2024

ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Emiliano Zapata
La nueva era la hacemos todos
Gobierno Municipal 2020-2024

Sistema Estatal de Protección Civil Hidalgo

Hidalgo
Primero el pueblo
2022-2028

Gobierno
Secretaría de Gobierno

SIG

Julio Ramón Menchaca Salazar
Gobernador del Estado Libre y Soberano de Hidalgo

Luciano Cornejo Barrera
Secretario de Gobierno

Ing. Francisco Quijas
Subsecretario de Protección Civil

Lic. Héctor Antonio García Aguilera
Presidente Municipal en Emiliano Zapata

T.A.M.P. Guadalupe Karina Carrasco Puerto
Directora de Protección Civil en Emiliano Zapata

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
2. Introducción y Antecedentes de Siniestralidad 7
3. Composición del Mapa Base 8
4. Inventario de Vulnerabilidades 10
4.1. Vulnerabilidad Social 10
4.1.1. Vulnerabilidad del sector salud 11
4.1.2. Vulnerabilidad del sector educación 12
4.1.3. Vulnerabilidad del sector vivienda 13
4.1.4. Vulnerabilidad del sector empleo e ingresos 15
4.1.5. Vulnerabilidad del sector población 16
4.1.6. Percepción del Riesgo 19
4.1.7. Capacidad de Respuesta 22
4.1.8. Evaluación de la Vulnerabilidad Social 22
5. Vulnerabilidad Física **26**
5.1. Tipología de la vivienda 26
5.2. Menaje en vivienda 29
6. Sector económico 33
7. Sistemas expuestos 38
8. Identificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores 41
9. Fenómenos geológicos 43
9.1. Inestabilidad de laderas 43
9.1.1. Introducción 43
9.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo 44
9.1.3. Susceptibilidad 47
9.1.4. Vulnerabilidad y riesgo 50
9.2. Sismos 51
9.2.1. Introducción 51
9.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 53
9.2.3. Peligro 54
9.2.4. Vulnerabilidad 62
9.2.5. Riesgo 63
9.3. Tsunamis 65
9.3.1. Introducción 65
9.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 66
9.3.3. Peligro 66
9.4. Erupciones volcánicas 66
9.4.1. Introducción 66
9.4.2. Metodología y Memoria de Cálculo 68
9.4.3. Peligro 70
9.4.4. Vulnerabilidad y riesgo 92
9.5. Hundimientos 93
9.5.1. Introducción 93
9.5.2. Metodología y Memoria de Cálculo 94
9.5.3. Susceptibilidad 97
9.6. Karstificación 99
9.6.1. Introducción 99
9.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo 99
9.7. Licuefacción de suelos 100
9.7.1. Introducción 100
9.7.2. Metodología y Memoria de Cálculo 100
10. Fenómenos hidrometeorológicos 101
10.1. Vientos fuertes 101
10.1.1. Introducción 101
10.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo 101
10.1.3. Peligro 102
10.1.4. Vulnerabilidad 106
10.1.5. Riesgo 107
10.2. Inundaciones pluviales 109
10.2.1. Introducción 109

10.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 109
10.2.3. Fichas de Campo 111
10.2.4. Peligro 111
10.2.5. Vulnerabilidad y Riesgo 120
10.3. Inundaciones fluviales 123
10.3.1. Introducción 123
10.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 123
10.3.3. Peligro 124
10.4. Inundaciones costeras 125
10.4.1. Introducción 125
10.4.2. Metodología y Memoria de Cálculo 125
10.4.3. Peligro 125
10.5. Inundaciones lacustres 126
10.5.1. Introducción 126
10.5.2. Metodología y Memoria de Cálculo 126
10.5.3. Peligro 126
10.6. Tormentas de nieve 127
10.6.1. Introducción 127
10.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo 127
10.6.3. Peligro 128
10.7. Tormentas de granizo 130
10.7.1. Introducción 130
10.7.2. Metodología y Memoria de Cálculo 130
10.7.3. Peligro 132
10.8. Tormentas eléctricas 134
10.8.1. Introducción 134
10.8.2. Metodología y Memoria de Cálculo 134
10.8.3. Peligro 136
10.9. Sequías 139
10.9.1. Introducción 139
10.9.2. Metodología y Memoria de Cálculo 143
10.9.3. Peligro 145
10.10. Ondas cálidas 152
10.10.1. Introducción 152
10.10.2. Metodología y Memoria de Cálculo 153
10.10.3. Peligro 159
10.11. Ondas gélidas 161
10.11.1. Introducción 161
10.11.2. Metodología y Memoria de Cálculo 161
10.11.3. Peligro 162
11. Fenómenos químico tecnológicos 169
11.1. Almacenamiento de sustancias peligrosas 169
11.1.1. Introducción 169
11.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo 170
11.1.3. Fichas de Campo 170
11.1.4. Peligro 171
11.2. Transporte de sustancias peligrosas 175
11.2.1. Introducción 175
11.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 180
11.2.3. Fichas de Campo 182
11.2.4. Peligro 183
11.2.5. Riesgo 184
11.3. Transporte por ductos 186
11.3.1. Introducción 186
11.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 188
11.3.3. Peligro 190
11.3.4. Riesgo 190
11.4. Incendios forestales 192
11.4.1. Introducción 192
11.4.2. Metodología y Memoria de Cálculo 194
11.4.3. Peligro 195
12. Fenómenos sanitario ecológicos 197
12.1. Contaminación de suelo 197
12.1.1. Introducción 197

12.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo 198
12.1.3. Caracterización del fenómeno 198
12.2. Contaminación de agua 201
12.2.1. Introducción 201
12.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 202
12.2.3. Peligro - Inventario de sitios contaminados 203
12.3. Epidemias y plagas 205
12.3.1. Introducción 205
12.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 206
12.3.3. Peligro / Susceptibilidad 207
13. Fenómenos socio organizativos 215
13.1. Concentración masiva de población 215
13.1.1. Introducción 215
13.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo 215
13.1.3. Susceptibilidad 216
13.2. Afectaciones en instalaciones estratégicas por error humano 218
13.2.1. Introducción 218
13.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo 218
13.2.3. Susceptibilidad 218
13.3. Terrorismo y Sabotaje 221
13.3.1. Introducción 221
13.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo 221
13.3.3. Susceptibilidad 221
13.4. Inconformidad social 223
13.4.1. Introducción 223
13.4.2. Metodología y Memoria de Cálculo 223
13.4.3. Susceptibilidad 223
13.5. Índices delictivos 225
13.5.1. Introducción 225
13.5.2. Metodología y Memoria de Cálculo 225
13.6. Accidentes terrestres 226
13.6.1. Introducción 226
13.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo 227
13.6.3. Peligro 227
13.6.4. Riesgo 230
13.7. Interrupción de servicios 230
13.7.1. Introducción 230
13.7.2. Metodología y Memoria de Cálculo 232
13.7.3. Susceptibilidad 232
13.7.4. Vulnerabilidad 232
14. Bibliografía 234

2. Introducción y Antecedentes de Siniestralidad

La gestión integral de riesgo de desastres, como política territorial, reconoce que el riesgo es un proceso derivado de la apropiación y manejo del territorio como resultado de las fuerzas y fines económicos-políticos, y, por lo tanto, previsible al identificar y comprender las dinámicas que dan sentido a la actividad económica.

Los estudios de riesgos se constituyen como instrumentos de planeación del desarrollo y para la toma de decisiones a nivel gubernamental y empresarial.

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 rol de moderador en la planificación del desarrollo y en la implementación de políticas desde una perspectiva territorial conducente a la construcción de la resiliencia incidiendo en la reducción al riesgo de desastres y la adaptación ante los efectos del cambio climático.

Los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Nueva Agenda Urbana establecen, que las ciudades habrán de adoptar planes integrados de mitigación, adaptación y resiliencia ante desastres. Fundamentar estos planes a partir de la información de un Atlas de Riesgos, facilita orientar correctamente las áreas en las que se habrá de priorizar la toma de decisiones.

El objetivo de la identificación y estudio del riesgo es reconocer la construcción de este y buscar reducirlo a través de la generación de políticas enfocadas a la reducción de la vulnerabilidad de los sistemas expuestos y en incrementar las capacidades analíticas de aquellos actores enfocados a la planeación territorial.

Actualmente se ha ampliado el desarrollo de técnicas de análisis de peligros y riesgos a partir de la integración de y adaptación de metodologías de análisis geoespacial, ambiental y social que han facilitado la representación e interpretación de diversos indicadores encaminados a facilitar la toma de decisiones para la planificación y programación de políticas públicas desde una perspectiva territorial, para la construcción de resiliencia.

El uso de tecnologías digitales y de análisis geoespacial en el gobierno ha traído un cambio radical en la gestión pública, proporcionando herramientas más eficientes para el manejo de la información, la toma de decisiones, la prestación de servicios y la comunicación con la ciudadanía.

Los resultados del Censo de Población y Vivienda 2020 permiten cuantificar y analizar los cambios ocurridos en la última década en el país respecto de las características demográficas, socioeconómicas y culturales de la población.

Desarrollar el estudio integral de los escenarios de peligro, vulnerabilidad y riesgo de desastres del municipio, permitirá constituir un instrumento base para comprensión del riesgo de desastres y orientar la planeación del desarrollo territorial para el fortalecimiento de la resiliencia del municipio

Las políticas y las prácticas conducentes a la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una compresión de los riesgos en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad adaptativa, grado de exposición de las personas y los bienes, así como de las características de las amenazas y el entorno, definidas en los escenarios de peligro. Este conocimiento se puede aprovechar para la evaluación de riesgos, la prevención y su mitigación, así como para la preparación y la respuesta en caso de desastres, conduciendo objetivamente la construcción de la resiliencia.

La resiliencia se puede definir como la “capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuesta a amenazas, para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de una amenaza de manera oportuna y eficiente, incluso mediante la preservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas esenciales.

El cambio climático y el cambio de uso de suelo incrementan la frecuencia e intensidad de los eventos meteorológicos atípicos, además de tener efectos perjudiciales en la calidad de vida cotidiana. Los riesgos se agravarán especialmente para las poblaciones vulnerables con recursos limitados tanto para la preparación como para la recuperación. Dadas estas predicciones, los gobiernos necesitarán adaptarse a un clima cambiante y desarrollar planes de gestión de riesgos y “nuevas normalidades” con respecto a las condiciones de vida, el desempeño de la infraestructura, la planificación del desarrollo de los sectores y la gestión de recursos. Será necesario incrementar la resiliencia de las ciudades frente a los efectos del cambio climático y cambio de uso de suelo y los riesgos que incrementan.

Para esto, se debe de apoyar el proceso de planificación de la adaptación a mediano y largo plazo, así como las evaluaciones de la vulnerabilidad de las ciudades frente al clima y sus repercusiones, a fin de fundamentar planes de adaptación, políticas, programas y actividades dirigidos a promover la resiliencia de los habitantes de las ciudades, en particular mediante la adaptación basada en ecosistemas.

3. Composición del Mapa Base

Para fines del diagnóstico general de la información, se representará en la siguiente base cartográfica, la cual está conformada por elementos en formato vectorial y el Continuo de Elevación Mexicana (CEM) que corresponden al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) el cual es el organismo rector en la producción de información geoestadística; se incorporaron elementos de otras instituciones del orden Federal y Estatal como lo son la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y la Red Nacional de Caminos (RNC).

La delimitación de la unidad político administrativa está comprendida por el municipio, al cual, se le denominará como el *Límite de Estudio* que estará representado en una escala de 1:100,000, sin embargo, cabe mencionar que se emplearán escalas mayores para la identificación de algunos riesgos y peligros en zonas específicas dentro de la extensión territorial del municipio.

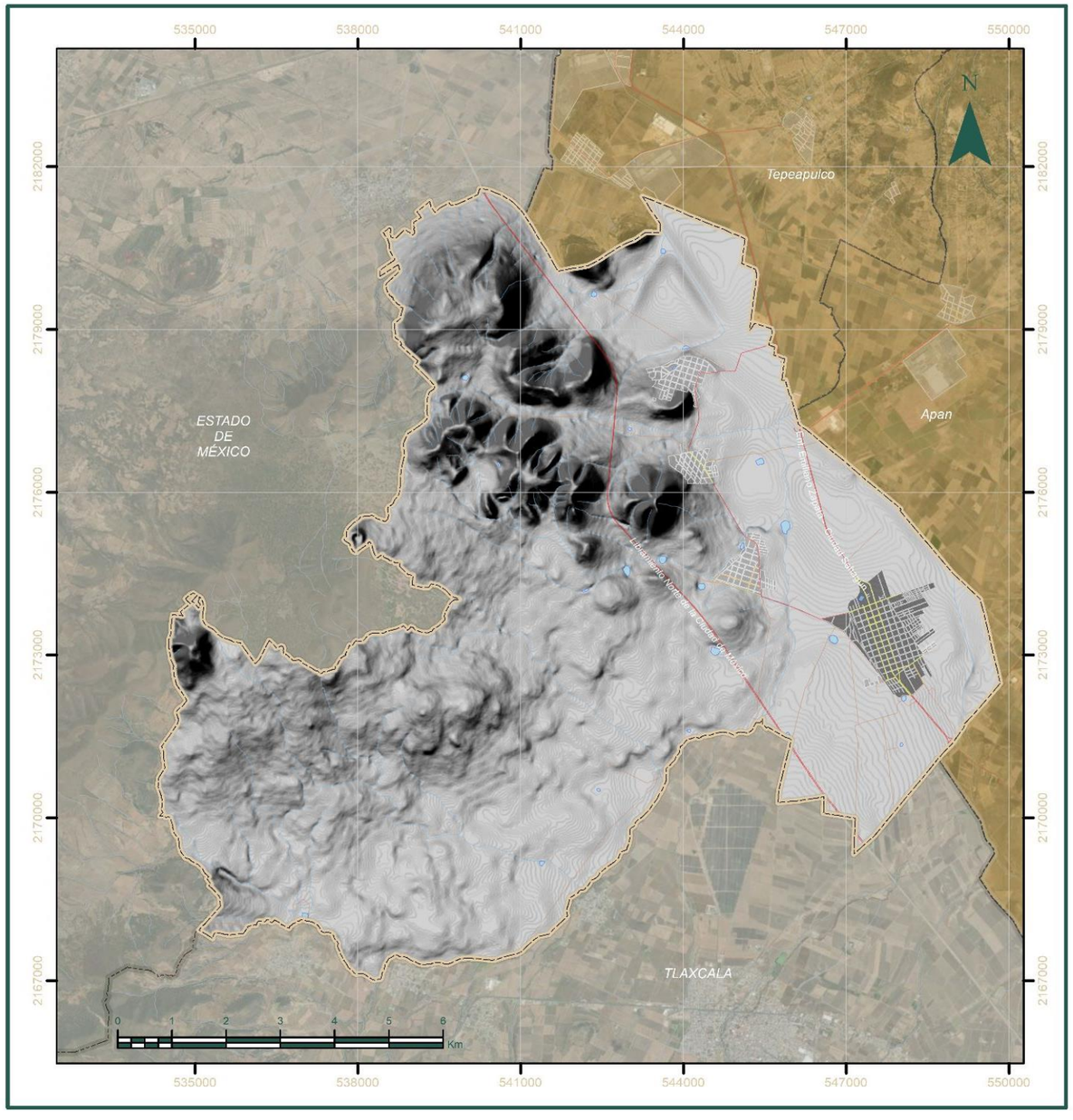
A continuación, se enuncian los insumos que conforman la cartografía base:

- División Política Estatal y Municipal, escala 1:250,000, obtenidas del Geoportal de CONABIO, INEGI 2022;
- Continuo de Elevación Mexicano a 15 metros de resolución, procesado a detalle de sombras y elevaciones, propiedad de INEGI, 2012;
- Marco Geoestadístico, escala 1:250,000. Al ser un sistema que incluye información de tipo vectorial de diferentes niveles de desagregación se utilizaron las Localidades Rurales y Urbanas amanzanadas para el año de 2022;
- Red Hidrográfica escala 1:50,000 - Subcuencas, edición 2.0. Sistema lineal que modela el drenaje de una cuenca hidrográfica. Los elementos que componen la red son puntos de drenaje, líneas de flujo y unidad de captación de aguas superficiales a la misma escala (subcuenca, cuenca y región hidrográfica). Se utilizó la información hídrica correspondiente a la subcuenca hidrográfica RH26Dt R. Tezontepec. Cuenca R. Moctezuma. RH Pánuco y a la subcuenca RH26Du L. Tochac y Tecocomulco. Cuenca R. Moctezuma. RH Pánuco de INEGI, 2010;
- Cuerpos de agua, escala 1:250,000, publicados por INEGI 2022, de los conjuntos de datos vectoriales de información topográfica por entidad federativa;
- Red Nacional de Caminos (RNC) 2022, red única de transporte terrestre que integra las carreteras federales y estatales, vialidades y caminos del país;
- Signos convencionales, son aquellos elementos geográficos básicos como el norte geográfico, marco de coordenadas, escala gráfica, etiquetas de sitios de interés e identificación de regiones geo administrativas colindantes;
- Mapa base de Imagen Satelital de los recursos de Esri, como referente espacial y de rasgos geográficos de los municipios vecinos y el entorno que rodea al Límite de Estudio.

Por otra parte, conforme a lo establecido en el Diario Oficial de la Federación, el INEGI publicó la Norma Técnica del Sistema Geodésico Nacional que entró en vigor en diciembre de 2010 y que establece como marco de referencia geodésico oficial para México al *Marco de Referencia Terrestre Internacional 2008 (ITRF2008) época 2010* en sustitución del *ITRF92 época 1988,* por lo que la información geográfica utilizada en el presente estudio se encuentra vinculada al nuevo marco de referencia.

Toda la cartografía temática generada se compone de diversos elementos que se detallan en la tira marginal del documento, los cuales corresponden a los siguientes:

1. Encabezado: Hace referencia al Atlas de Riesgos del municipio, teniendo como imagen simbólica el polígono del sitio de estudio;
2. Nombre del mapa: corresponde al tema que se está representando, en este caso es el *Mapa Base;*
3. Clave del mapa: esta clave corresponde a una nomenclatura estructurada de acuerdo con el tema y el subtema a desarrollar, seguido de una seriación establecida por el alfabeto para la continuidad de los productos cartográficos resultantes, por ejemplo: HDR (Fenómeno hidrometeorológico) - A (vientos fuertes;
4. Simbología: en este apartado se representan los atributos de los elementos del mapa base como las entidades, rasgos geográficos en forma de polígonos, puntos y líneas de colores representativos;
5. Leyenda: dentro de esta sección se establece la leyenda temática del tema que se representa, siguiendo como base la utilización de símbolos en forma de polígonos, líneas y puntos;
6. Créditos: este recuadro contiene la fuente de las capas utilizadas en la cartografía base, así como las fuentes oficiales de los sitios en los que se obtuvo la información del tema a desarrollar y en algunos casos se describe el método por el que se obtuvo el resultado, por ejemplo: *Método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo;*
7. Ubicación: imagen que muestra la localización geográfica del municipio dentro del Estado de Hidalgo, así como la ubicación de este en el territorio nacional, identificándose los Estados colindantes con etiquetas;
8. Parámetros cartográficos: corresponde a la descripción de los parámetros geográficos utilizados para tener la referencia geoespacial de la zona de estudio, como la proyección geográfica, escala numérica, dátum y el esferoide;
9. Escudos: se muestran los escudos y/o logos de las entidades gubernamentales estatales y municipales que participaron para la elaboración del atlas, así como el logo de la empresa participante.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Mapa Base
MB - 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO 2016-2022
GOBIERNO SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG

4. 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.

4.1. Vulnerabilidad Social

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 Municipio de Emiliano Zapata 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 localidad con el fin de identificar cómo es su comportamiento al interior del municipio 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 Prosperas, 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.

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 localidad. 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.

.

4.1.1. 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-2 Valores de Indicadores del Componente Salud

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Municipio	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	1.76	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	10.89	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	25.57%	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

4.1.2. Vulnerabilidad del sector educación

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 Educación

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 municipio..

Tabla: VUL-SOC-B 2 Valores de indicadores del sector educación

Componente	Indicador	Intervalos	Grado de Vulnerabilidad	Valor	Valor del Municipio	Calificación de Vulnerabilidad
Educación	Porcentaje de analfabetismo	De 1.07% a 15.85%	Muy bajo	0	3.49%	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	95.9%	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	9.48 años	0.25
		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

4.1.3. 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

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	Vivienda INEGI, 2020.
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 Municipio	Calificación de Vulnerabilidad
Vivienda	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0% a 19.96%	Muy bajo	0	0.63%	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	0.94%	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	0.89%	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	2.69%	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		
	Déficit de vivienda	De 1.63% a 13.72%	Muy bajo	0	2.65%	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

4.1.4. 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 juega 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.

