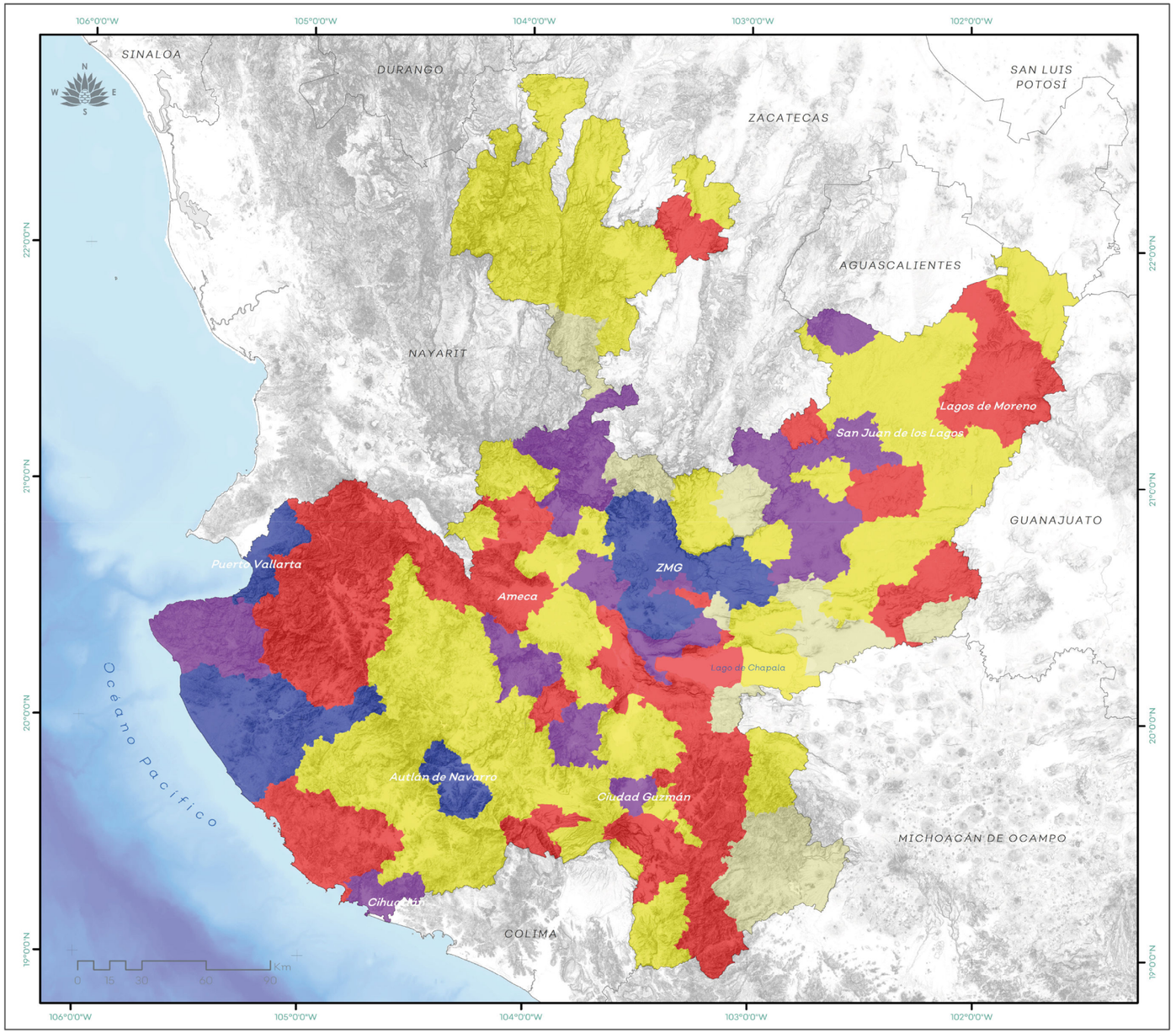


Fuente: INECC, 2016.

Para abordar este apartado se consideraron aquellos programas con los que cuenta cada uno de los municipios para la gestión de su territorio, es decir, se contabilizaron los instrumentos de planeación y de gestión que tienen cada uno, esto a partir de la información que proporciona SEMARNAT de los Ordenamientos Ecológicos Expedidos, donde se tomaron en cuenta los siguiente Instrumentos:

- Atlas de Riesgo
- Junta Intermunicipal de Medio Ambiente
- Programa de Desarrollo Municipal (PDM)
- Programa Municipal de Cambio Climático (PCC)
- Programa o Plan de Desarrollo Urbano Municipal (PDU)
- Programa de Ordenamiento Ecológico Local y Desarrollo Urbano (POEL)
- Programa o Plan Municipal de Movilidad (transporte eficiente y sustentable, público y privado) (PMM)

En el Mapa CC-31, se observa que en general el Estado cuenta con 1 a 6 programas relacionados con el Cambio Climático. De los 125 municipios que cuenta Jalisco 13 cuentan con 1 programa, 60 con dos programas, 29 con 3, 15 con 4, 7 con 5 y solo un municipio con 6 programas de los que se consideraron para este estudio. Los resultados nos alertan para poner más atención en la elaboración de programas que atiendan el Cambio Climático, ya que con ello los municipios pueden enfrentar adecuadamente los cambios que ha propiciado este fenómeno dentro del Estado.



ATLAS ESTATAL DE RIESGOS
JALISCO 2024

Programas Ante el Cambio Climático por Municipio CC - 31

Leyenda Temática

Número de programas

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5 - 6

Simbología

- Cuerpos de Agua
- Zonas Urbanas
- Límite de Estudio
- Limite Estatal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Proyección..... CCL
Dátum..... ITRF 2008
Esferoide..... GRS 1980
Escala numérica..... 1:1,800,000

Fuente

Elaborado por Soluciones SIG S. A. de C. V., mediante el CEM del portal de INEGI a 15 mts. de resolución.
Ordenamientos Ecológicos Expedidos, SEMARNAT, 2023.
INEGI. División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, recuperado del Geoportal de CONABIO.
INEGI. Marco Geoestadístico, 2022. Límite Estatal y zonas urbanas del Estado de Jalisco.
INEGI. Red Nacional de Caminos y Carreteras, 2022.
Mapa Batimétrico Oceánico, GEBCO 2022, recuperado del British Oceanographic Data Centre.