Tabla: VUL-SOC-D 1. Indicadores del Sector empleo e Ingresos

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 Municipio	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	12.9%	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	53%	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		
		De 117.61 o más	Muy alto	1		
	Tasa de desempleo abierto	De 0% a 3.09	Muy bajo	0	3.19%	0.25
		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

4.1.5. 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 (nivel municipal) o por hectárea (nivel urbano, análisis espacial) según la unidad de medida de la superficie territorial.	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 Municipio	Calificación de Vulnerabilidad
Población	Densidad de Población	De 1 a 99 habitantes por km²	Muy bajo	0	122.09 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		
	Porcentaje de población de habla indígena	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0	0.35%	0
		Más del 40% de la población	Predominante indígena	1		
	Dispersión poblacional	De 0 a 9.9%	Muy bajo	0	35.9%	0.75
		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			Baja			0.33

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.

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-16 Resumen de indicadores de los componentes sociales a nivel municipal

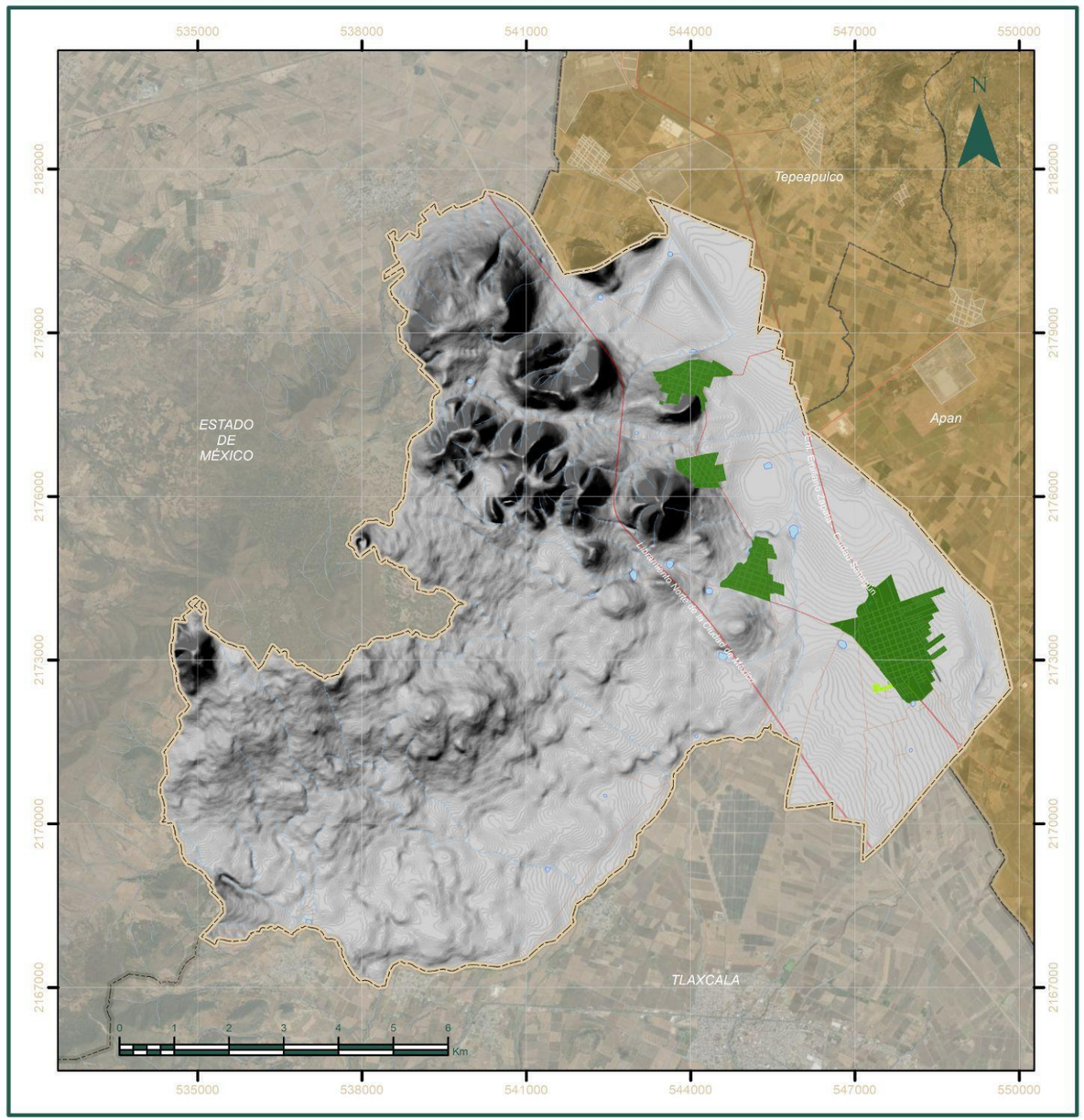
Componente	Número de indicadores	Valor	Promedio
Salud	3	Muy Baja	0
Educación	3	Muy Baja	0
Vivienda	5	Muy Baja	0
Empleo e Ingresos	3	Muy Baja	0
Población	3	Baja	0.33
Total	17	0	
Calificación final de las características socioeconómicas del municipio		Muy Baja	

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV, con base en el formato de CENAPRED, 2014 y datos del Censo de Población de Vivienda de INEGI, 2020

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 municipio.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Vulnerabilidad Social
VUL-SOC

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Bajo
- Muy Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

4.1.6. Percepción del Riesgo

La comprensión que los habitantes del municipio 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-19 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	0.47
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.

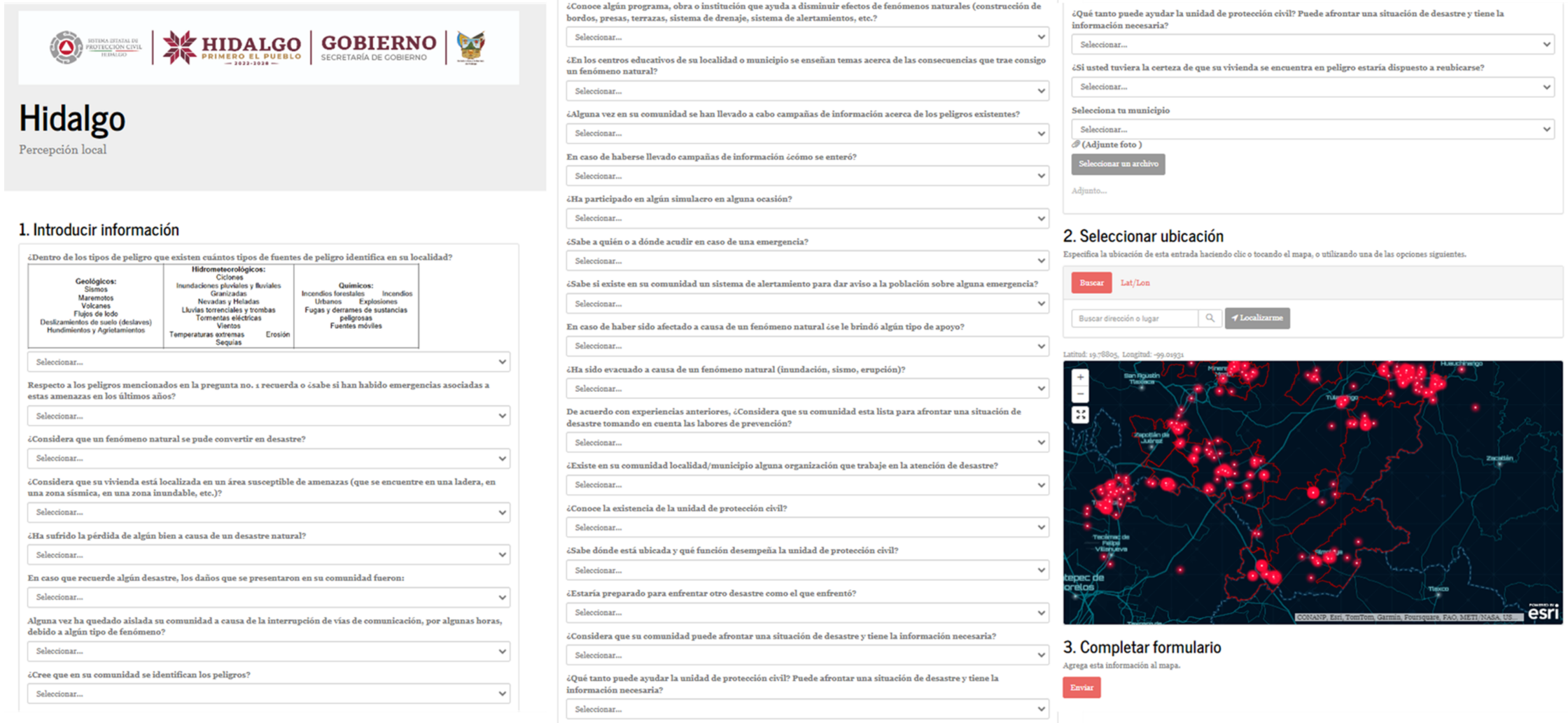
Para este ejercicio fue empleada la herramienta SIG-map desarrollada por Soluciones SIG S.A. de C.V. para facilitar la socialización de la encuesta de percepción del riesgo establecida por el CENAPRED, 2006.

Dicha encuesta se habilitó y puede ser consultada en el siguiente enlace:
https://solucionessig.com.mx/PERCEPCION_LOCAL/

La aplicación de la encuesta fue en corresponsabilidad con las autoridades de los 16 municipios comprendidos en la partida del presente proyecto cubriendo un total de de 645 encuestas aplicadas entre la ciudadanía hidalguense en el periodo del 1 al 26 de abril del 2024.
El concentrado de las participaciones en la encuesta, y su georreferencia automatizada se puede consultar en el siguiente enlace:

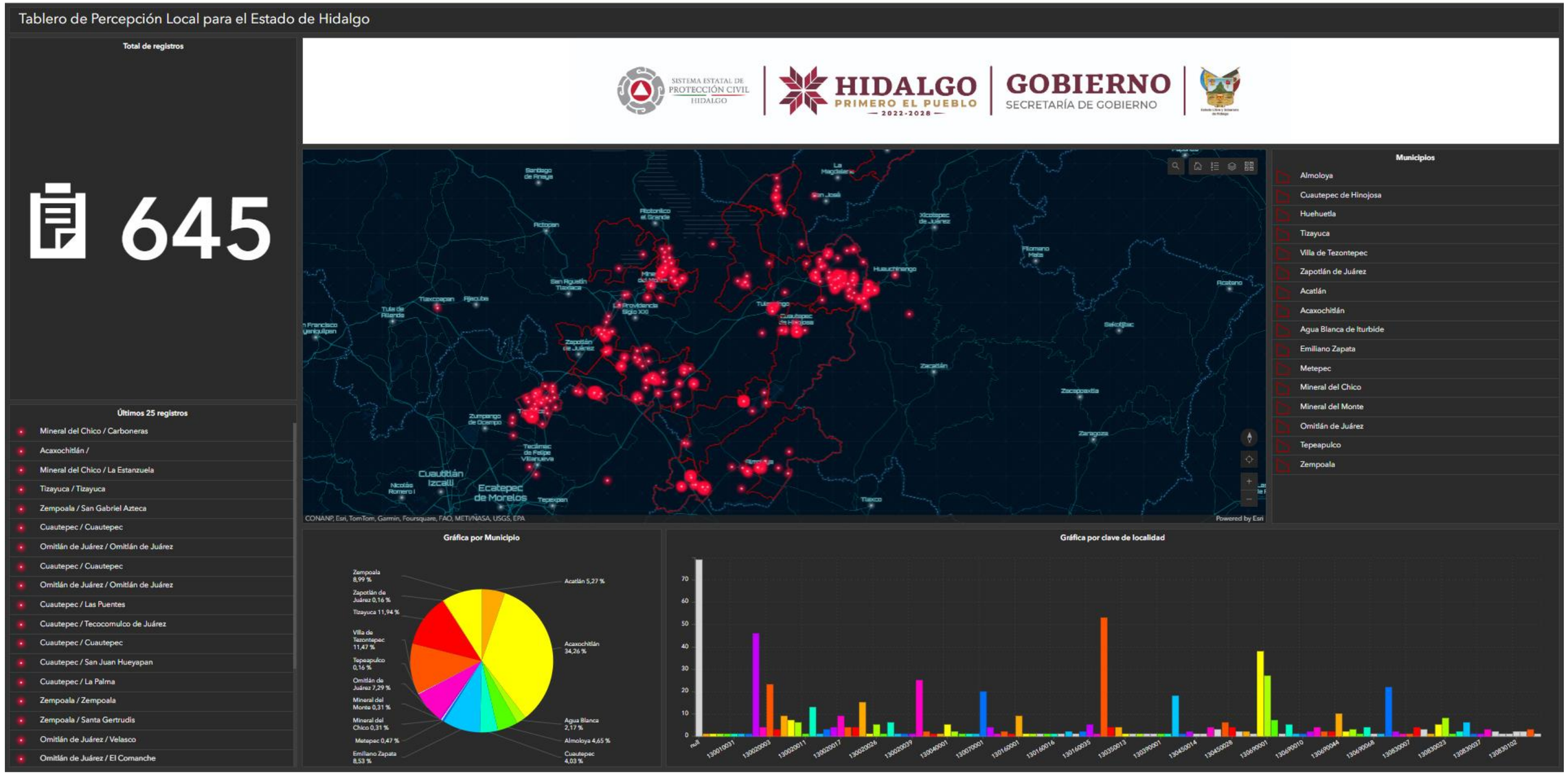
https://soluciones.maps.arcgis.com/apps/dashboards/40e60a663870451182c672510cc5c216

imagen VUL-SOC-1. Encuesta digital de Percepción Local



Fuente: Desarrollado por Soluciones SIG SA de

Imágen VUL-SOC-2. Tablero de Percepción Local para el Estado de Hidalgo



Fuente: Desarrollado por Soluciones SIG SA de CV.

4.1.7. 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 funcionarios de Protección Civil del municipio se obtuvo un puntaje de 0.20, lo que refleja una muy alta capacidad de respuesta y por consiguiente un grado muy bajo de vulnerabilidad de acuerdo con el valor asignado según condición de vulnerabilidad del formato de la metodología del CENAPRED.

Tabla: VUL-SOC-18 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	0.20
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.

4.1.8. Evaluación de la Vulnerabilidad Social

Obtención del Grado de Vulnerabilidad Social

Para el cálculo del grado de vulnerabilidad social, se establece que un 50% del total del indicador se asocia a la contribución de las condiciones económicas y sociales conforme a los 5 componentes abordados del sector salud, educación, vivienda, empleo y población; indicador construido a partir del cuestionario de capacidad de respuesta, realizado a Protección Civil del Municipio, contribuye en un 25%; mientras que el 25% restante, se otorga al indicador de percepción local de riesgo.

Tabla: VUL-SOC-20 valores por localidad

Localidad	Salud	ducación	/ivienda	Empleo	blación
Emiliano Zapata	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
Santa Bárbara	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
Santa Clara	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
José María Morelos (San José)	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
Rafael Franco [Colonia]	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Medio
Ampliación Cuauhtémoc	Muy Bajo	Muy Bajo	Muy Bajo	Bajo	Medio

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

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-20 Resumen de puntajes de contribución al índice de vulnerabilidad

	Puntaje	Porcentaje de contribución	Puntaje final
Indicadores socioeconómicos	0	50%	0
Percepción local del riesgo	0.47	25%	0.11
Capacidad de Respuesta	0.20	25%	0.05

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV con base en el formato de CENAPRED, 2014

$$GVS = (0*0.5) + (0.5*0.25) + (0*0.25)$$
$$GVS = 0.16$$

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-21 Valor municipal de Vulnerabilidad

Rangos de valor	Categoría de Grado de Vulnerabilidad	Valor del municipio	
De 0 a 0.2	Muy bajo		
De 0.21 a 0.4	Bajo		
De 0.41 a 0.6	Medio	0.16	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

Para la representación geoespacial de este indicador, se emplearon técnicas de álgebra de mapas, para conjugar todos los componentes temáticos, considerando los valores a nivel localidad. Se tuvo como resultado que la totalidad de localidades, presentan un valor homogéneo determinado en categoría de Baja vulnerabilidad.

Grado de Vulnerabilidad Social en Emiliano Zapata

Salud

Médicos por cada 1,000 habitantes	Tasa de mortalidad infantil	% de Pob. no derechohabiente
1.76 Muy bajo	10.89 Muy bajo	25.57% Muy bajo

Educación

% analfabetismo	% demanda en Edu. básica	Grado Prom. de escolaridad
3.49% Muy bajo	93.90% Muy bajo	9.48 años Bajo

Sector empleo e ingresos

% PEA con ingresos de menos de 2 SM	Razón de dependencia	Tasa de desempleo abierto
12.9% Muy bajo	53% Muy bajo	3.19% Bajo

Población

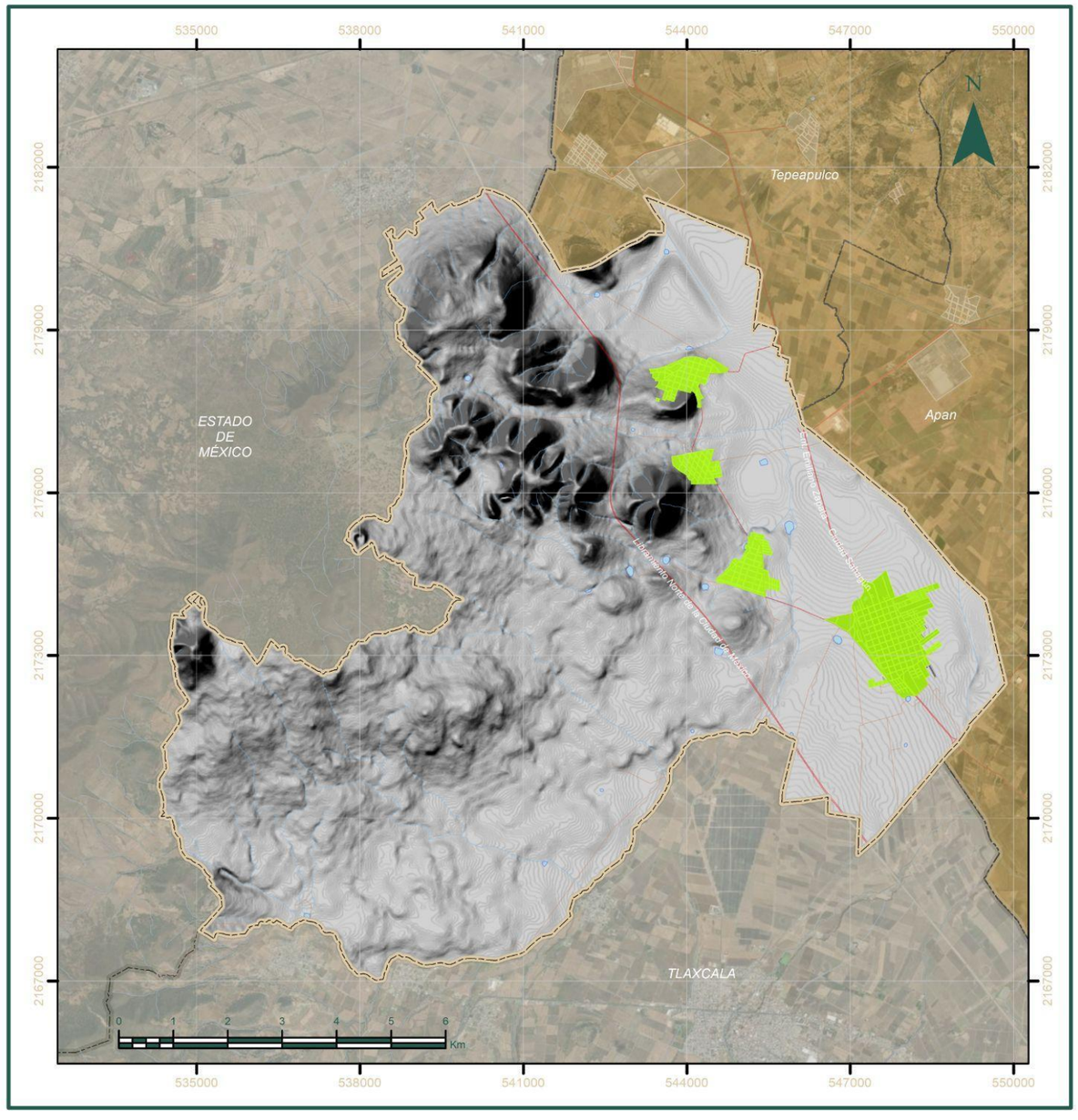
Densidad de población	% población de habla indígena	Dispersión poblacional
122.09 hab/km2	0.35% Muy bajo	35.9% Alto

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
0.63% Muy bajo	0.94% Muy bajo	0.89% Muy bajo	2.69% Muy bajo	2.69% Muy bajo

Valor Global

Percepción del riesgo	Capacidad de respuesta	Grado de Vulnerabilidad Social
0.47 Medio	0.20 Muy bajo	Bajo



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Vulnerabilidad Global
VUL-SOC-01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

5. 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.