Junio 2024

2. Bibliografía

- Alcántara Ayala, I. (2000). índice de Susceptibilidad a Movimientos del terreno y su aplicación a una región semiárida. BRevista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 17, número 1, 2000, p. 66-75, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. [En línea] México Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/572/57217105.pdf>
- Arcos Serrano, M. E., & Izcapa Treviño, C. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. Ciudad de México: CENAPRED.
- Arcos Serrano, M. E., & Izcapa Treviño, C. (2003). Identificación de peligros por almacenamiento de sustancias químicas en industrias de alto riesgo en México. Ciudad de México: CENAPRED.
- Atlas Nacional de Riesgos. (CENAPRED). http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html
- Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. (2016). Reporte sectorial de la Dirección de Estudios Económicos. Obtenido de https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2018/12/Infograf%C3%ADa_Transporte-y-
- Log%C3%ADstica_2016.pdf
- Banco Nacional del Comercio Exterior, S.N.C. (2016). Reporte sectorial de la Dirección de Estudios Económicos. Obtenido de https://www.bancomext.com/pymex/wp-content/uploads/sites/6/2018/12/Infograf%C3%ADa_Transporte-y Log%C3%ADstica_2016.pdf
- Bard, P. (1999). Microtremor measurements: A tool for site effect estimation? The Effects of Surface Geology on Seismic Motion, Irikura, Kudo, Okada & Sasatani (eds). 1999 Balkema, Rotterdam, ISBN 90 5809 030 2.
- Barros, Vicente. (2014). Alerta tierra: el cambio climático global. 1era edición. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Libros del Zorzal. Buenos Aires, Argentina.
- Brunori, C., Bignami, C., Zucca, F., Groppelli, G., Norini, Gianluca., Dávila-Hernández, N., and Stramondo, S. (2014). Ground Fracturation in Urban Area: Monitoring of Land Sudsidence Controlled by Buried Faults with InSAR Techniques
- Ciudad Guzmán: Mexico). Engineering Geology for Society and Territory. Vol5. DOI: 10.1007/978-3-319-09048-1_196. Spring International Publishing Switzerland 2015.
- Building Seismic Safety Council. (2003). NEHRP Recommendations Provisions For Seismic Regulations For New Buildings And Other Structures (FEMA 450).
- Cárdenas, C. (31 de Marzo de 2009). Sismos Importantes en México. Obtenido de Departamento de Sismología del Instituto de Geofísica de la UNAM: https://es.wikipedia.org/wiki/Terremoto_de_Guerrero_de_1907#cite_note-SSN-CCM-2
- Castillo, A. G. (2015). Construcción y Operación de la Estación de Servicio "Andrés García Castillo". Tabasco: Estudio de Riesgo Ambiental.
- Castillo, A. G. (2015). Construcción y Operación de la Estación de Servicio "Andrés García Castillo". Tabasco: Estudio de Riesgo Ambiental.
- CENAPRED. (2007). Riesgos Químicos-serie Fascículos. Ciudad de México: Cenapred.
- CENAPRED. (2007). Riesgos Químicos-serie Fascículos. Ciudad de México: Cenapred.
- CENAPRED. (2010). Riesgos Químicos (2.ª ed., pp. 7–28). (2.ª ed.). Ciudad de México: Violeta Ramos Radilla. Obtenido de: fasc quimicos 2007.p65 (unam.mx)
- CENAPRED. (2010). Tormentas Severas (1.ª ed., pp. 23–33). (1.ª ed.). Ciudad de México: Violeta Ramos Radilla. Obtenido de: cenapred.unam.mx/es/Publicaciones/archivos/189FASCCULOTORMENTASSEVERAS.PDF
- CENAPRED. (2014). Fenómenos Hidrometeorológicos . Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED. (2014). Tsunamis. México: Centro Nacional Prevención de Desastres.
- CENAPRED, (2016). Curso. Causas que propician el deslizamiento y su prevención. [En línea]
- CENAPRED, (2016). Análisis de umbrales de lluvia que detonan deslizamientos y sus posibles aplicaciones. [En línea] México Disponible en: https://www1. cenapred.unam.mx/COORDINACION_ADMINISTRATIVA/SRM/FRACCION_XLI_A/23.pdf
- CENAPRED. (2016). Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- CENAPRED. (2016). Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. En CENAPRED, Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (pág. 67). Ciudad de México.
- CENAPRED. (2016). Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.
- CENAPRED. (2016). Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos. En CENAPRED, Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (pág. 67). Ciudad de México.
- CENAPRED (2019). Curso “Métodos de Análisis de Inestabilidad de Laderas”. [En línea] México
- CENAPRED. (10 de Julio de 2020). Blog. Obtenido de Onda de calor en México: https://www.gob.mx/cenapred/articulos/onda-de-calor-en-mexico
- Cenapred. (2021). Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Ciudad de México : Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- CENAPRED. (2021). Infografía "Tormentas Eléctricas". Gobierno de México. Obtenido de: tormentas eléctricas2020_web (unam.mx)
- CENAPRED. (2023). Atlas Nacional de Riesgos. Gobierno de México. Obtenido de Mapa interactivo: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/archivo/visor-capas.html
- Chávez, M. (1999). Efectos de sitio en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 70-79.
- Chávez, M. (1999). Efectos de sitio en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 70-79.
- Chávez, M., Olsen, K. B., Cabrera, E. y Perea, N. (2011). Observations and modeling of strong ground motions for the 9 october 1999 Mw 8 Colima-Jalisco, Mexico, earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 101, no. 5, pp. 1979-2000.
- Chávez, M., Olsen, K. B., Cabrera, E. y Perea, N. (2014). Observations and modeling of strong ground motions for the 9 october 1999 Mw 8 Colima-Jalisco, Mexico, earthquake. Bulletin of the Seismological Society of America, vol. 101, no. 5, pp. 1979-2000.
- CONAGUA. (2010). Estaciones Climatológicas. Obtenido del Mapa de descargas:
- Cordero Devesa, D. A., & Jiménez Espinosa, M. (Marzo de 2021). Actividad 4-1: Actualización de capas de índice de peligro Y riesgo del ANR por ondas cálidas y ondas gélidas. Obtenido de CENAPRED: https://www1.cenapred.unam.mx/DIR_INVESTIGACION/2021/1er_Trimestre/FRACCION_XLI/RH/210226_RH_Informe_actividad_4_1.pdf
- Cruz, G., & Wyss, M. (1983). Large earthquakes, mean sea level, and tsunamis along the Pacific Coast of Mexico and Central America. Bulletin of the Seismological Society of America, 553-570.
- Cruz, J. (2014). El Comportamiento de la temperatura ante el cambio climático en Jalisco y en la Zona Metropolitana de Guadalajara. CONAHCYT. Obtenido de: https://occidente.ciesas.edu.mx/calorenguadalajarajalisco/
- DOF. (2012). Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2012). Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación.
- DOF. (2014). REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE EN MATERIA DE AUTORREGULACIÓN Y AUDITORÍAS