La identificación y evaluación de los sistemas expuestos y su vulnerabilidad son esenciales en la gestión del riesgo de desastres. Estos procesos no se limitan únicamente a las estructuras construidas por la sociedad, sino que incluyen formaciones geológicas naturales que pueden representar peligros, como laderas propensas a deslizamientos o suelos blandos susceptibles de agrietarse. Al reconocer estos posibles impactos de eventos adversos, se facilita la implementación de medidas adecuadas para reducir los riesgos y proteger la vida y los bienes de los sistemas expuestos.

5.1. Tipología de la vivienda

Para evaluar la vulnerabilidad, se pueden utilizar métodos cuantitativos que implican el uso de expresiones matemáticas conocidas como funciones de vulnerabilidad. Estas funciones establecen la relación entre las posibles consecuencias de un evento adverso sobre un sistema expuesto y la intensidad del fenómeno que podría ocasionarse. Por ejemplo, en el ámbito de la prevención, es fundamental estimar el nivel de daño esperado para una determinada intensidad del fenómeno, con el fin de tomar medidas preventivas que reduzcan la vulnerabilidad, como en el caso de las viviendas.

La generación de estas funciones de vulnerabilidad requiere una selección cuidadosa de los parámetros de intensidad del fenómeno, asegurando una adecuada correlación con las consecuencias resultantes. Por ello, se identifican las principales condiciones estructurales 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 Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED, 2014).

La Tipología de la Vivienda se clasifica según 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 se considera en cada aspecto.

Tabla VUL-FIS-A. Clasificación de la tipología de la vivienda. con base en información técnica.

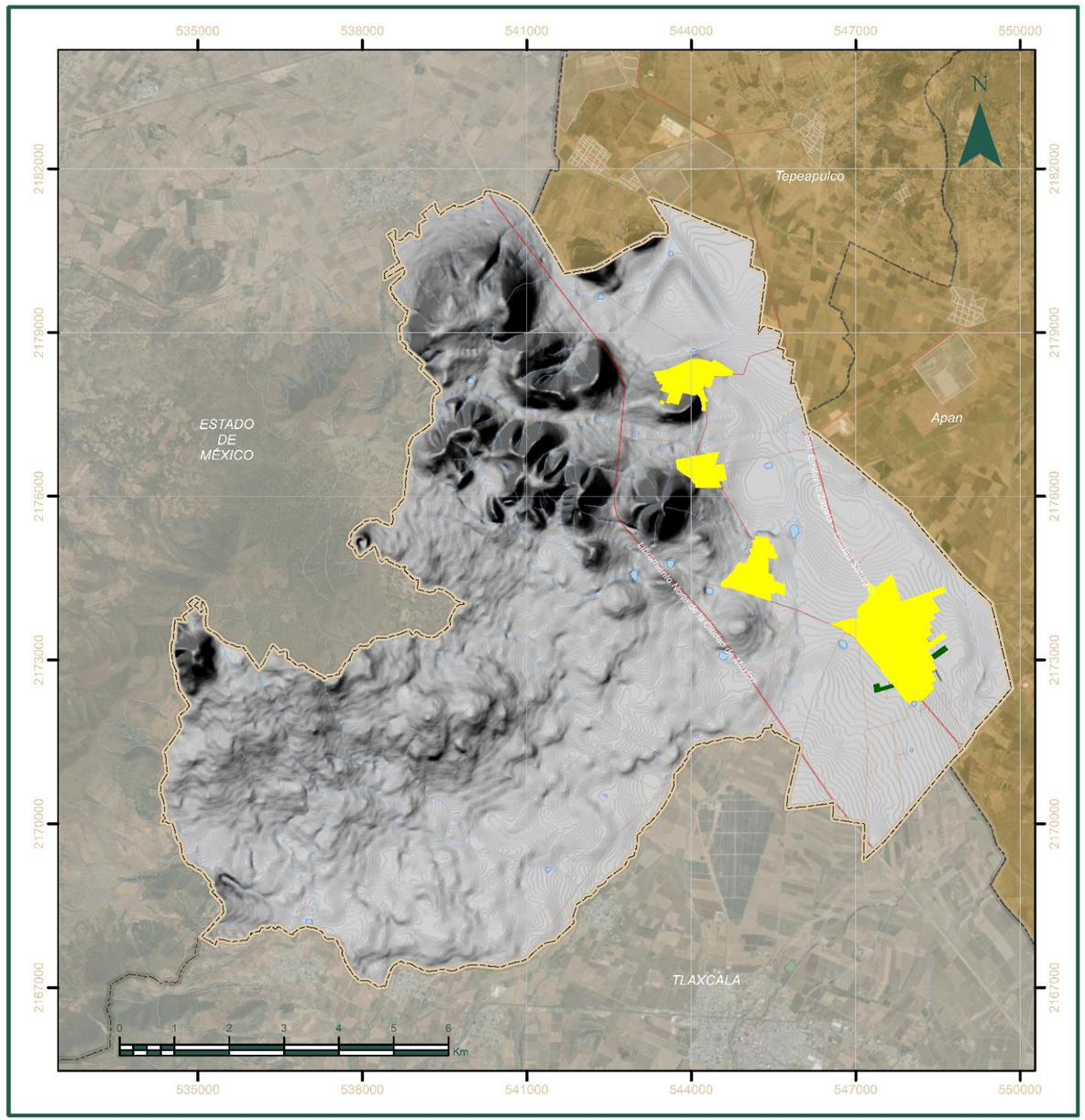
Tipo		Características de la vivienda	Foto representativa
1	Muros	Mampostería reforzada con castillos y dalas.	
		Mampostería reforzada con castillos y dalas con malla y mortero.	
		Mampostería de piezas huecas con refuerzo interior.	
	Techo	Techo y entrepisos rígidos.	
	Cimentación	Zapata corrida de 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.	
	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.	

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024 con base en el formato de (SEGOB/CENAPRED, 2014f).

Según los datos proporcionados por SEDATU y CENAPRED, en la primera fase del proyecto se llevó a cabo el reconocimiento de la tipología de viviendas Para clasificar las viviendas según el material estructural en las localidades del municipio, se consideró el promedio del tipo de vivienda de cada una como referencia. Este criterio se basó en la metodología establecida por CENAPRED en su "Guía básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y de Riesgos. Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social".

Posteriormente, los datos recopilados se integraron en un Sistema de Información Geográfica (SIG) con el propósito de crear una base de datos. Esta base de datos se empleó para asociar la información con los datos geoespaciales a nivel local, lo que posibilitó una integración más detallada y precisa de los datos. Mediante esta integración, se realizaron diversos procesos geoespaciales que facilitaron el análisis y la representación visual de la información en un contexto espacial.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Tipología de Vivienda
VUL-FIS-A

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Tipología

1
3

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

5.2. 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 de 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 las guías para la estimación de la vulnerabilidad; 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.

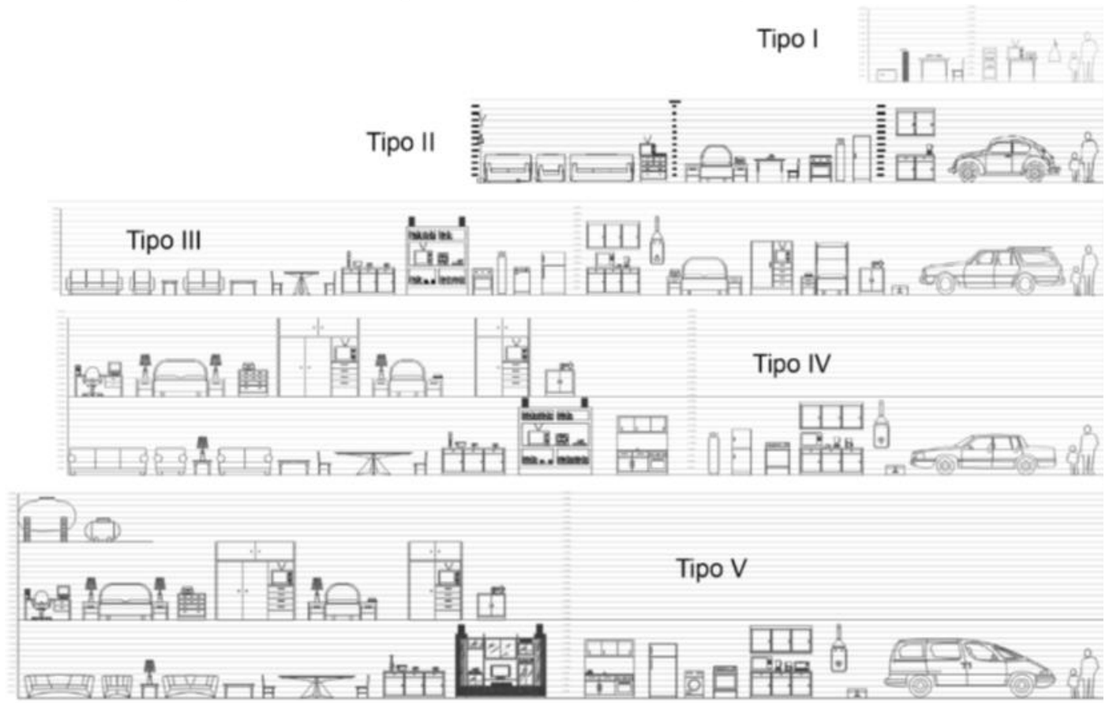
Tabla: VUL-FIS-B. Índice de vulnerabilidad según el tipo de vivienda.

Tipo	Índice de Vulnerabilidad	Color propuesto
I	Alto	Rojo
II	Medio-alto	Naranja
III	Medio	Amarillo
IV	Medio-bajo	Verde
V	Bajo	Blanco

Fuente: SOLUCIONES SIG 2024, con base formato CENAPRED, 2006.

Para la obtención de mapa de vulnerabilidad física por inundaciones se utilizó la información del CENSO 2020 del INEGI a nivel 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 en el municipio con base en los de disponibilidad de bienes existentes en cada localidad estos posible ya que da el número total de enseres y estos se multiplican por el costo y al final se suman y así 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



Fuente: CENAPRED, 2006.

Tabla: VUL-FIS-B-1. Categoría de Vulnerabilidad a Inundaciones.

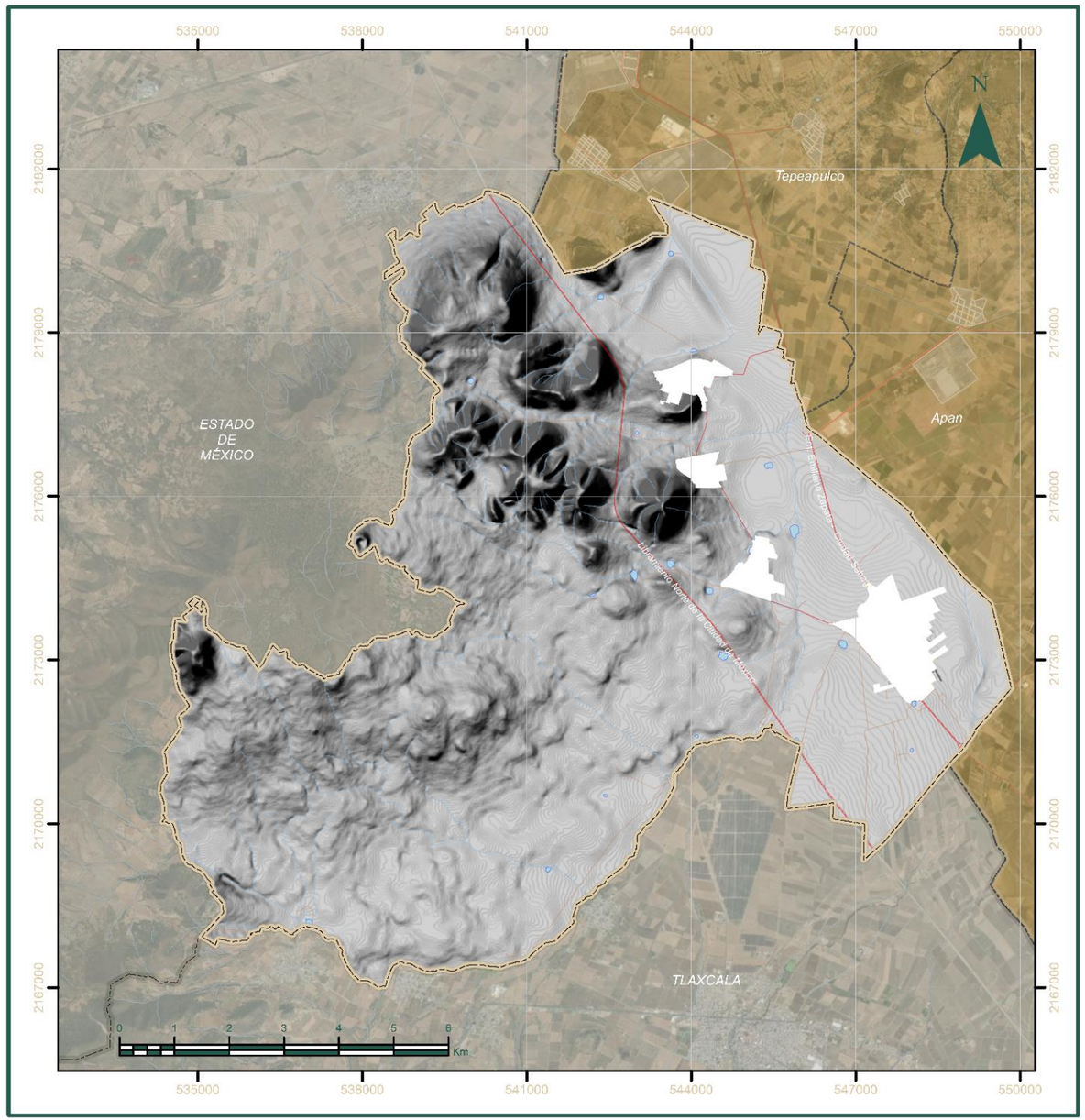
Tipo de vivienda	Índice de vulnerabilidad	Características
I	Alto	Este tipo corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un solo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.
II	Medio-Alto	Hogares de clase baja, la vivienda 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.

Fuente: Modificado de CENAPRED.

Imagen VUL-FIS-B.1. Configuración de valores en enseres domésticos.



Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Vulnerabilidad a Inundaciones
VUL-FIS-B

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Vulnerabilidad

Baja

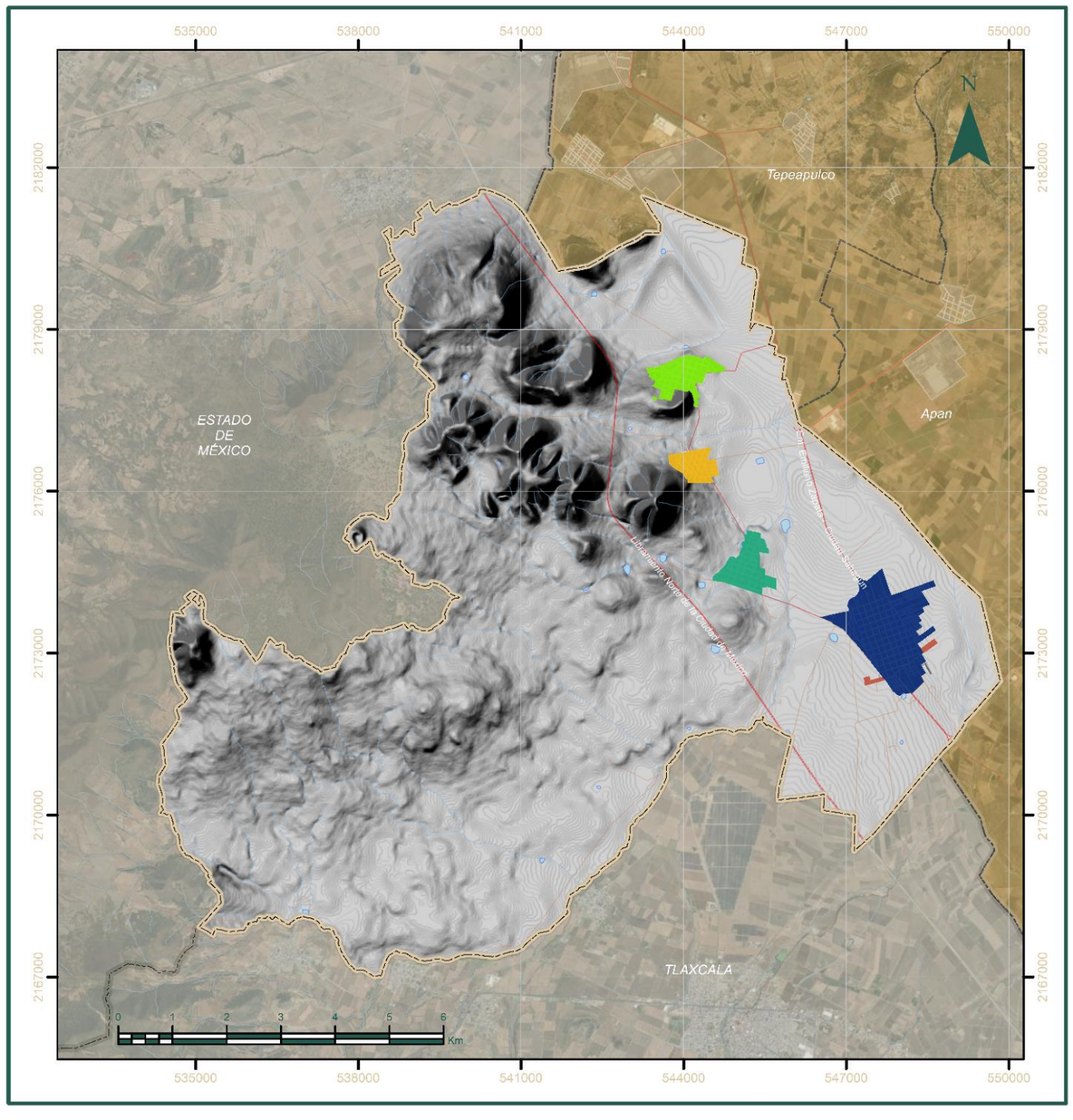
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Costo por Localidad
VUL-FIS-B-01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Costo

- Hasta $ 2,364,360
- Hasta $76,045,120
- Hasta $85,407,478
- Hasta $92,773,395
- Hasta 482,856,117

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

6. Sector económico

En el presente apartado se describe brevemente la dinámica de concentración de unidades económicas de acuerdo con el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE), el cual permitirá determinar cuáles de éstas se identifican como zonas propensas al daño, implicando un costo social y económico.

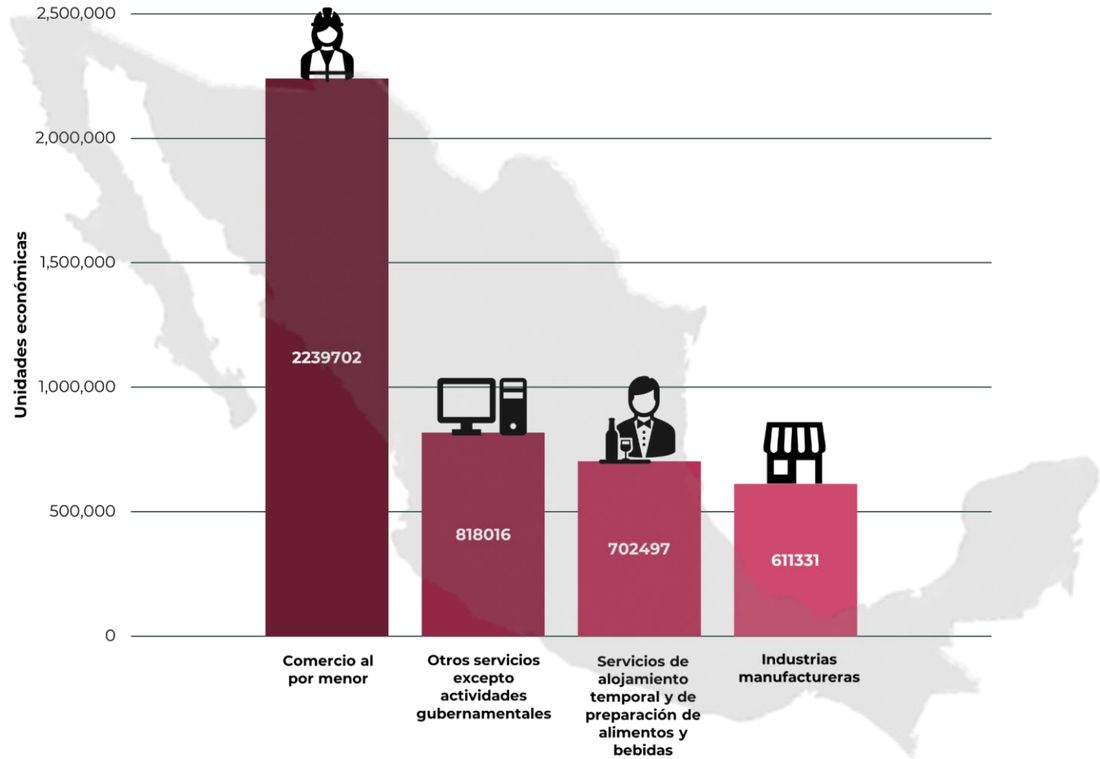
Una Unidad Económica (UE) comprende un establecimiento (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentado en un lugar manera permanente o delimitada por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios (DATA MÉXICO, 2023). En las 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 19 Sectores sin contar el Sector de las Actividades Legislativas , dependiendo de la actividad que se realiza en cada uno de estos sectores, además los sectores se pueden identificar por un código como se muestra a continuación:

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 myor
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

De los sectores económicos mencionados anteriormente México concentra mayor 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 y Industrias manufactureras, como se muestra en la imagen

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 municipio a nivel estatal

El posicionamiento del municipio se hace en base a las unidades económicas, que son aquellos lugares o entidad donde se realizan las actividades económicas, dicha entidad puede ser una fábrica, despacho, banco, casa de cambio, escuela, hospital, taller de reparación, empresa de transporte y otros establecimientos, incluso un espacio de la vivienda o un trabajador por su cuenta sin establecimiento. De acuerdo con la información revisada el número de unidades económicas para el total del Estado de Hidalgo **137,638** de las cuales **793** pertenecen al municipio de Emiliano Zapata, VUL-ECO-1.