AMBIENTALES. En DOF. CDMX. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MAAA_311014.pdf
- DOF. (2016). ANEXO 20 Procedimiento para la elaboración de mapas de peligro por el transporte terrestre de materiales peligrosos. Guía de contenido mínimo para la elaboración de atlas de riesgos, 7.
- DOF. (2023). Ley General de Salud. En DOF. CDMX: DOF.
- Duarte, C. M., Alonso, S., Benito, G., Dachs, J., Montes, C., Pardo Buendía, M., … Valladares, F. (2006). Cambio Global. Impacto de la actividad humana sobre el sistema Tierra. CSIC. Consejo superior de investigaciones científicas.
- Escudero, C. R., Ramírez-Gaytán, A., Zamora-Camacho, A., Preciado, A., Flores, K. L. y Gómez-Hernández, A. (2022). Geotechnical zonation and soil-structure interaction at Puerto Vallarta, México. Natural Hazards, vol. 110, pp. 247-267.
- Fellmann T. (2012). The assessment of climate change-related vulnerability in the agricultural sector: reviewing conceptual frameworks, pp.37-61, In. A. Meybeck, J. Lankoski et al. (Eds. 2012) Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector Proceedings of a Joint FAO/OECD Workshop, FAO Rome.
- Ferrari, L. (2000). Avances en el conocimiento de la faja volcánica transMexicana durante la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 53(1), 84-92. https://doi.org/10.18268/bsgm2000v53n1a5
- Ferrari, L., Pasquare, G., Venegas, S., Castillo, D. y Romero, F. (1994). Regional tectonics of western Mexico and its implications for the northern boundary of the Jalisco block. Geofisica Internacional, vol. 33, pp. 139–151.
- Ferrari, L., Pasquaré, G., Venegas-Salgado, S. y Romero-Ríos, F. (2000). Geology of the western Mexican Volcanic Belt and adjacent Sierra Madre Occidental and Jalisco Block, in Delgado-Granados, H., Aguirre-Díaz, G., and Stock, J. M., eds., Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico: Boulder, Colorado, Geological Society of America, Special Paper 334.
- Gaceta Municipal Puerto Vallarta (GMPV). (2018). Reglamento de Construcción para el Municipio de Puerto Vallarta y sus Normas Técnicas complementarias.
- García Franco, Jorge L. Ondas gélidas en ¿Cómo ves? Artículo 254, en https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/254/ondas-gelidas
- García López, Manuel. (1996) Manual de estabilidad de taludes. Instituto Nacional de VíasGarcía, L. V. V. J. G. R. E., Rosas, J. G., García, E., Almeida, M., Zamora, P. G., & Baltazar, J. M. (2004). Formación de grietas, hundimientos y repercusiones sociales en el poblado de Ameca, Jalisco. Carta Económica Regional, 17(89), 3-9. https://doi.org/10.32870/cer.v0i89.5727
- Gobierno de Jalisco. Atlas municipal de riesgos por fenómenos naturales del municipio de Tonalá, Jalisco.
- Gobierno Municipal de Guadalajara (GMG). (2011). Atlas de riesgos naturales del municipio de Guadalajara.
- Gómez-Tuena, A., Orozco-Esquivel, T., & Ferrari, L. (2005). Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. Boletín De la Sociedad Geológica Mexicana, 57(3), 227-283. https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a2
- Gustavo, & Wilches-Chaux. (1989). La vulnerabilidad global . Obtenido de La vulnerabilidad global :
- https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional-emergencias/files/documentos/publicaciones/La+vulnerabilidad+social%20WILCHES+CHAUX.pdf
- Hernández, M. (2023). No hubo personas lesionadas o intoxicadas por el incendio o el derrame de los químicos. Círculo Informador. Se incendia fábrica de químicos en colonia Ferrocarril (informador.mx)