Tabla VUL-ECO-1. Unidas Económicas por Sector económico

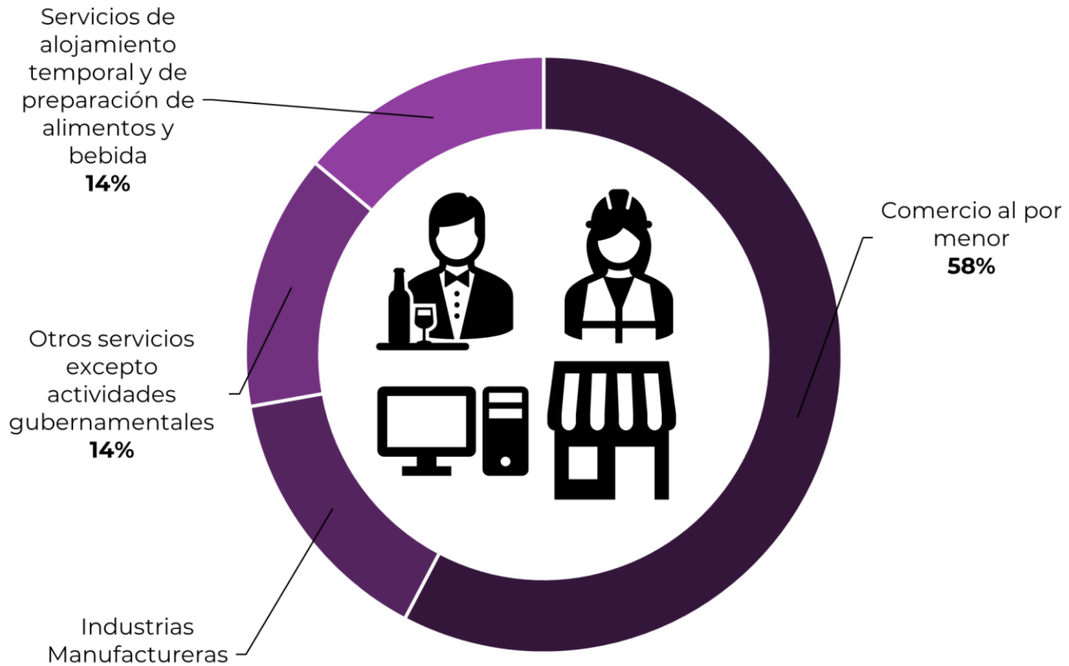
Sector	Actividad	Unidades económicas
11	Agricultura, cría y explotación de animales, aprovechamiento forestal, pesca y caza	0
21	Minería	1
22	Generación, transmisión y distribución de energía eléctrica, suministro de agua y de gas por ductos al consumidor	2
23	Construcción	2
31-33	Industrias Manufactureras	95
43	Comercio al por mayor	19
46	Comercio al por menor	378
48-49	Transportes, correos y almacenamiento	0
51	Información en medios masivos	5
52	Servicios financieros y de seguros	5
53	Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles	18
54	Servicios profesionales, científicos y técnicos	15
55	Corporativos	0
56	Servicios de apoyo a los negocios y manejo de desechos y Servicios de Remediación	11
61	Servicios educativos	16
62	Servicios de salud y de asistencia social	34
71	Servicios de esparcimiento culturales y deportivos	10
72	Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas	91
81	Otros servicios excepto actividades gubernamentales	91

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

De acuerdo a la tabla anterior se puede observar que los cuatro Sectores económicos con mayor número de UE son **Comercio al por menor, Industrias Manufactureras,**

Otros servicios excepto actividades gubernamentales, Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas y las con **378, 95, 91 y 91** UE respectivamente, en la Gráfica VUL-ECO-2 se observa el porcentaje de los sectores económicos mencionados anteriormente de acuerdo al total de UE.

Gráfica VUL-ECO-2. Sectores económicos con mayor Unidades Económicas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir del DENUE de INEGI, 2024.

Metodología

Para la estimación de producción económica se emplearon fuentes de información tales como el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) 2020 y el Censo Económico 2019 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

Gracias a la clasificación del SCIAN del DENUE del INEGI, se realizó una estimación de producción per cápita considerando los rangos de población empleada identificada en la base de datos y el valor de la producción a rama de actividad de la clasificación SCIAN de las actividades económicas. La producción per cápita es la razón que resulta de la división entre la producción económica de cada subsistema y la población empleada estimada total de dicho subsistema.

El proceso se validó a partir de una metodología propuesta por el Colegio de México en el documento de investigación SEGURIDAD HÍDRICA EN LA CIUDAD DE MÉXICO: RIESGOS DE INUNDACIONES, Fase 1, Diagnóstico. Donde se establece una metodología para estimar la

producción por unidad económica con los datos disponibles en el Censo económico y la misma información del DENUE.

Memoria de cálculo

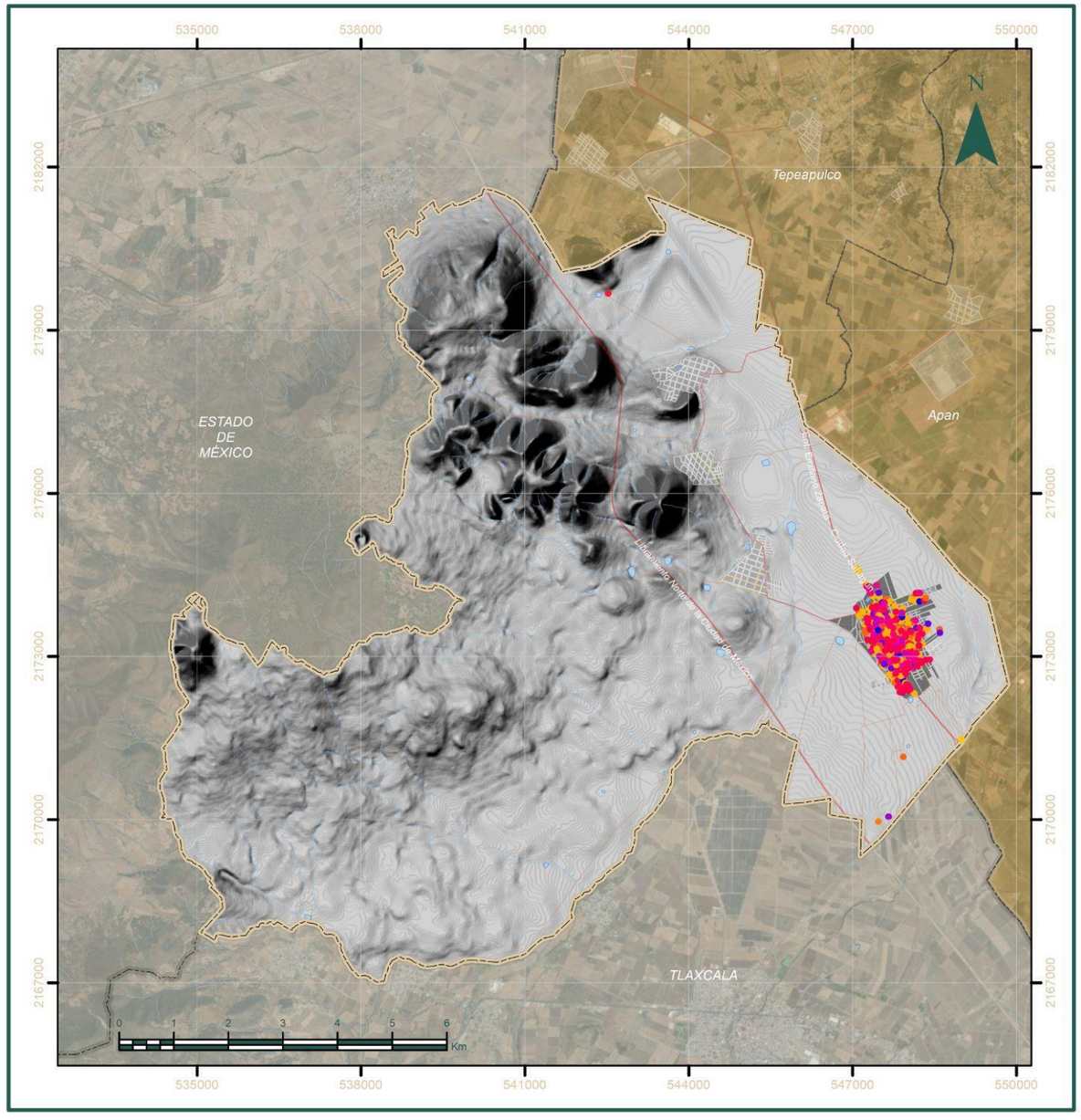
El método permitió empatar la producción anual por cada unidad económica con las manzanas que conforman el municipio, esto para estimar cómo es que la contribución económica se distribuye y cuáles son las zonas de bajo valor productivo, así como las de alta productividad en el territorio.

Siguiendo con la metodología también se calculó el número de empleados que hay por cada unidad económica. Los valores resultantes se empataron con las manzanas del municipio, esto ayuda a comprender si existe relación entre la distribución de las unidades económicas con el número de empleados que laboran en el sitio.

Debido a la falta de datos en el Censo económico no se tomaron en cuenta los Sectores con código 21, 22, 23, 51, 52 Y 71.

En el primer mapa se muestra la distribución de las unidades económicas dentro del municipio, que en su mayoría se concentran en la zona centro del municipio, y algunas pocas en la periferia.

En el segundo mapa se muestra el mapa de producción económica por manzana que va de los $144,643 a los $38,880,185 por año, la mayoría de las manzanas que contribuyen a esto van de los $144,643 a los $7,891,751 solo pocas manzanas en el centro de el municipio contribuyen a la más alta cantidad económica al año, que corresponde a donde se encuentra cerca del Mercado Municipal 5 de Febrero, así como la Presidencia Municipal de Emiliano Zapata, entre otros sitios.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Unidades Económicas
VUL - ECO - 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Actividad

- 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
- Servicios de alojamiento temporal y de preparación de alimentos y bebidas
- Servicios inmobiliarios y de alquiler de bienes muebles
- Otros servicios excepto actividades gubernamentales
- Servicios de esparcimiento culturales y deportivos
- Servicios profesionales, científicos y técnicos
- Servicios de salud y de asistencia social
- Servicios financieros y de seguros
- Información en medios masivos
- Industrias manufactureras
- Comercio al por mayor
- Comercio al por menor
- Servicios educativos
- Construcción
- Minería

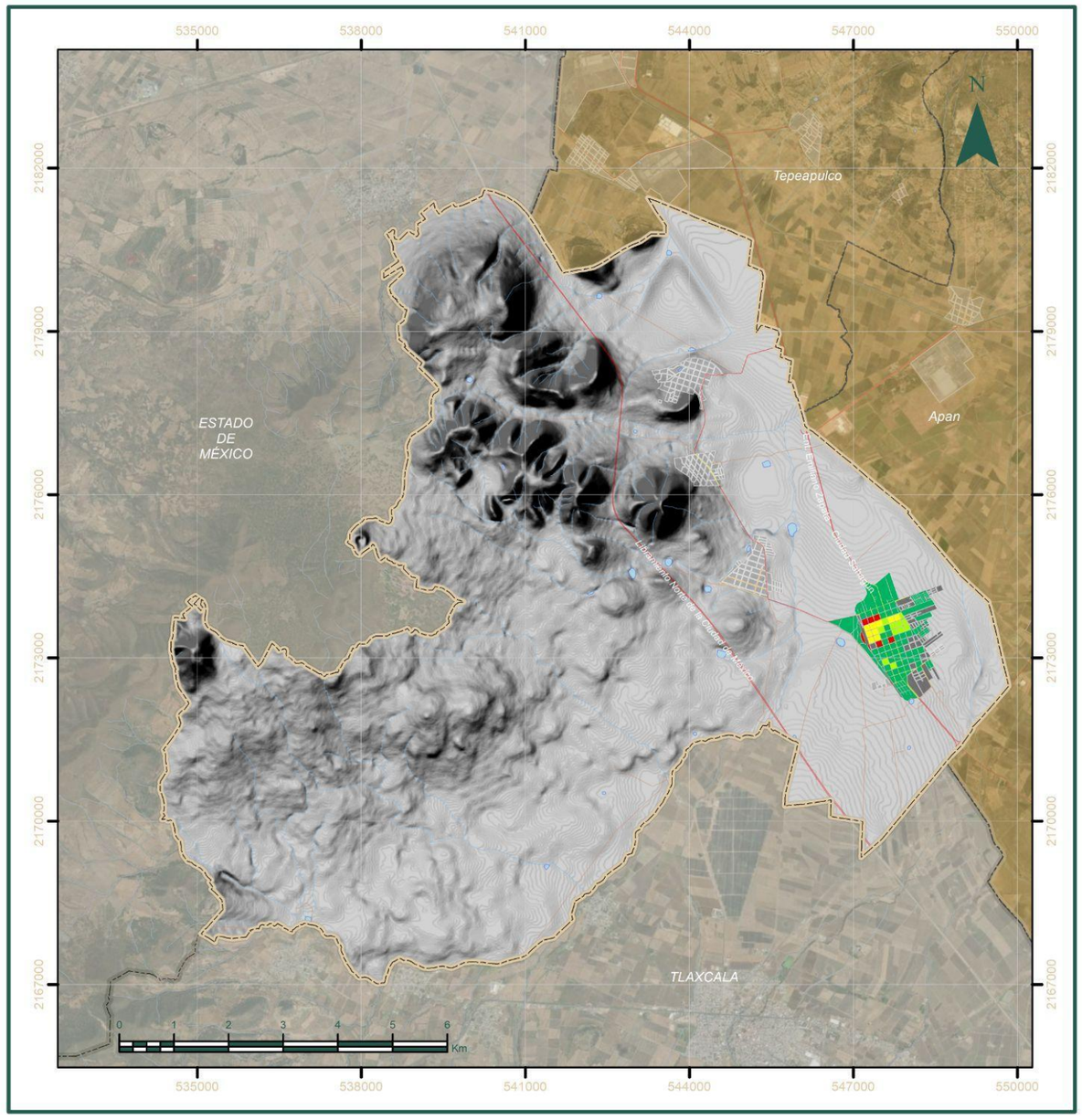
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Producción Económica Anual
VUL - ECO - 02

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Producción económica por manzana

- $144,643 - $7,891,751
- $7,891,752 - $15,638,860
- $15,638,861 - $23,385,968
- $23,385,969 - $31,133,077
- $31,133,078 - $38,880,185

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

7. 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 del Distrito Federal, 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.

Reconstruir mejor

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 pública sobre el riesgo de desastres.

Educativo

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.

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 2008, se publicó la Ley que Crea el Instituto Hidalguense de la Infraestructura Física Educativa.

Esta Ley surge por la necesidad urgente de la intervención coordinada y constante de todos los que participan en la construcción, equipamiento, mantenimiento, rehabilitación, reforzamiento, reconstrucción y habilitación de inmuebles e instalaciones destinados al servicio del sistema educativo.

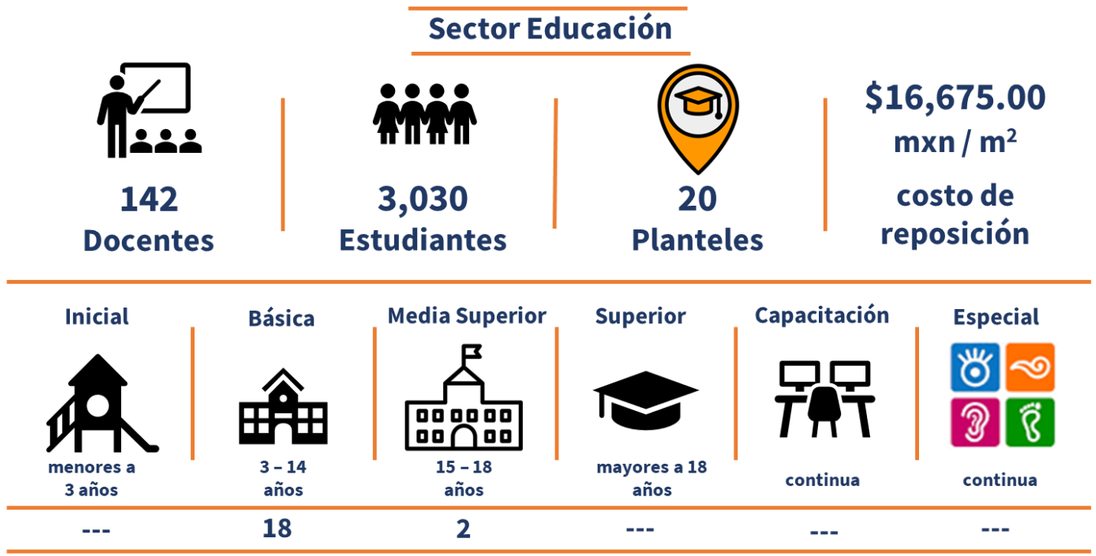
El instituto actuará como instancia asesora y coordinará las actividades derivadas de la prevención y atención de daños causados a la infraestructura física educativa estatal por desastres naturales, tecnológicos o humanos, para realizar la construcción, equipamiento, mantenimiento, rehabilitación, refuerzo, reconstrucción, reconversión y habilitación de inmuebles e instalaciones educativas.

Para este efecto el Instituto podrá ejercer recursos que destinen los gobiernos federal, estatal, y municipales para la construcción, mantenimiento, rehabilitación, equipamiento, reforzamiento, reconstrucción y habilitación de espacios educativos, así como los originados de otras aportaciones, participaciones, subsidios y apoyos que le otorguen.

El Instituto podrá emitir y aplicar especificaciones técnicas para la elaboración de estudios, proyectos, obras e instalaciones, así como proponer la difusión de las normas mexicanas que se expidan en materia de construcción, equipamiento, mantenimiento, rehabilitación, reforzamiento, reconstrucción, reconversión y habilitación de los inmuebles e instalaciones destinados al servicio del Sistema Educativo Estatal y Federal.

De igual forma el Instituto tiene la atribución para elaborar convenios de colaboración con los Ayuntamientos, para asesorar a los mismos, en caso de que lo requieran, en materia de construcción, mantenimiento, equipamiento rehabilitación, reforzamiento, reconstrucción, reconversión y habilitación de la infraestructura educativa.

Imagen SE-1 Síntesis del sector Educación



Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

Salud

Clínicas, Hospitales y Centros de Salud que son responsabilidad y administrados por el Gobierno Estatal, y que, en caso de un siniestro o desastre de origen natural es atribución del Estado restablecer, recuperar, rehabilitar o reconstruir si es que se presentan daños estructurales.

De igual modo, se obtuvo información de este sector 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 91 centros de salud existentes en el municipio, de los cuales se sabe su clasificación en Consulta externa, Hospitalización, Apoyo y Asistencia Social.

Imagen SE-2 Síntesis del sector Salud



Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.

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.

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:

1. Proteger la vida: La edificación del establecimiento de salud es capaz de mantenerse en pie y resistir con daño mínimo;
2. 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
3. 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.

8. Identificación de amenazas, peligros, vulnerabilidad y riesgos ante fenómenos perturbadores

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 municipio.

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 en el municipio y su integración final en diferentes insumos construidos para entender y dar sentido al proceso de construcción de riesgos en el municipio, para formular políticas para la gestión integral de riesgos.

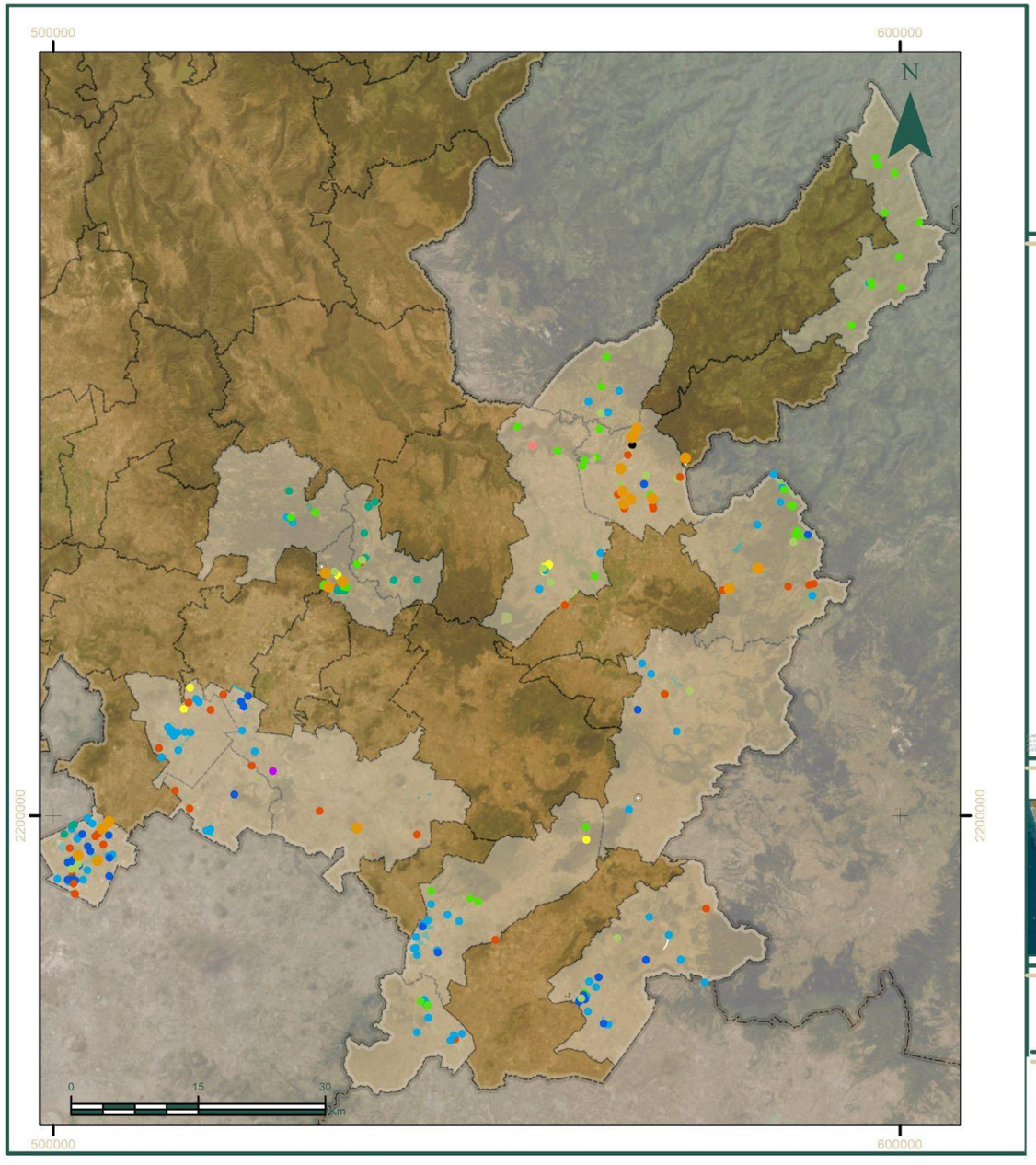
Cada fenómeno perturbador ha sido construido cartográficamente con base en lo establecido en la Guía de contenido mínimo para la elaboración del atlas nacional de riesgos y sus respectivos anexos, expendios en el Diario Oficial de la Federación Tomo DCCLIX No. 15 con fecha del miércoles 21 de diciembre 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, es por ello que el énfasis en cada municipio será la identificación de los sistemas afectables ante fenómenos perturbadores en sus 5 categorías taxonómicas: Geológicos, Hidro-Meteorológicos, Químico-Tecnológicos, Sanitario-Ecológicos y Socio-Organizativos.

A continuación se representa la ubicación geoespacial de los sitios en los que se realizaron inspecciones técnicas en campo, con el objeto de obtener información territorial que de soporte y verificación a la generación de los resultados de los diversos modelamientos de peligros y susceptibilidad abordados en las temáticas del presente Atlas.

Cubriendo un total de 384 sitios visitados y el sobrevuelo con equipos drone de 42 sitios críticos señalados por las autoridades del territorio comprendido por los 16 municipios del presente proyecto.



Inspecciones Técnicas en Campo por Soluciones SIG

Leyenda

- Accidentes Terrestres
- Almacenamiento de Sustancias
- Contaminación del Agua
- Contaminación del Suelo
- Incendios Forestales
- Interrupción de Servicios
- Laderas
- Hundimientos
- Inundaciones
- Sequía
- Conglomeración de Personas
- Transporte de Sustancias
- Vientos Fuertes.

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:650,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO 2011-2016
GOBIERNO SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG

9. Fenómenos 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.

9.1. Inestabilidad de laderas

9.1.1. 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).

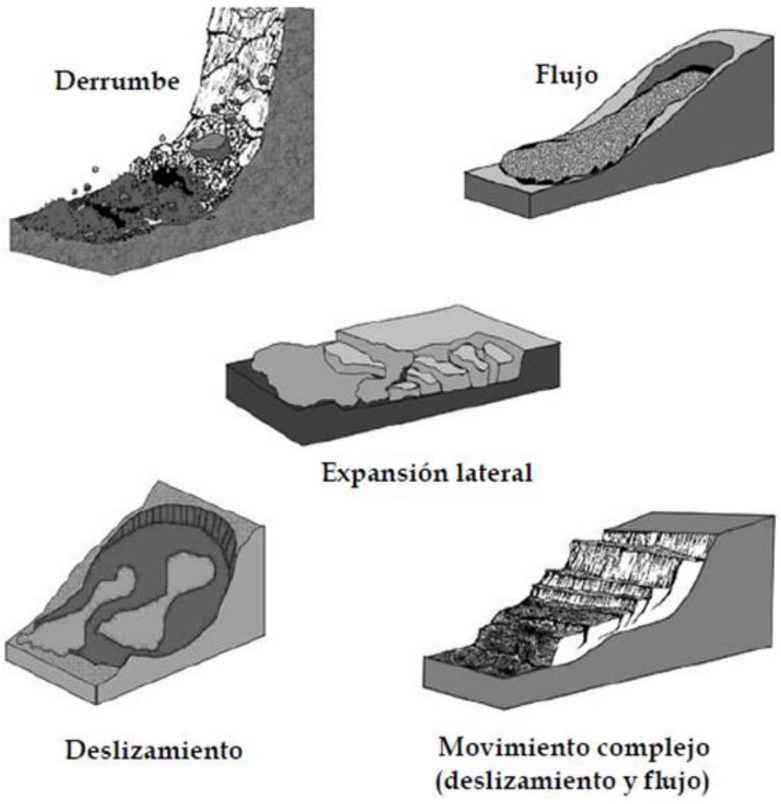
- Rotacionales: Deslizamientos en los que su superficie principal de falla resulta cóncava hacia arriba (forma de cuchara o concha), definiendo un movimiento rotacional de la masa inestable de suelos y/o fragmentos de rocas con centro de giro por encima de su centro de gravedad. A menudo estos deslizamientos 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-A-1. Tipos de procesos de remoción en masa.



Fuente: Derrumbes: una luz al final del túnel. Alcántara-Ayala, 2010.

9.1.2. 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 método de las jerarquías analíticas desarrollado por Saaty (1990). 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, geomorfología, distancia a estructuras geológicas y cobertura vegetal.

Memoria de Cálculo

La susceptibilidad es una propiedad del terreno que indica que tan favorables o desfavorables son las condiciones de éste, para que pueda ocurrir inestabilidad, y se refiere solamente a factores intrínsecos (condicionantes) a los materiales naturales de la ladera, sin considerar factores desencadenantes, como sería el caso de la precipitación o la sismicidad (Almaguer, 2005; González de Vallejo, 2002; IUGS, 1997; Leroi, 1997; Suárez, 1998).

El análisis de susceptibilidad se trata del proceso de cuantificación relativa de la importancia que puede tener cada uno de los factores intrínsecos o condicionantes en la posibilidad que se produzcan fenómenos de procesos de remoción en masa. Con la suma de los pesos de cada uno de los factores considerados se obtienen diferentes valores de susceptibilidad en una determinada área geográfica. Estos valores de susceptibilidad se clasifican generalmente en categorías genéricas: susceptibilidad muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

Cada criterio se interpreta y se clasifica en valores de 1 a 5 asociados a un semáforo de colores. De esta forma se tienen tres escalas: 1) Cuantitativa, 2) Cualitativa y 3) Código de Color, CENAPRED, (2016).

Tabla GEO-A-2. Escala cuantitativa, cualitativa y colores asignados

Cuantitativo	Cualitativo	Nombre del color	Color
1	Muy bajo	Verde oscuro	
2	Bajo	Verde claro	
3	Medio	Amarillo	
4	Alto	Anaranjado	
5	Muy alto	Rojo	

Fuente: Soluciones SIG.

Una vez identificadas las características de cada uno de los factores condicionantes, se realizó la evaluación de concordancia, propia del método de jerarquías analíticas, donde se analiza la relación de un par de criterios a la vez para después ser cualificados y cuantificados mediante ciertos parámetros (Huang et al, 2003). En este análisis cada parámetro asigna un puntaje entre 1 y 4 de acuerdo con el nivel de importancia de la relación de pares analizados.

Tabla GEO-A-3. Parámetros para la determinación de Pesos de Criterios

Nivel de importancia	Definición	Descripción
1	Igual preferencia	Los dos criterios (x,J) contribuyen de igual manera al proceso de ladera.
2	Moderada preferencia	Pasadas experiencias favorecen ligeramente al criterio (x) sobre el otro (j).
3	Fuerte preferencia	Prácticamente el dominio del criterio (x) sobre el otro (j) está demostrada
4	Absoluta preferencia	Existe evidencia que determina la supremacía del criterio (x).

Fuente. Soluciones Sig 2024.

Estos valores de concordancia son luego ingresados al MJA, convirtiendo esta evaluación subjetiva en un conjunto de pesos lineares (Malczewski, 1996, Malczewski, 2000).

Tabla GEO-A-4. Matriz para la determinación de los pesos de cada criterio. Método de Jerarquías Analíticas

Criterios	Litología	Pendientes	Geomorfología	Cobertura vegetal
Litología	1	1	2	3
Pendientes	1	1	4	3
Geomorfología	0.5	1	1	1
Cobertura vegetal	0.333	0.333	1	1

Fuente. Soluciones Sig 2024.

Una vez calculados los Pesos correspondientes a cada criterio por medio de la fórmula:

$$\text{Pesos de los criterios} = (\sum xjj/n) / (\sum xj)$$

Se obtiene la siguiente tabla de Pesos:

Tabla GEO-A-5. Pesos de criterios para la elaboración del Mapa de Susceptibilidad.

Criterio	Peso de criterios	Nivel de importancia
Litología	0.357	Muy Importante
Pendiente	0.307	Importante
Geomorfología	0.2	Moderadamente importante
Cobertura vegetal	0.136	Poco importante

Fuente: Soluciones SIG.

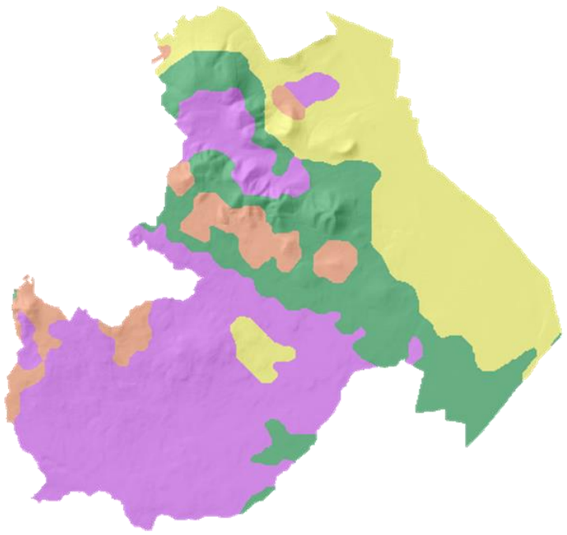
Los resultados de la tabla se utilizan para asignar el peso a cada capa reclasificada de factores condicionantes y realizar el álgebra de mapas, con lo que se obtiene el mapa de susceptibilidad.

Tabla GEO-A-6. Clasificación de litología.

Litología

La litología estudia la composición física y química de las rocas, describe su composición mineralógica. 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
0.357	Basalto/andesita	2
	Basalto-brecha volcánica/ riodacita	3
	Toba	4
	Depósito aluvial	5



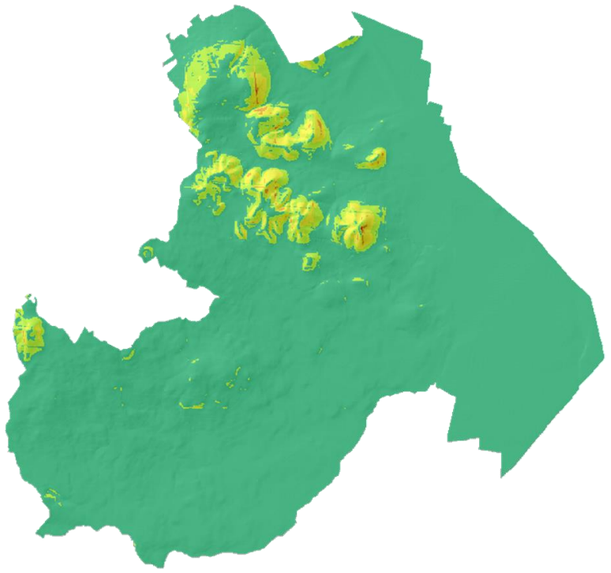
Fuente. INEGI y SGM.

Tabla GEO-A-7. Clasificación de pendientes.

Pendientes

La inclinación del terreno (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).

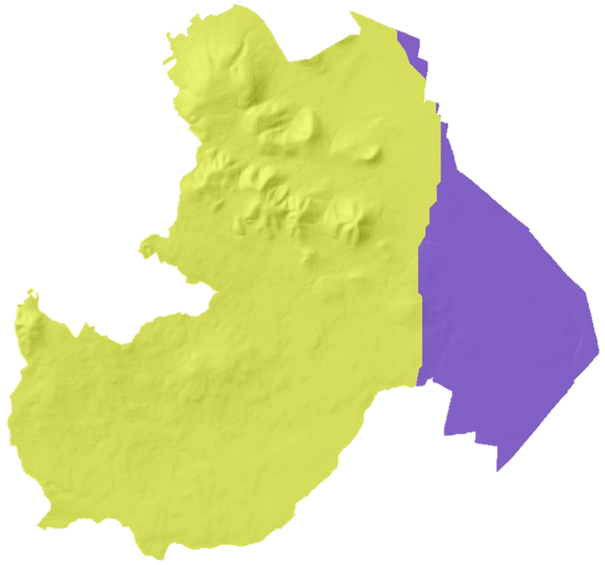
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.307	0° a 15°	1
	15° a 25°	2
	25° a 35°	3
	35° a 45°	4
	Más de 45°	5



Fuente. INEGI.

Tabla GEO-A-8. Clasificación de geomorfología.

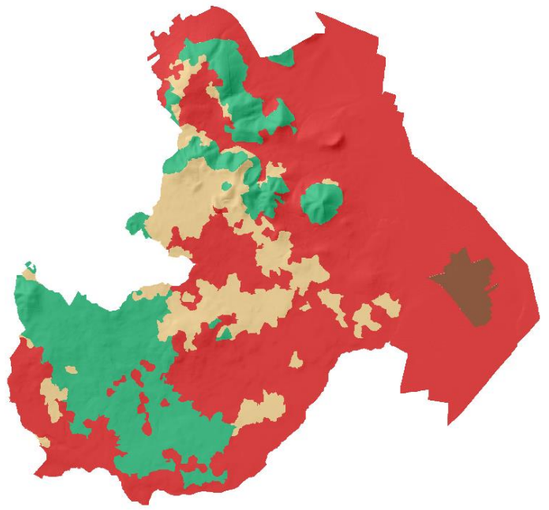
Geomorfología		
La geomorfología estudia las formas del relieve, sus características y los procesos que las formaron. Muchas topoformas están relacionadas a su litología, procesos tectónicos y erosivos. Para el caso de inestabilidad de laderas aquellas formas del relieve con mayor pendiente y patrón de drenaje más denso serán más propensas a presentar procesos de remoción en masa.		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.2	Llanura con lomerío	2
	Lomerío	4



Fuente. INEGI.

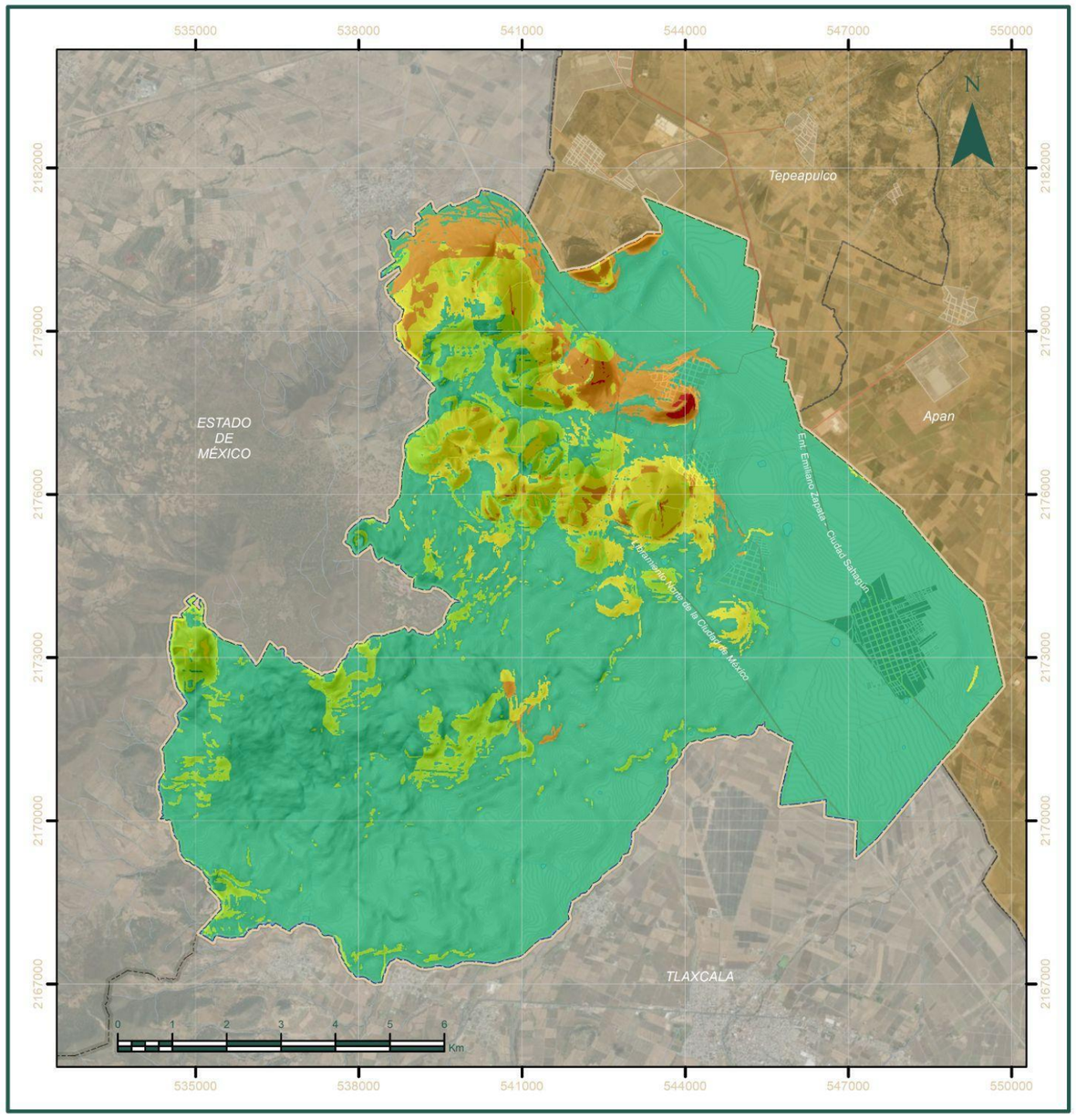
Tabla GEO-A-9. Clasificación de uso de suelo y vegetación.