- Hernández-Estrada A., Reinoso-Angulo, E., Huerta-Garnica, B., Ordaz-Schroeder, M., Lermo-Samaniego, J y Veras-Felipe,
- L. (2013). Revisión de los efectos de sitio en las ciudades de Puebla, Guadalajara y Acapulco. Congreso Nacional de Ingeniería Sismológica. Sociedad Mexicana de Ingeniería Sismológica, 2013.
- Herrera Alanís, J. L. (2012). Criterios existentes de Olas de Calor. En J. L. Herrera Alanís, Análisis de olas de calor en la República Mexicana (págs. 73-78). México, D. F.: UNAM.
- Hubp, J. L. (2011). Diccionario geomorfológico (Primera). Instituto de Geografía UNAM.
- IIEG. (2023). El peligroso aumento de la temperatura. STRATEGOS. Obtenido de: El peligroso aumento de la temperatura | IIEG | Strategos
- INECC (2021). ¿Qué es el cambio climático? En México ante el Cambio Climático, Sitio oficial del país [en línea] Recuperado el 21 de abril de 2024 en https://cambioclimatico.gob.mx/que-es-el-cambio-climatico/
- INECC.2023. Evidencias del cambio climático en México ante el Cambio Climático. [en línea] Recuperado el 9 de mayo de 2024 en https://cambioclimatico.gob.mx/evidencias-del-cambio-climatico/
- INEGI. (2020). Censo de población y vivienda 2020.
- INEGI. (2020). Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. Obtenido del Mapa Digital de México y en Espacio Y datos de México: Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas. DENUE (inegi.org.mx)
- Información Estadística Climatológica (conagua.gob.mx)
- IPCC, 2014: Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas, Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre El Cambio Climático (IPCC).
- Isabel, P. (11 de Noviembre de 2018). Cinturón de fuego Zona de Sismos Y Volcanes . Obtenido de Ciencia UNAM : http://ciencia.unam.mx/leer/807/cinturon-de-fuego-zona-de-sismos-y-volcanes-
- Keller, E. B. (2004). Riesgos Costeros. En E. B. Keller, En Riesgos Naturales Procesos de la Tierra como riesgos, desastres Y catástrofes (pág. 448). Madrid: Pearson.
- Kyodo. (12 de Marzo de 2011). Tsunami de 10 metros observado en el puerto de Sendai en Miyagi Pref. The mainichy Daily news.
- Lee, J. A., & Gill, T. E. (2015). Multiple causes of wind erosion in the Dust Bowl. Aeolian Research, 19, 15-36.
- Lermo, J., Chávez-García, J. (1993). Site effect evaluation using spectral ratios with only one reason. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 83, No. 5, pp.1574-1594, Octuber 1993.
- Lermo, J., Chávez-García, J. (1994). Are microtremors useful in site respond evaluation? Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 84, No. 5, pp.1350-1364, Octuber 1994.
- Lermo, J., Gutiérrez, C., Morales, J., Singh, S. K. y Cabrera, R. (1989). Estudio de periodo dominante del suelo en la zona Urbana de Ciudad Guzmán, Jal. VIII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Acapulco, Gro, vol. 1, pp. 87-94.
- Lermo, J., Santoyo, M., Jaimes, M., Antayhua, Y., and Chavacán, M. (2016). Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 106, No. 4, pp.1423-1437, August 2016, doi: 10.1785/0120150189.
- Luhr, J., Nelson, S. A., Allan, J. y Carmichael, I. S. E. (1985). Active rifting in southwestern Mexico: Manifestations of an Incipient eastward spreading-ridge jump. Geology, vol. 13, pp. 54–57.
- Macias G, A. (28 de Mayo de 1960). Más de dos mil muertos y heridos. Obtenido de La cruz del sur: https://web.archive.org/web/20131207173335/http://www.memoriasdelsigloxx.cl/contenidos/archivosMultimedia/MSXX025032.pdf
- Macías, J. L. (2005). Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 57(3), 379-424. https://doi.org/10.18268/bsgm2005v57n3a6

- Manual de Diseño de Obras Civiles (MDOC). (2015). Capítulo C.1.3: Diseño por Sismo. Comisión Federal de Electricidad.
- Martínez, J. y Fernández, A. (compiladores). 2004. Cambio Climático: una visión desde México. INE, SEMARNAT.
- Mastin, L. G., Guffanti, M., Servranckx, R., Webley, P. W., Barsotti, S., Dean, K., Durant, A. J., Ewert, J. W., Neri, A., Rose, W. I., Schneider, D. J., Siebert, L., Stunder, B. J. B., Swanson, G., Tupper, A., Volentik, A. C., & Waythomas, C. F. (2009). A Multidisciplinary effort to assign realistic source parameters to models of volcanic ash-cloud transport and dispersion During eruptions. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 186(1-2), 10-21. https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2009.01.008
- Moore, G., Marone, C., Carmichael, I. S. E. y Renne, P. (1994). Basaltic volcanism and extension near the intersection of The Sierra Madre volcanic province and the Mexican Volcanic Belt. Geological Society of America Bulletin, vol. 106, pp. 383–394.
- Mortera-Guitiérrez, C., Brandy, W., Ponce-Núñez, F., and Pérez-Calderón, D. (2016). Pure and Applied Geophysics. Vol 173, 2016. DOI: 10.1007/s00024-016-1384-y. Springer International Publishing.
- Nakamura, Y. (1989). A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. Quartely Report of Railway Technical Research Institute, Vol. 30, pp. 25 25-30.
- Nature Action. (2022). El aumento de las temperaturas mundiales es alarmante. ONU. Obtenido de: El aumento de las Temperaturas mundiales es alarmante (unep.org)
- Newhall, C. G., & Self, S. (1982). The Volcanic Explosivity Index (VEI) an estimate of explosive magnitude for historical Volcanism. Journal of Geophysical Research, 87(C2), 1231-1238. https://doi.org/10.1029/jc087ic02p01231
- NOAA. (22 de Mayo de 2020). Serie historica de tsunamis Chile 1960. Obtenido de National Oceanic And Atmospherical Administration: https://sos.noaa.gov./datasets/tsunami-historical-series-chile-1960/
- Norini, G., Capra, L., Groppeli, G., Agliardi, F., Pola, A., and Cortes, A. (2010). Structural architecture of the Colima Volcanic Complex. Journal of Geophysical Research, Vol. 115, B12209, doi: 10.1029/2010JB007649, 2010.
- NPA. (20 de Abril de 2011). «Damage Situation and Police Countermeasures associated with 2011 Tohoku district.Obtenido de Japanese National Police Agency: http://www.npa.go.jp/archive/keibi/biki/higaijokyo_e.pdf
- Nuñez -Cornú, F., Ortiz, M., & Sanchéz, J. (2008). The great 1787 Mexican tsunami. Natural Hazards, 569-576.
- Organización Mundial de la Salud. 2024. Cambio climático. [en línea] Recuperado el 26 de mayo de 2024 en https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-and-health
- Ortiz, E. G., Weppen, R. Q., & Villagómez, G. F. (2006). Guía básica para la elaboración de atlas estatales y municipales de Peligros y riesgos.: Fenómenos Geológicos (1.a ed.).
- OSH COLMEX. (2019). Seguridad Hídrica en la Ciudad de México: Riesgos de inundaciones (1.ª ed., pp. 123–126). Ciudad De México: Judith Domínguez Serrano. Ciudad de México: Judith Domínguez Serrano.
- Partida, J. (2023). Bomberos atienden decenas de reportes de olor a químicos en Jalisco. La Jornada. La Jornada –Bomberos atienden decenas de reportes de olor a químicos en Jalisco
- Pintos, R. (1961). Acapulco, Monografía Anecdótica Contemporánea. En P. L. Rosendo. Talleres de Formas Tipográficas y Sociales.
- PTWC. (11 de Marzo de 2011). Pacific Tsunami Warning Center . Obtenido de Alerta de Tsunami en Hawai: https://www.webcitation.org/5x6I7uAQa?url=http://www.weather.gov/ptwc/text.php?id=hawaii.2011.03.11.073148