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. (CENAPRED, 2020). El cambio de la vegetación natural incide en la escorrentía que se presenta en la ladera, que puede llevar a formar canales de drenaje más pronunciados, transportando mayor cantidad de agua a la zona baja de la ladera con el consecuente aumento de la erosión.		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.136	Abundante vegetación	1
	Moderada vegetación	2
	Escasa vegetación	3
	Zona de agricultura	4
	Asentamientos urbanos	5



Fuente. INEGI y Sentinel 2.

9.1.3. Susceptibilidad



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Inestabilidad de Laderas
GEO - A

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Susceptibilidad

- Muy baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy alta

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG

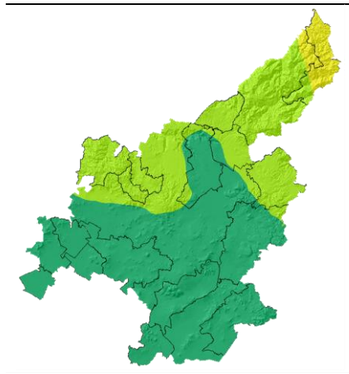
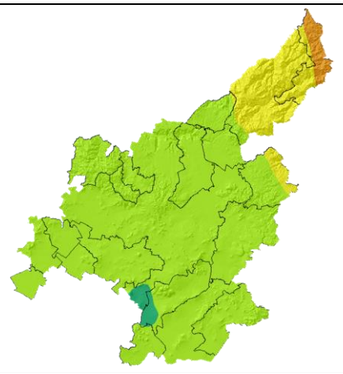
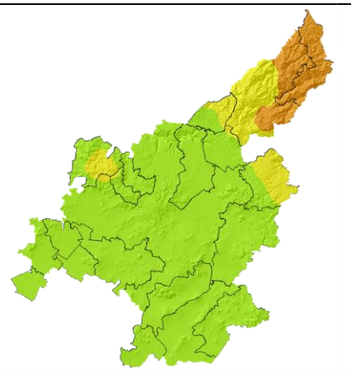
Peligro

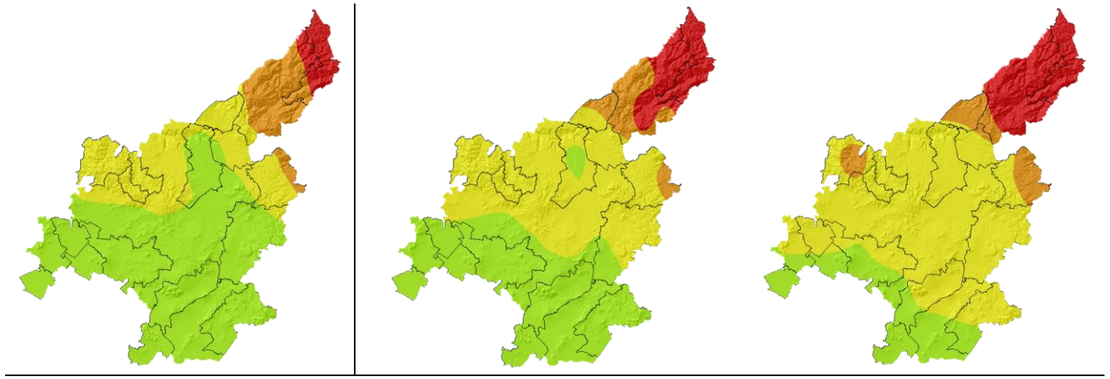
Para la obtención del mapa de peligros es necesario relacionar el mapa de susceptibilidad y un factor detonante como la lluvia, para esto es necesario definir los periodos de retorno y la construcción de mapa de isoyetas para posteriormente clasificar umbrales de lluvia.

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 Hidalgo los siguientes umbrales de lluvia acumulada en 24 horas.

Tabla GEO-A-10. Clasificación de precipitación y mapas de la distribución de umbrales en los 16 municipios.

Distribución de lluvias acumuladas en el Estado de HIdalgo	
>194 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.
145 - 194 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.
97-145 mm	Peligro medio, podrían existir caídas de roca o deslizamientos de tierra pequeños o moderados, principalmente en cortes carreteros o de taludes.
48.5-97 mm	Peligro bajo, probabilidad baja de caídas de roca o deslizamientos.
<48.5 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

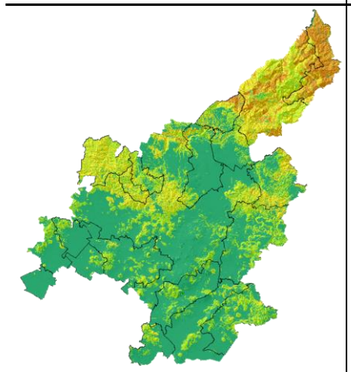
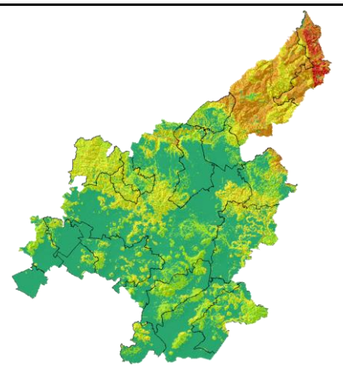
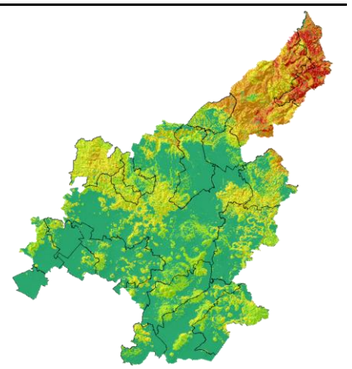
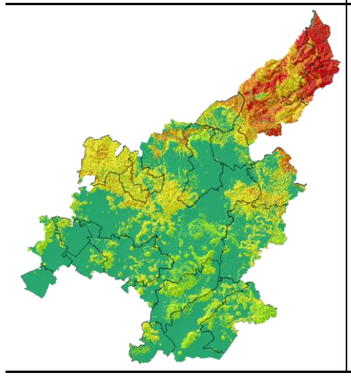
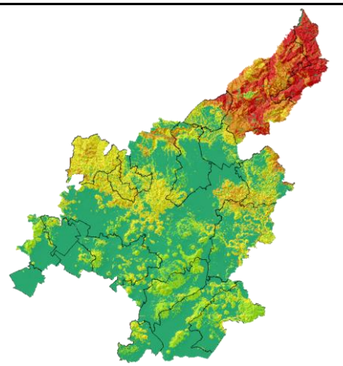
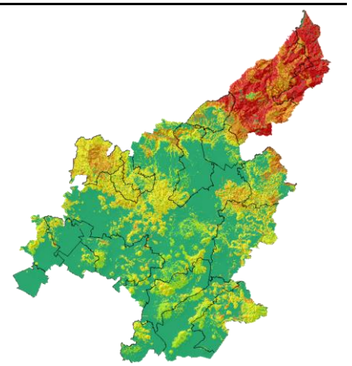


Fuente: CENAPRED.

Después de reclasificar la precipitación en base a 5 umbrales de lluvia, desde muy bajo a muy alto, se realiza el álgebra de mapas en donde la lluvia y la susceptibilidad contribuyen en un 50% cada uno.

Después de reclasificar la precipitación en base a 5 umbrales de lluvia, desde muy bajo a muy alto, se realiza el álgebra de mapas en donde la lluvia y la susceptibilidad contribuyen en un 50% cada uno.

Tabla GEO-A-11. Mapas de peligro para tiempos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años.

2 años	5 años	10 años
		
20 años	**50 años**	**100 años**
		

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG. S.A. de C.V. empleando la publicación de CENAPRED, 2019.

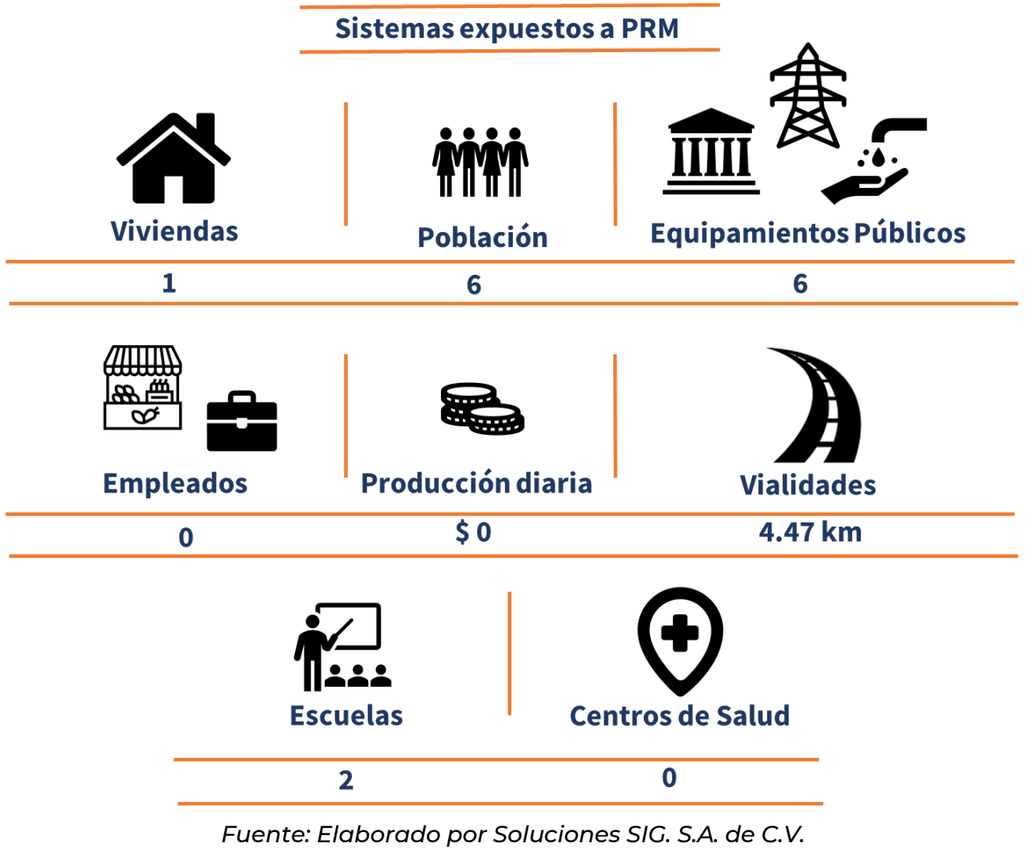
9.1.4. Vulnerabilidad y riesgo

En razón de la mecánica del fenómeno, se catalogaron en vulnerabilidad y riesgo, aquellos sistemas que se ubicaron como expuestos en un radio de 100 m con respecto a las zonas con categoría de susceptibilidad Alta y Muy Alta.

Para ello, fue empleado un sistema de información geográfica, teniendo como base las capas de información desarrolladas en el inventario de vulnerabilidades y para lo cual resultaron los siguientes concentrados de sistemas expuestos, presentados en la imagen *GEO-A-2* .

Se señala la necesidad de un estudio más específico en torno a los sistemas expuestos que se determinaron, para con ello descartar o reiterar su situación de riesgo ante este fenómeno.

Imagen GEO-A-2. Concentrado de sistemas expuestos.



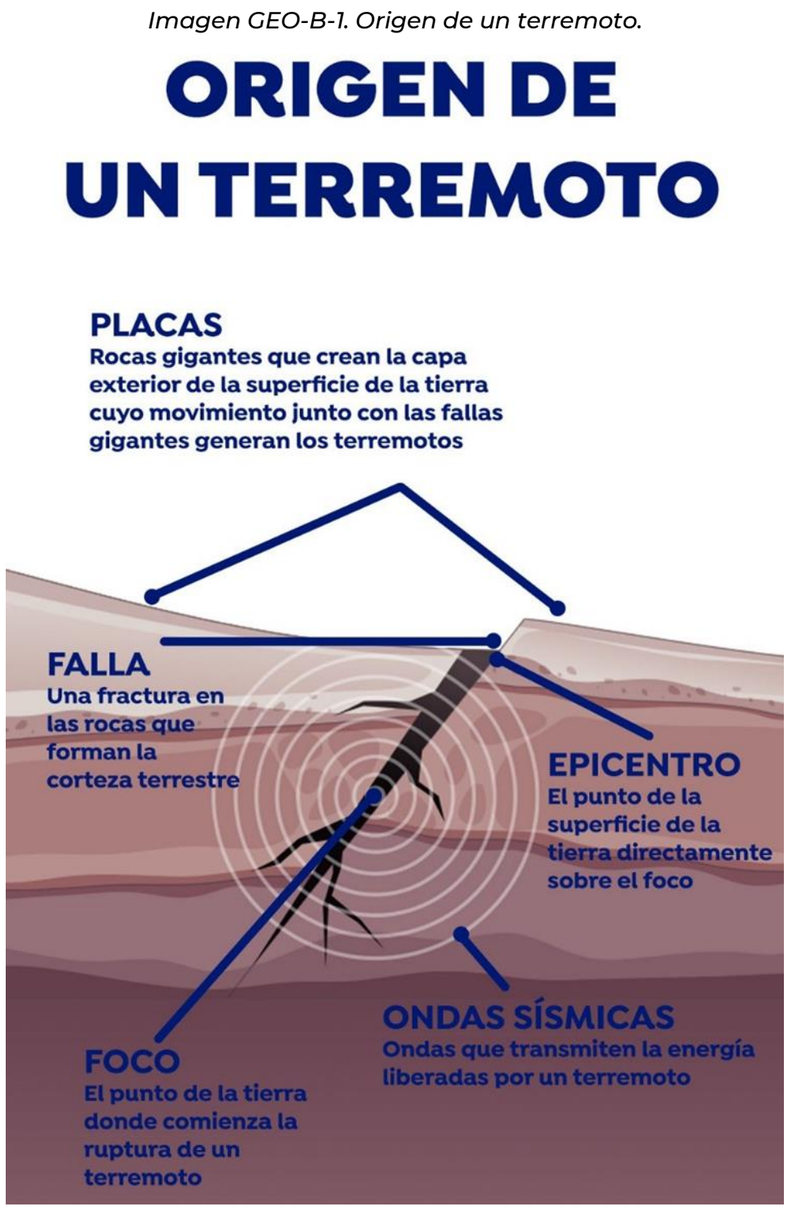
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG. S.A. de C.V.

9.2. Sismos

9.2.1. Introducción

Un sismo es un rompimiento repentino de las rocas en el interior de la Tierra. Esta liberación repentina de energía se propaga en forma de ondas que provocan el movimiento del terreno. La capa más superficial de la Tierra, denominada litósfera es una capa rígida compuesta por material que puede fracturarse al ejercer una fuerza sobre él y forma un rompecabezas llamado Placas Tectónicas. Estas placas viajan como "bloques de corcho en agua" sobre la Astenósfera, la cual es una capa visco-elástica donde el material fluye al ejercer una fuerza sobre él. Estos desplazamientos aleatorios de las placas son debidos a movimientos convectivos en la capa intermedia de la Tierra o manto, esto es, material caliente del interior de la Tierra sube a la superficie liberando calor interno, mientras que el material frío baja al interior. Este fenómeno provoca el movimiento de las placas y es justo en los límites entre placas, donde hacen contacto unas con otras, se generan fuerzas de fricción que mantienen atoradas dos placas adyacentes, produciendo grandes esfuerzos en los materiales. Cuando dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, o cuando se vence la fuerza de fricción, se produce la ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada, generándose así un temblor que radia dicha energía en forma de ondas que se propagan en todas direcciones a través del medio sólido de la Tierra (Nacional, s. f.).

Imagen GEO-B-1. Origen de un terremoto.



Fuente: Noticias, 2024.

Causas

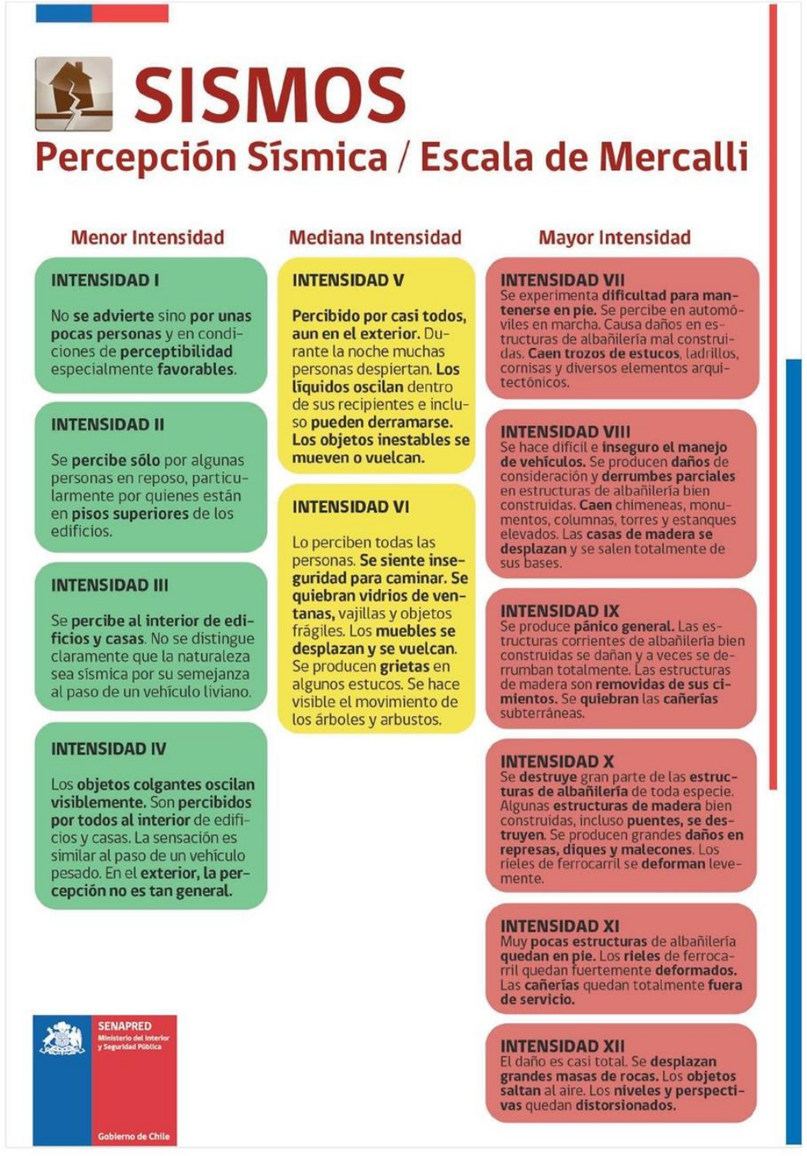
Aunque la interacción entre Placas Tectónicas es la principal causa de los sismos no es la única. Cualquier proceso que pueda lograr grandes concentraciones de energía en las rocas puede generar sismos cuyo tamaño dependerá, entre otros factores, de qué tan grande sea la zona de concentración del esfuerzo. Las causas más generales se pueden enumeran según su orden de importancia en:

- **TECTÓNICA:** son los sismos que se originan por el desplazamiento de las placas tectónicas que conforman la corteza, afectan grandes extensiones y es la causa que más genera sismos.
- **VOLCÁNICA:** es poco frecuente; cuando la erupción es violenta genera grandes sacudidas que afectan sobre todo a los lugares cercanos, pero a pesar de ello su campo de acción es reducido en comparación con los de origen tectónico.
- **HUNDIMIENTO:** cuando al interior de la corteza se ha producido la acción erosiva de las aguas subterráneas, va dejando un vacío, el cual termina por ceder ante el peso de la parte superior. Es esta caída que genera vibraciones conocidas como sismos. Su ocurrencia es poco frecuente y de poca extensión.
- **DESLIZAMIENTOS:** el propio peso de las montañas es una fuerza enorme que tiende a aplanarlas y que puede producir sismos al ocasionar deslizamientos a lo largo de fallas, pero generalmente no son de gran magnitud.
- **EXPLOSIONES ATÓMICAS:** realizadas por el ser humano y que al parecer tienen una relación con los movimientos sísmicos.

Los sismos se pueden cuantificar midiendo distintos parámetros como puede ser la magnitud o la intensidad, para eso tenemos que comprender la diferencia entre magnitud e intensidad. Un sismo radica en que la magnitud es una medida numérica obtenida a partir de los registros sismográficos y está relacionada con el tamaño y la energía liberada durante un temblor. La escala de intensidad se asigna en función a los daños o efectos causados al hombre y sus construcciones (Nacional, s. f.).