- Quijas, A. (2021). Fueron evacuados 300 empleados en empresa de Lagos de Moreno por derrame de químicos. UDG TV. Fueron evacuados 300 empleados en empresa de Lagos de Moreno por derrame de químicos (udgtv.com)
- Ramírez-Centeno, M. y Martín del Campo, R. (1999). Zonificación sísmica de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Memoria del XII Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Morelia, Mich., México, pp. 171-180.
- Ramírez-Centeno, M., Martín del Campo, R., Calvillo, F., Suárez, O., Ramos, A., López, G., Rivero, F. y Ruíz-Saldoval, M. (1997). Mapa de curvas de isoperiodos de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, Ver., Mexico, pp. 300-309.
- Ramírez-Centeno, M., Martín del Campo, R., Calvillo, F., Suárez, O., Ramos, A., López, G., Rivero, F. y Ruíz-Saldoval, M. (1997). Mapa de curvas de isoperiodos de la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco. Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Veracruz, Ver., Mexico, pp. 300-309.
- Ramírez-Gaytán, A., Flores-Estrella, H., Preciado, A., Bandy, W. L., Lazcano, S., Alcántara-Nolasco, L., Aguirre-González, J. Y Korn, M. (2020). Subsoil classification and geotechnical zonation for Guadalajara City, Mexico: Vs30, soil fundamental Periods, 3D structure and profiles. Near Surface Geophysics, vol. 18, pp. 175-188.
- Ramírez Sánchez Hermes U., Meulenert Peña Á. R., & Gómez Reyna, J. A. (2012). Actualización del Atlas Bioclimático del Estado de Jalisco. [en línea] recuperado el 25 de febrero de 2023 en https://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/32435/41937
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., Garduño-Monroy, V. H. y Urrutia-Fucugauchi, J. (1996). Continental boundaries of the Jalisco Block and their influence in the Pliocene-Quaternary kinematics of western Mexico. Geology, vol. 24, no. 10, pp. 921-924.
- Rosas-Elguera, J., Ferrari, L., López-Martínez, M., & Urrutia-Fucugauchi, J. (1997). Stratigraphy and tectonics of the Guadalajara region and triple junction area, western Mexico. International Geology Review, 125-140.
- Rosenblueth, E., EERI, M., Ordaz, M., Sánchez-Sesma, F.J., and Singh, S.K. (1989). The Mexico Earthquake of September 19, 1985-Design Spectra for Mexico´s Federal District. Earthquake Spectra, Vol. 5, No. 1, 1989.
- Salcido, J. (2020). Dos personas fallecidas en Fábrica Nestlé Nantli por fuga de nitrógeno. UDG TV. Dos personas fallecidas En Fábrica Nestlé Nantli por fuga de nitrógeno (udgtv.com)
- Sanchéz, D., & Farreras, S. (1993). Catâlogo de tsunamis (Maremotos) en la Costa occidental de México . Diane Pub co.
- Sánchez-Sesma, F.J., Rodríguez, M., Iturrarán-Viveros, F.L., Campillo, M., Margerin, L., García-Jeréz, A., Suárez, M.,
- Santoyo, M.A., and Rodríguez-Castellanos, A. (2011). A theory for microtremor H/V spectral ratio: application for a Layered medium. Geophysical Journal International. (2011) 186, 221-225. DOI: 10.1111/j.1365-246X.2011.05064.x.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022. Consejos para proteger los cultivos de las heladas. [en línea] Recuperado el 23 de abril de 2024 en https://www.gob.mx/agricultura/articulos/consejos-para-proteger-los-cultivos-de-Las-heladas
- SEDATU (2014). Atlas de riesgos por amenazas naturales en el municipio de Puerto Vallarta, Jalisco.
- SEDATU (2015). Atlas municipal de peligros y riesgos naturales, Zapotlán el Grande.
- SESAME. 2004. Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations. Measurements, processing and interpretation. European Research Project.
- SGM. (22 de Marzo de 2017). Evolución de la tectónica en México. Obtenido de Servicio Geológico Mexicano: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Evolucion-tectonica-Mexico.html

- Sousa, J. J., & Bastos, L. (2013). Multi-temporal SAR interferometry reveals acceleration of bridge sinking before collapse. Natural Hazards And Earth System Sciences, 13(3), 659-667. https://doi.org/10.5194/nhess-13-659-2013
- Suarez-Díaz, J. (1998). Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales. Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos
- Suarez, G., & Paola, A. (2009). Nota cortaEvidencia de grandes terremotos tsunamigénicos (M 8.6)a lo largo de la Zona De Subducción Mexican. Boletín de la sociedad Sismológica de América, 892-896.
- Sykas, D. (26 de Octubre de 2020). Spectral Indices with multispectral satellite data. Obtenido de GIS and Earth Observation University: https://www.geo.university/pages/blog?p=spectral-indices-with-multispectral-satellite-data
- Transportes, S. d. (2008). NOM-004-SCT-2008. En SCT, NOM-004-SCT-2008 Sistemas de identificación de unidades Destinadas al transporte de substancias, materiales y residuos peligrosos . Ciudad de México: SCT.
- Tsuya H (1955) Geological and petrological studies on Volcano Fuji (V): on the 1707 eruption of Volcano Fuji. Bull Earthq Res Inst 33:341–383
- UNIATMOS. (2016). Imágenes satelitales de las descargas Nube – tierra. UNAM. Obtenido de: UNIATMOS | Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales. (unam.mx)
- USGS. (1 de Noviembre de 2012). Terremotos historicos del mundo. Obtenido de Survey United States Geological: https://web.archive.org/web/20131020033219/http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1960_05_22.php
- USGS. (11 de Marzo de 2011). M 9.1 – Gran terremoto de Tohoku de 2011, Japón. Obtenido de Earthquake Hazards Program : https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/official20110311054624120_30/executive#executive
- USGS. (7 de Abril de 2014). M9.5 Araucania Chile. Obtenido de Servicio Geologico de estados unidos: http://comcat.cr.usgs.gov/earthquakes/eventpage/centennial19600522191117
- Yamamoto, J., Espíndola, J.M., Zamora-Camacho, A. (2018). The origino f the recent (2012-2016) seismic activity in the Guadalajara, Jalisco, Mexico, área: A block boundary interaction? PLoS ONE 13(8): e0200991. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200991.
- Zamudio-Zavala, P. E., Gómez-Mora, I. y Mayoral-Ruiz, P. A. (2021). Zonificación sísmica del municipio de Puerto Vallarta, Jalisco. XXX Reunión Nacional de Ingeniería Geotécnica, pp. 121-128.