La Escala de Intensidad o Mercalli. Es una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo, debe su nombre al físico italiano Giuseppe Mercalli. Generalmente, un gran terremoto producirá valores de mayor intensidad que uno pequeño pero hay otros factores capaces de afectar como la cantidad de energía liberada, la distancia del epicentro, la profundidad focal del sismo, la densidad de la población, la geología local del área, el tipo de construcción de los edificios así como la duración del sacudimiento. En 1902, Mercalli propuso una tabla, que fue posteriormente modificada en 1931 y desde entonces se ha llamado escala Modificada de Mercalli (MM). Consta de 12 grados de intensidad donde se muestran también las características de cada grado, denotado por números romanos del I al XII. No es la única, pero sí la más frecuentemente usada en nuestro continente (SGM, 2017).

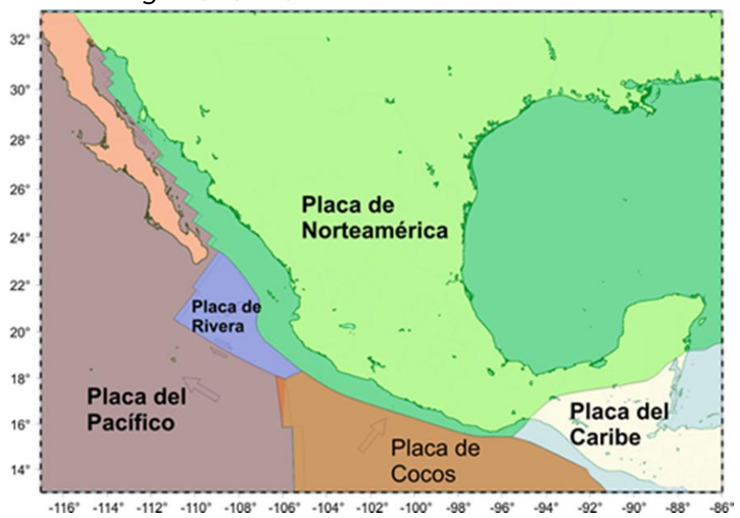
Imagen GEO-B-2. Percepción sísmica- Escala Mercalli



Fuente: CENAPRED

México se localiza en una de las zonas sísmicas más activas del mundo, resultado de múltiples procesos y evoluciones tectónicas. Geológicamente hablando el territorio mexicano se localiza sobre cinco placas litosféricas: Caribe, Pacífico, Norteamericana, Rivera y Cocos. La Placa Norteamericana cubre la mayor parte de México continental, toda Norteamérica, parte del Océano Atlántico y parte de Asia. La Placa del Pacífico incluye la península de Baja California, el oeste de California y el Océano Pacífico. La Placa del Caribe constituye el sur de Chiapas, las islas caribeñas y los países de Centroamérica. Las otras dos placas que conforman el rompecabezas tectónico de México, Cocos y Rivera, son oceánicas y se ubican en el océano pacífico (SGM, 2017).

Imagen GEO-B-3. Placas tectónicas en México



Fuente: Servicio Sismológico Nacional, 2017

9.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Metodología

Para la evaluación del peligro sísmico se utilizó la metodología descrita por CENAPRED en Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, 2016.

1. Generar un mapa de localizaciones epicentros e hipocentros de sismos ocurridos en la zona en estudio, considerando la información histórica hasta la fecha.

2. Ubicación del municipio en el contexto de la Regionalización Sísmica de México, desarrollada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en la versión más reciente del manual de diseño de obras civiles.

3. Incluir un mapa de intensidades (Escala de Mercalli Modificada) para cada uno de los sismos que hayan producido daños.

4. Incluir tabla de peligro sísmico para periodos de retorno de 10, 100 y 500 años.

5. Se deberá incluir un mapa de zonificación.

Memoria de cálculo

1. Se ubicaron en el Sistema de Información Geográfica todos le epicentros reportados en el catálogo sísmico del Servicio Sismológico Nacional (SSN), desde el año 1900 hasta el 2024, para reconocer la tasa de incidencia de sismicidad local y poder asociarla a las estructuras existentes, a partir de un radio de 30km de la cabecera municipal.

2. Determinación de la región sísmica a la que pertenece la zona, a partir del Análisis de Regionalización Sísmica propuesta por la CFE (2015).

3. Con base en la escala de intensidades de Mercalli Modificada aplicada a sismos históricos, se efectúa un análisis detallado del área de estudio con el objetivo de identificar las zonas o zona específica en la que se encuentra ubicado el municipio. La escala de Mercalli Modificada es empleada para una evaluación cualitativa de la clase de daños causados por un sismo. La identificación del municipio con respecto al semáforo sísmico (Global de Intensidades), basado en la escala de Intensidad Modificada de Mercalli (IMM). Se agrega tabla de escala de Mercalli Modificada, para la identificación del grado de afectación esperada.

Tabla GEO-B-1. Escala Sísmica Modificada de Mercalli

Escala Sísmica Modificada de Mercalli	
I. Imperceptible	Microsismo, detectado por instrumentos
II. Muy Leve	Sentido por algunas personas (generalmente en reposo)
III. Leve	Sentido por algunas personas dentro de edificios
IV. Moderado	Sentido por algunas personas fuera de edificios
V. Poco Fuerte	Sentido por casi todos
VI. Fuerte	Sentido por todos
VII. Muy Fuerte	Las construcciones sufren daño moderado
VIII. Destructivo	Daños considerables en estructuras
IX. Muy Destructivo	Daños graves y pánico general
X. Desastroso	Destrucción en edificios bien construidos
XI. Muy Desastroso	Casi nada en pie
XII. Catastrófico	Destrucción total

Fuente: Soluciones SIG a partir de los datos de la Escala Sísmica Modificada de Mercalli.

4. Se integró una tabla de escenarios de Peligro sísmico por Aceleración Máxima del Terreno para distintos periodos de retorno estructurales del CENAPRED, así como un mapa que representa el parámetro máximo del terreno de acuerdo con el periodo de retorno del área de estudio. Esta tabla y el mapa que se generan mediante indicadores cuantitativos de las probabilidades de ocurrencia de movimientos de distintas intensidades durante lapsos dados. Se utiliza para ello la tasa de excedencia de parámetros de intensidad sísmica instrumental. Con el objetivo de establecer un nivel de peligro, se clasifica conforme a escala macrosísmica del Servicio Sismológico Nacional (Tabla GEO-B-2). La cual permite hacer una relación de valor máximo de la aceleración con la intensidad del movimiento percibido.

Tabla GEO-B-2. Escala Macrosísmica

PGA (cm/S2)	
Percepción del movimiento	**Valor**
Fuerte	130.1-150.0 +
	110.1-130.0
	90.1-110.0
Moderado	30.1-90.0
	11.1-30.0
	4.1-11.0
Leve	2.1-4.0
	1.1-2.0
	0.1-1.0
0	

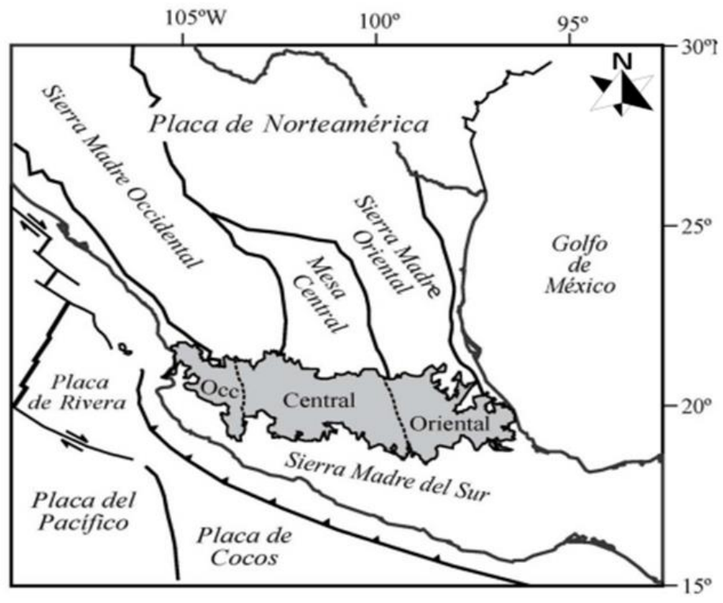
Fuente: Soluciones SIG, 2024.

5. Para la elaboración del mapa digital de zonificación, se emplearon diferentes etapas de trabajo. En primer lugar, se utilizó una base de datos que incluye información sobre la geología local, las pendientes del terreno, la geomorfología y los datos demográficos del último censo de población. Posteriormente, se llevó a cabo un tratamiento estadístico de estos datos para determinar la susceptibilidad específica de cada una de las variables mencionadas. Luego, se procedió al procesamiento geoestadístico con el fin de cuantificar de manera precisa las regiones que cumplen con las condiciones requeridas para las ZONAS I, II y III. A continuación, se elaboró un algoritmo de mapa que permitió el cruce de las diferentes capas de información. Finalmente, se obtuvo el escenario resultante que define las diferentes ZONAS establecidas en el mapa de zonificación.

9.2.3. Peligro

1. A partir del análisis de la sismicidad histórica de las bases de datos del catálogo del Servicio Sismológico Nacional, la geología local, así como su fisiografía de la región, para el periodo de 1900 a 2024, los eventos sísmicos documentados dentro del perímetro de 30 km dado, se registraron 46 epicentros fuera del municipio y 2 dentro de las localidades de Emiliano Zapata, el sismo de mayor magnitud se registró el 7 de noviembre de 2000 a 9 km al norte de Calpulalpan, Tlaxcala con una magnitud de 3.2 y una profundidad de 13 km, es decir que la región es propensa a sismos, mayormente de magnitudes de 3. El estado de Hidalgo, se encuentra localizado en el centro de México, en el cruce de dos entidades geológicas importantes: la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), en sus porciones central y oriental; y la Sierra Madre Oriental (SMOr), en su sección sureste, justo antes de cruzar la FVTM, que se caracteriza por presentar sismicidad cortical, redes de fallas paralelas en torno a su eje, y vulcanismo alcalino intraplaca relacionado con la zona de subducción, el cual ha estado activo desde el Mioceno(GUILLÉN, B. A. N, 2021).

Imagen GEO-B-4. Descripción tectónica del centro



Fuente: Providencias fisiográficas de México, en especial; Sierra Madre Oriental, Sierra Madre Occidental, Sierra Madre del Sur, Faja Volcánica Transmexicana y Mesa Central. Imagen tomada del artículo (Tuena et al., 2005).

El estado de Hidalgo presenta características tectónicas que lo hacen propenso a presentar sismicidad frecuente, con un índice de magnitudes bajas, sin descartar focos epicentrales mayores a 5 de acuerdo con la Escala Modificada de Mercalli, dependiendo de la fisiografía y geología de cada región. Cabe destacar que en el estado de Hidalgo solo se tiene una estación, con código DHIG, en la localidad de Demacú, en el municipio de San Salvador (GUILLÉN, B. A. N, 2021). Por lo que la actividad tectónica del estado esté infravalorada, por ende, se subestima el potencial de terremotos de los diferentes sectores sísmicos del estado, razón por la cual se sugiere más estudios sobre la sismicidad del estado de Hidalgo y alrededores, a fin de prevenir y contribuir con la cultura de fenómenos sísmicos. En la tabla GEO-B-3 se registraron los epicentros dentro del radio de 30 km del municipio.

Tabla GEO-B-3. Epicentros dentro del radio de 30 km del municipio de Emiliano Zapata.

Municipio	Magnitud	Profundidad	Fecha
6 km al noreste de tepeapulco, hgo	3.3	4	23/12/1980
8 km al noroeste de cd sahagun, hgo	3.7	44	16/10/1993
6 km al sur de apan, hgo	3.6	28	22/02/1994
6 km al noroeste de cd sahagun, hgo	4	81	25/02/1994
6 km al sureste de tepeapulco, hgo	4	100	25/02/1994
15 km al noroeste de cd sahagun, hgo	4	16	25/02/1994
9 km al suroeste de cd sahagun, hgo	3	5	13/01/1997
11 km al suroeste de cd sahagun, hgo	3	5	16/03/1999
9 km al sur de cd sahagun, hgo	3.2	13	07/11/2000
5 km al suroeste de cd sahagun, hgo	4	7	06/08/2005
5 km al sur de cd sahagun, hgo	3.8	1	14/12/2010
3 km al noroeste de apan, hgo	3.4	5	16/09/2017
8 km al noreste de tepeapulco, hgo	3.6	5	16/09/2017
8 km al este de tepeapulco, hgo	3.5	5	16/09/2017
2 km al noroeste de apan, hgo	3.1	4.6	16/09/2017
2 km al norte de apan, hgo	3.1	5.6	16/09/2017
4 km al este de apan, hgo	3	3.9	16/09/2017
2 km al oeste de apan, hgo	3.1	4	16/09/2017
9 km al suroeste de apan, hgo	3.4	11.2	16/09/2017
3 km al este de tepeapulco, hgo	3.6	9.6	17/09/2017
16 km al noreste de apan, hgo	3.6	3	21/09/2017
5 km al sureste de cd sahagun, hgo	3.4	5	18/11/2017
4 km al sureste de cd sahagun, hgo	3.6	5	20/11/2017
4 km al este de tepeapulco, hgo	3.6	5	16/10/2018
8 km al sur de cd sahagun, hgo	3.5	13.7	05/12/2018
2 km al noroeste de cd sahagun, hgo	3.4	28.1	27/06/2020
10 km al noreste de tepeapulco, hgo	3.5	1.9	28/04/2022
7 km al suroeste de cd sahagun, hgo	3.7	3	07/06/2022
11 km al sureste de cd de nanacamilpa, tlax	3.3	35	19/09/1980
8 km al oeste de calpulalpan, tlax	3.5	3	19/09/1990
3 km al oeste de calpulalpan, tlax	3.6	41	23/10/1993
14 km al oeste de calpulalpan, tlax	3.9	90	25/02/1994
11 km al sureste de cd de nanacamilpa, tlax	3.4	15	01/11/1995
7 km al sur de cd de nanacamilpa, tlax	3.6	13	27/06/1997
9 km al norte de calpulalpan, tlax	3.2	13	07/11/2000
7 km al norte de calpulalpan, tlax	3.1	5	26/10/2004
9 km al noreste de calpulalpan, tlax	3.2	9.4	17/09/2017
6 km al noreste de calpulalpan, tlax	3.2	9.6	17/09/2017
4 km al sur de calpulalpan, tlax	3.3	13	17/09/2017
4 km al sur de calpulalpan, tlax	3.2	12.3	17/09/2017
10 km al suroeste de calpulalpan, tlax	3.7	5.2	08/11/2018
2 km al oeste de cd de nanacamilpa, tlax	3.5	6.6	01/07/2020
8 km al noreste de tulantongo, mex	3.6	30	31/01/1994
14 km al este de s martin de las piramides, mex	4.3	74	26/02/1994
5 km al sureste de s martin de las piramides, mex	4.1	70	26/02/1994
17 km al este de tulantongo, mex	3.8	5	11/10/1994
11 km al este de tulantongo, mex	3.2	44	03/07/2004
16 km al este de s martin de las piramides, mex	3.2	3	12/12/2008

Fuente: Soluciones SIG a partir del catálogo del Servicio Sismológico Nacional.

En la tabla siguiente se documentan los sismos históricos más significativos registrados dentro de un radio de 300 km. El evento más antiguo registrado ocurrió el día 23 de agosto se reporta un sismo que fue sentido fuertemente en la ciudad de México y que provocó daños en las ciudades de Orizaba, Oaxaca y pueblos aledaños. Hay otros reportes fechados en la misma fecha en 1695 y el 26 de agosto en lugar del 23 de 1696. Las descripciones indican que se trate del mismo temblor con un error de fechas, como frecuentemente ocurría en esa época. Los daños y efectos reportados sugieren que los fuertes daños sufridos en la ciudad de Oaxaca y en Orizaba son indicativos de un sismo de profundidad intermedia en la frontera de Oaxaca y Puebla similar al de 1973 que provocó daños en importantes en Cd. Serdán y Orizaba."

Tabla GEO-B-4. Sismos Históricos más representativos en un radio de 300 km

Fecha	Nombre del sismo	Zona Macrosísmica	Lugar	Magnitud	Latitud	Longitud
1640/4/13			Ciudad de México	7	19.44	99.14
1640/4/13			Malinalco	7	18.95	99.5
1653/1/17	San Antonio Abad		Amilpas	7	18.78	98.77
1653/1/17	San Antonio Abad		Atzcapozalco	8	19.48	99.18
1653/1/17	San Antonio Abad		Ciudad de México	8	19.44	99.14

1669/7/23		Intraplaca Guerrero Morelos Puebla Oaxaca (IN2)	Chilapa de Álvarez	6	17.6	99.18
1669/7/23		Intraplaca Guerrero Morelos Puebla Oaxaca (IN2)	Chilpancingo de los Bravo	6	17.55	99.5
1696/8/23	San Bartolomé	Falla de Rivera (RIV 1)	Ciudad de México	7	19.44	99.14
1696/8/23	San Bartolomé	Falla de Rivera (RIV 1)	Orizaba	9	18.85	97.1
1696/8/23	San Bartolomé	Falla de Rivera (RIV 1)	Santiago Coscatlán	8		
1711/8/16	San Roque	Dorsal Pacífico/Rivera (RIV 2)	Ciudad de México	8	19.44	99.14
1711/8/16	San Roque	Dorsal Pacífico/Rivera (RIV 2)	Tlaxcala de Xicohténcatl	8	19.32	98.24
1711/8/16	San Roque	Dorsal Pacífico/Rivera (RIV 2)	Heróica Puebla de Zaragoza	8	19.05	98.2
1882/7/19		Intraplaca Guerrero Morelos Puebla Oaxaca (In 2)	Ciudad de México	9	19.44	99.14
1899/1/24		Subducción Jalisco Michoacán Guerrero (SUB2)	Ciudad de México	6	19.44	99.14
14/04/1907		Subducción Guerrero Oaxaca (SUB 3)	Ciudad de México	8	19.44	99.14
14/04/1907		Subducción Guerrero Oaxaca (SUB 3)	Buenavista de Cuéllar	7	18.46	99.41
07/06/1911			Ciudad de México	9	19.44	99.14
19/11/1912		Faja Volcánica Mexicana (MVB)	Acambay	9	19.95	99.84
19/11/1912		Faja Volcánica Mexicana (MVB)	Temascalcingo de José María Velasco	9	19.92	100
19/11/1912		Faja Volcánica Mexicana (MVB)	Atlacomulco de Fabela	8	19.8	99.87
19/11/1912		Faja Volcánica Mexicana (MVB)	La Magdalena	8	19.94	99.99

Fuente: Soluciones SIG a partir de la base de datos del Catálogo de Sismos Históricos de México, http://www.sismoshistoricos.org/

2. De acuerdo con la Regionalización sísmica de la CFE del 2015 el municipio de Emiliano Zapata pertenece a la "Zona B". Esta zona se caracteriza por presentar una intensidad sísmica intermedia. En dicha región, los sismos no son particularmente frecuentes; sin embargo, cuando ocurren, la zona puede experimentar altas aceleraciones del suelo. A pesar de estas altas aceleraciones, estas no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo, equivalente a 686 cm/s². Esta clasificación implica que, aunque Emiliano Zapata puede experimentar movimientos sísmicos significativos, la probabilidad de superar este umbral específico de aceleración es relativamente baja.

Tabla GEO-B-5. Aceleraciones máximas en roca para diferentes zonas sísmicas

Aceleración máxima en roca $a0r(cm/s2)$, Correspondiente al nivel de referencia ER	**Zona**	**Intensidad sísmica**
$a0\ r \geq 200$	D	Muy alta
$100 \leq a0\ r < 200$	C	Alta
$50 \leq a0\ r < 100$	B	Moderada
$a0\ r < 50$	A	Baja

Fuente: Manual de diseño de obras civiles, CFE, 2015.

3. De acuerdo con la escala Global de Intensidad, el municipio de Emiliano Zapata se encuentra mayormente ubicado en la Zona "VI Fuerte". Esta clasificación indica que los movimientos sísmicos en esta área son perceptibles por todas las personas. Los sismos en esta zona pueden generar vibraciones lo suficientemente intensas como para ser sentidas tanto en interiores como en exteriores, provocando inquietud entre los habitantes y posibles movimientos de objetos no asegurados. La percepción generalizada de estos movimientos resalta la necesidad de mantener una vigilancia constante y una preparación adecuada para minimizar los riesgos asociados a la actividad sísmica.

En contraste, las zonas del suroeste del municipio están clasificadas dentro de la Zona "VII Muy Fuerte". En estas áreas, se pueden esperar sacudidas que no solo son claramente perceptibles por todas las personas, sino que también tienen el potencial de causar daños moderados en edificaciones. Las estructuras que no están diseñadas para resistir movimientos sísmicos de esta magnitud pueden sufrir grietas, daños en acabados interiores y exteriores, y en algunos casos, comprometer su integridad estructural. Este nivel de intensidad sísmica requiere una atención especial en la construcción y mantenimiento de edificios, infraestructuras públicas y servicios esenciales.

La diferenciación entre las zonas "VI Fuerte" y "VII Muy Fuerte" dentro del municipio de Emiliano Zapata subraya la importancia de adoptar medidas específicas de mitigación de riesgos sísmicos. Para la Zona "VI Fuerte", es esencial asegurar muebles, estanterías y otros

objetos que podrían volcarse durante un sismo. Para la Zona “VII Muy Fuerte”, además de estas medidas, se debe prestar especial atención a la evaluación y refuerzo de la estructura de edificios y la infraestructura crítica, asegurando que cumplan con las normativas de construcción sismorresistente.

4. Los periodos de retorno en sismos son una forma de expresar la probabilidad de que ocurra un terremoto de determinada magnitud o superior en un periodo de tiempo dado. Se define como el tiempo promedio que transcurre entre dos sismos consecutivos de igual o mayor magnitud. Por ejemplo, un periodo de retorno de 100 años significa que la probabilidad de que ocurra un sismo de esa magnitud o mayor es de 1/100 = 0.01 o 1% cada año.

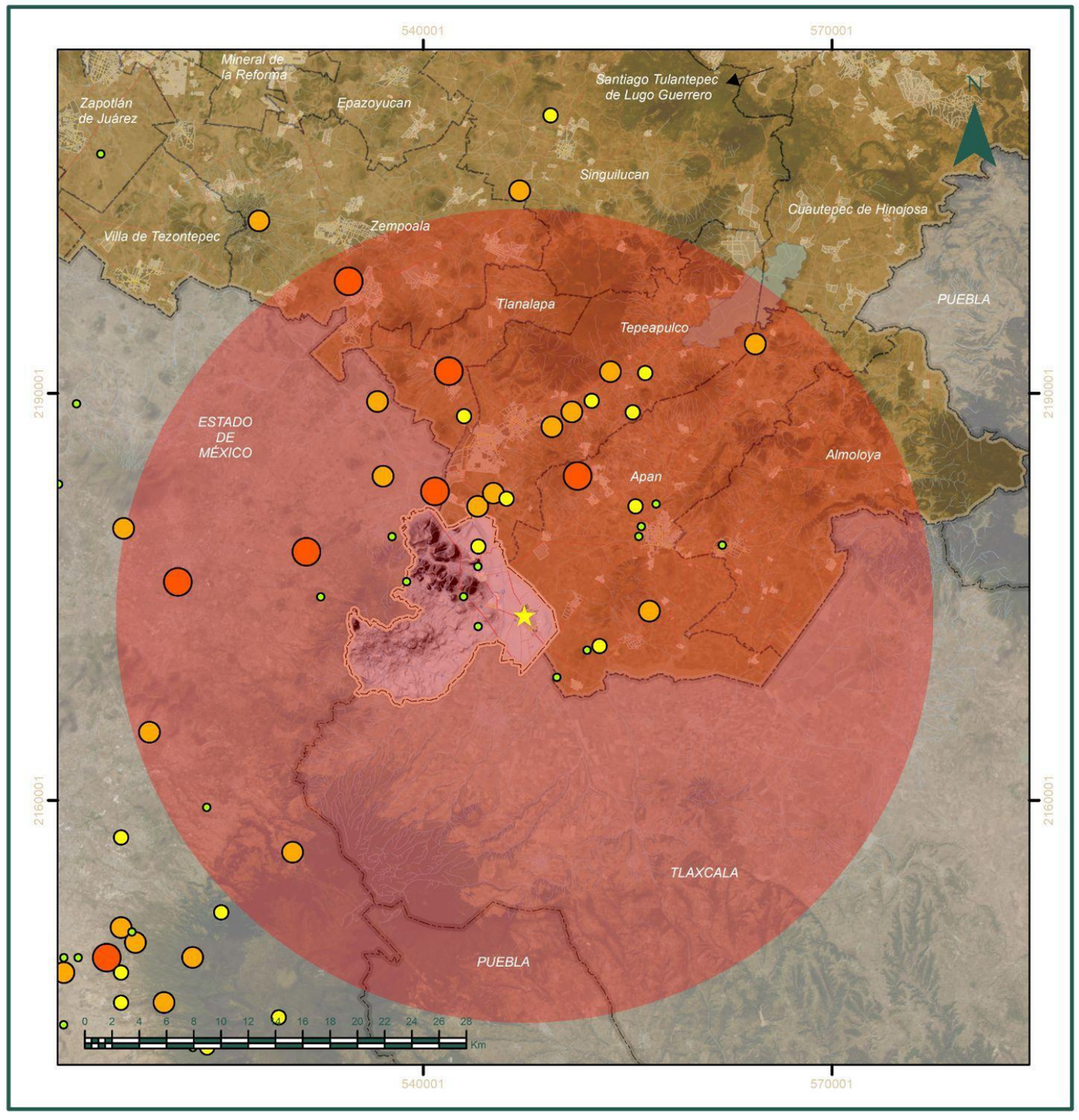
Con el análisis geoestadístico de los mapas de aceleración del terreno para los periodos de retorno de 10, 100 y 500 años de la CENAPRED en el municipio Emiliano Zapata se tiene como parámetro máximo del terreno de 314 cm/s^2 para el periodo estructural de 0.15 segundos con un periodo de retorno de 500 años, de percepción del movimiento fuerte. Los registros se documentaron en la siguiente tabla GEO-B-6.

Tabla GEO-B-6. Aceleración Máxima del Terreno para distintos Periodos de Retorno

Aceleración Máxima del Terreno para distintos Periodos de Retorno			
Periodo de Retorno (Años)	**Periodo Estructural (segundos)**	**Aceleración Máxima PGA (cm/s2)**	**Percepción del movimiento**
10	0	11	Moderado
	1	34	Moderado
	0.5	36	Moderado
	0.15	27	Moderado
100	0	81	Moderado
	1	52	Moderado
	0.5	88	Moderado
	0.15	63	Moderado
500	0	135	Fuerte
	1	89	Moderado
	0.5	153	Fuerte
	0.15	314	Fuerte

Fuente: CENAPRED, 2024.

5. Con base a los datos obtenidos del mapa de zonificación, se ha determinado que el municipio de Emiliano Zapata se encuentra dentro de la ZONA I. Esta categoría se caracteriza por la presencia de diversos depósitos de rocas, tales como basalto, toba intermedia, andesita, basalto-brecha volcánica básica y riodacita, los cuales generalmente proporcionan suelos firmes y estables. Por otro lado, la ZONA II está compuesta por depósitos aluviales que pueden encontrarse tanto de manera superficial como en intercalaciones. Estos suelos se caracterizan por ser relativamente blandos, con un espesor variable que puede ir desde unos pocos metros hasta superar los 50 metros en algunas áreas.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Epicentros dentro del radio de 30 km
GEO - B - 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Cabecera municipal

Emiliano Zapata

Radio 30 Km

Emiliano Zapata

Magnitud

3.0 - 3.2
3.3 - 3.5
3.6 - 3.9
4.0 - 5.1
5.2 - 6.9

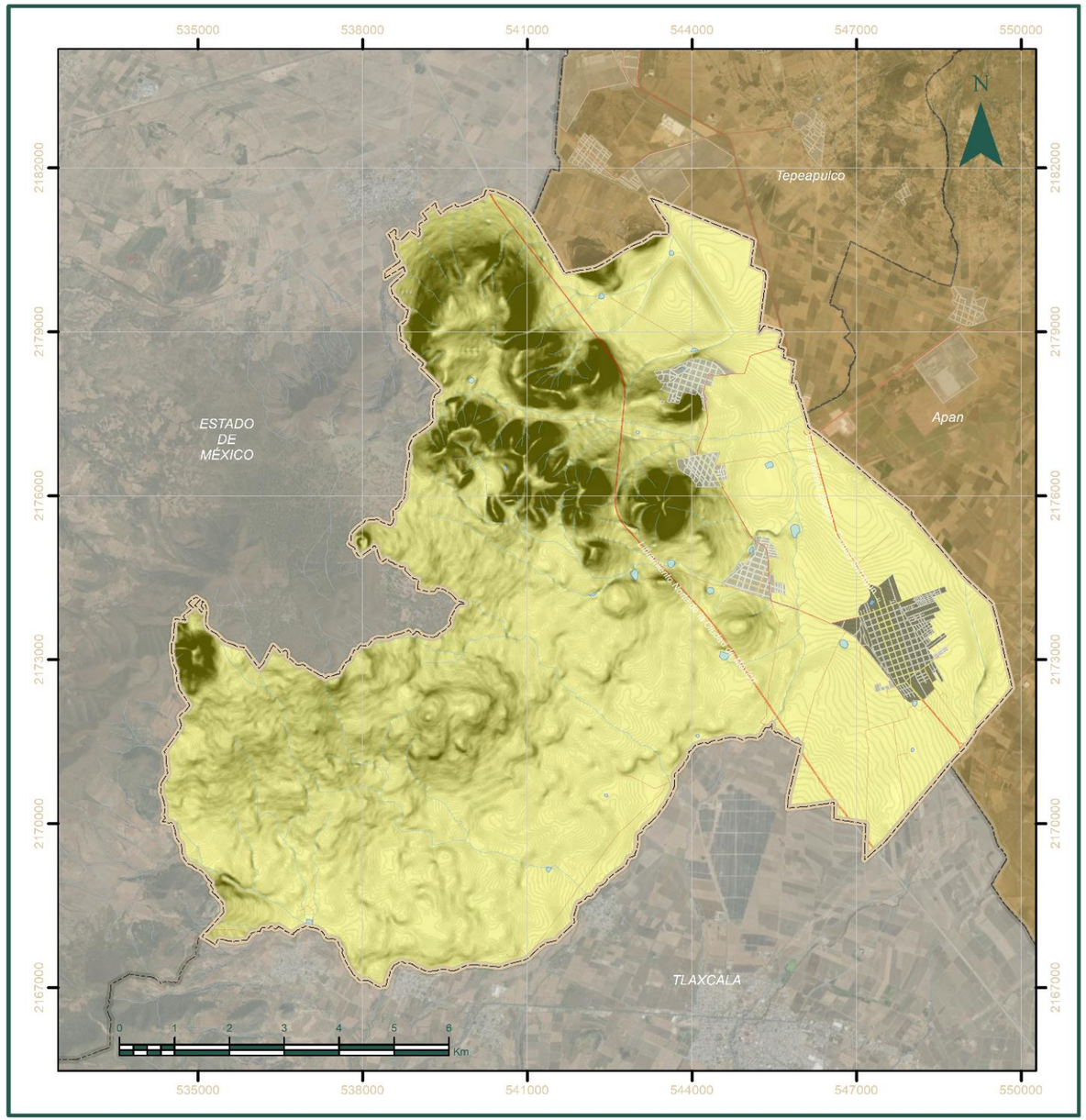
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:400,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Regionalización sísmica (CFE, 2015)
GEO - B - 02

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Zonas (CFE, 2015)

Zona A - Bajo
Zona B - Medio
Zona C - Alto
Zona D - Muy Alto

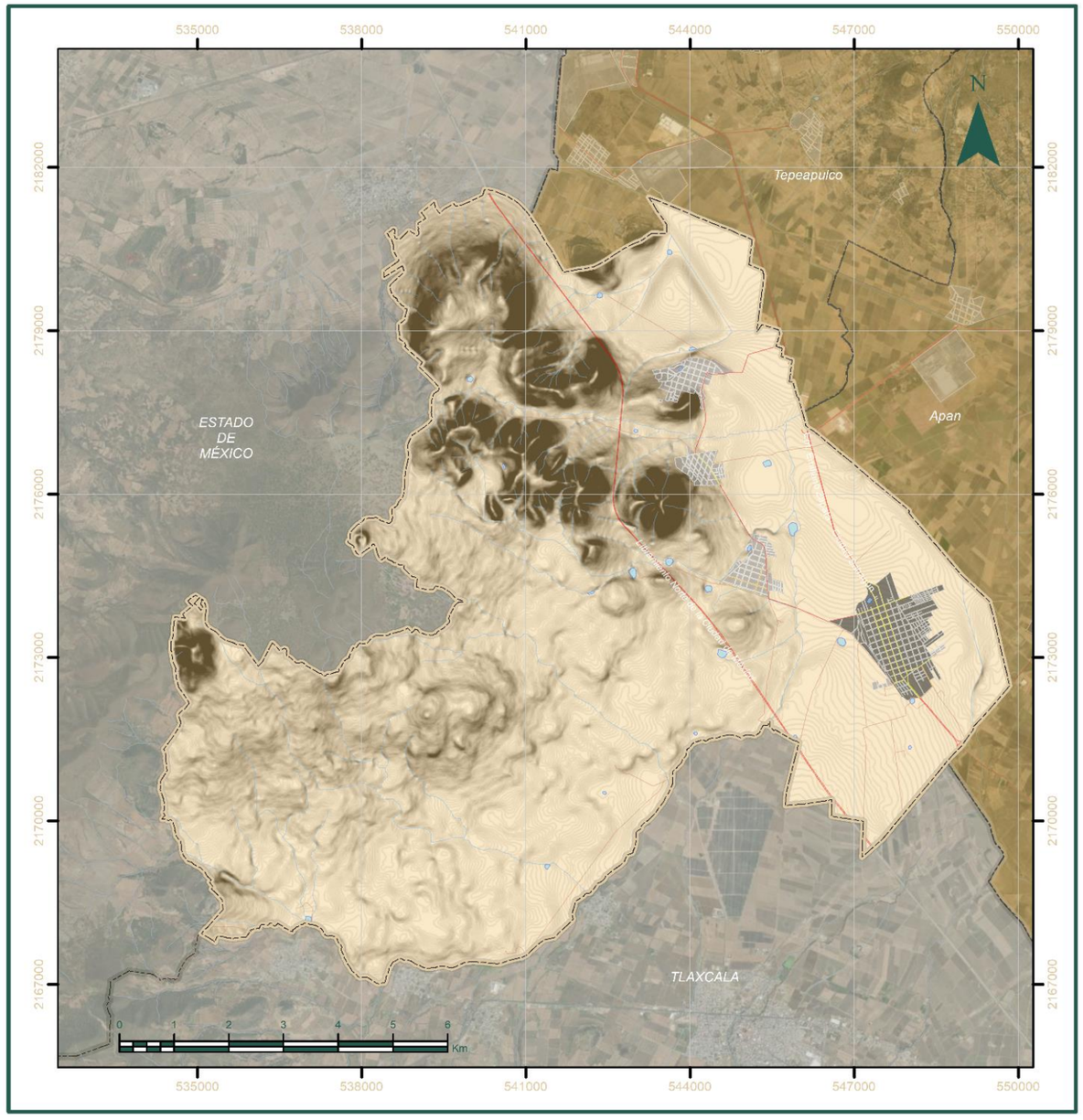
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Aceleración Máxima del Terreno Periodo de Retorno 500 años, 0.15s GEO - B - 04

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Periodo de Retorno 500 años

Periodo estructural 0.15s

PGA - 314cm/s2

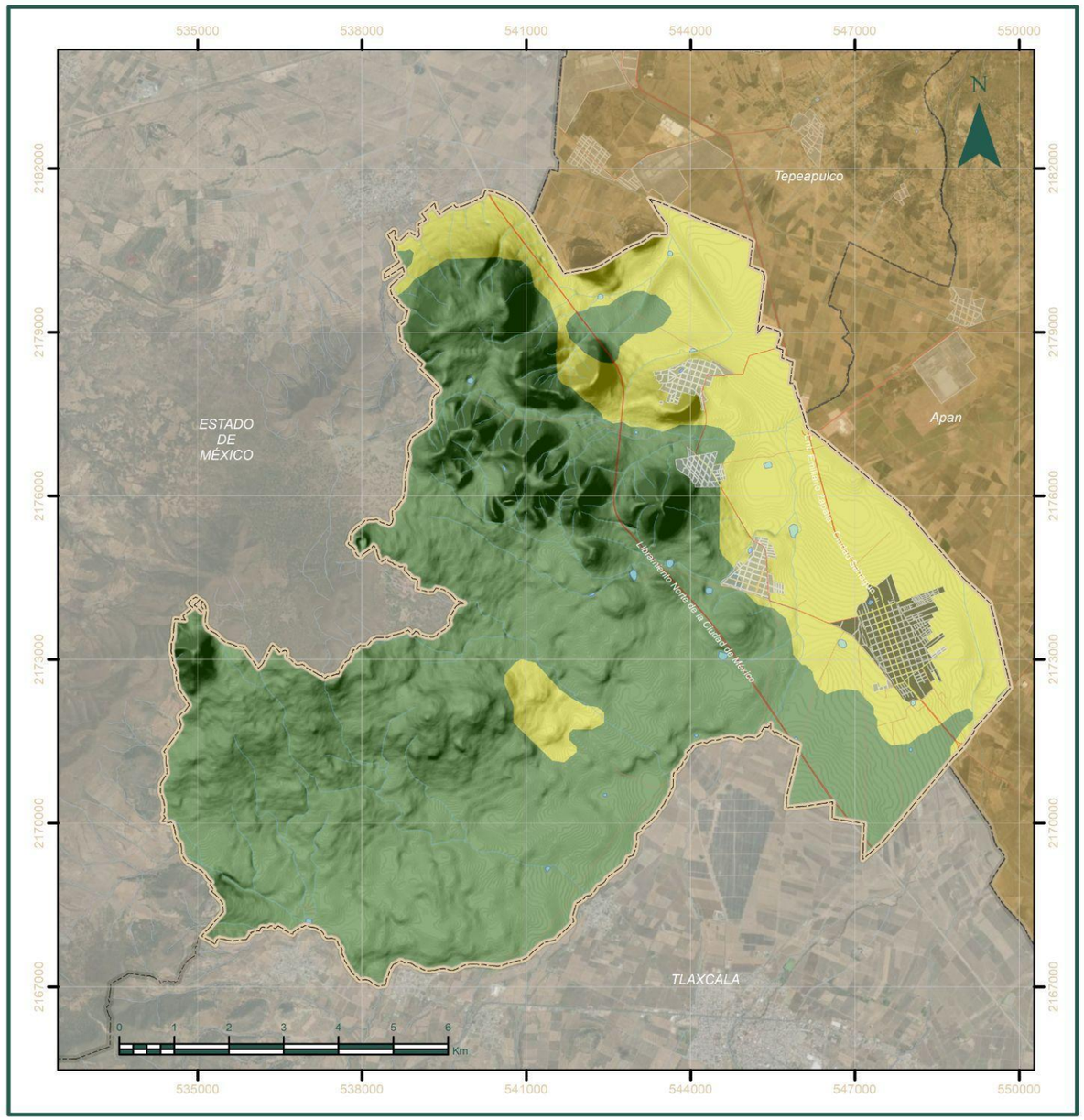
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Zonificación Geotécnica
GEO – B - 5

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Zona

I
II
III

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

9.2.4. Vulnerabilidad

El centro nacional de prevención de desastres (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 sismo 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 a su vez, esta recibe una calificación que relaciona el tipo de vivienda ante daño por sismo en donde el número 1 es para la de mejor desempeño y, 4 y 7.6, respectivamente, para las viviendas con peor desempeño. A continuación, se muestra una tabla con estos valores aplicados a la tipología identificada para el municipio.

El índice de vulnerabilidad aquí aplicado para cada tipología de vivienda se maneja en una forma simplificada.

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 de valores, esta es solo una medida cualitativa de la evaluación del riesgo estructural ante dicho fenómeno.

Tabla GEO-B-7. Tipos de vivienda con base en información técnica en el municipio .

Tipo	S[1]	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
3	2.0	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

Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024 con información de CENAPRED.

Para la estimación de dicho índice la fórmula que se aplica es la siguiente, donde:

$$I_{vf} = \frac{V_i P_i}{V_p P_M}$$

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

Niveles de peligro por sismo

Para fines de peligro por sismo, la república mexicana está dividida, en cuatro zonas

- Zona A;
- Zona B;
- Zona C;
- Zona D;

La zona A es la de menor peligro y la zona D es la de mayor peligro. En la ec. 1.1, Pi será sustituido por:

- P1=0.08, para la Zona A;
- P2=0.14, para la Zona B;
- P3=0.36, para la Zona C;
- P4=0.80, para la Zona D;

Mientras que **PM** toma el valor de 0.8

Tabla GEO-B-8. Resumen de datos según localidad.

Tipo de vivienda	Clasificación de vivienda sismo
1	1
3	2

Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024.

Tabla GEO-B-9. Cálculos IFV Sismos.

Vivienda tipo I	1	0.14	0.14
	4	0.8	3.2
IVF	0.04375	Muy bajo	
Vivienda tipo III	2	0.14	0.28
	4	0.8	3.2
IVF	0.0875	Medio	

Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024.

9.2.5. Riesgo

El mapa muestra el índice que detecta aquellas zonas que pueden tener mayor susceptibilidad al daño por la acción de sismos sin poder estimar de manera cuantitativa el riesgo o bien las pérdidas esperadas ante la ocurrencia de un sismo, 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; como resultado aquellas localidades con viviendas que corresponden a tipología 1 en muy bajo y 3 en medio.

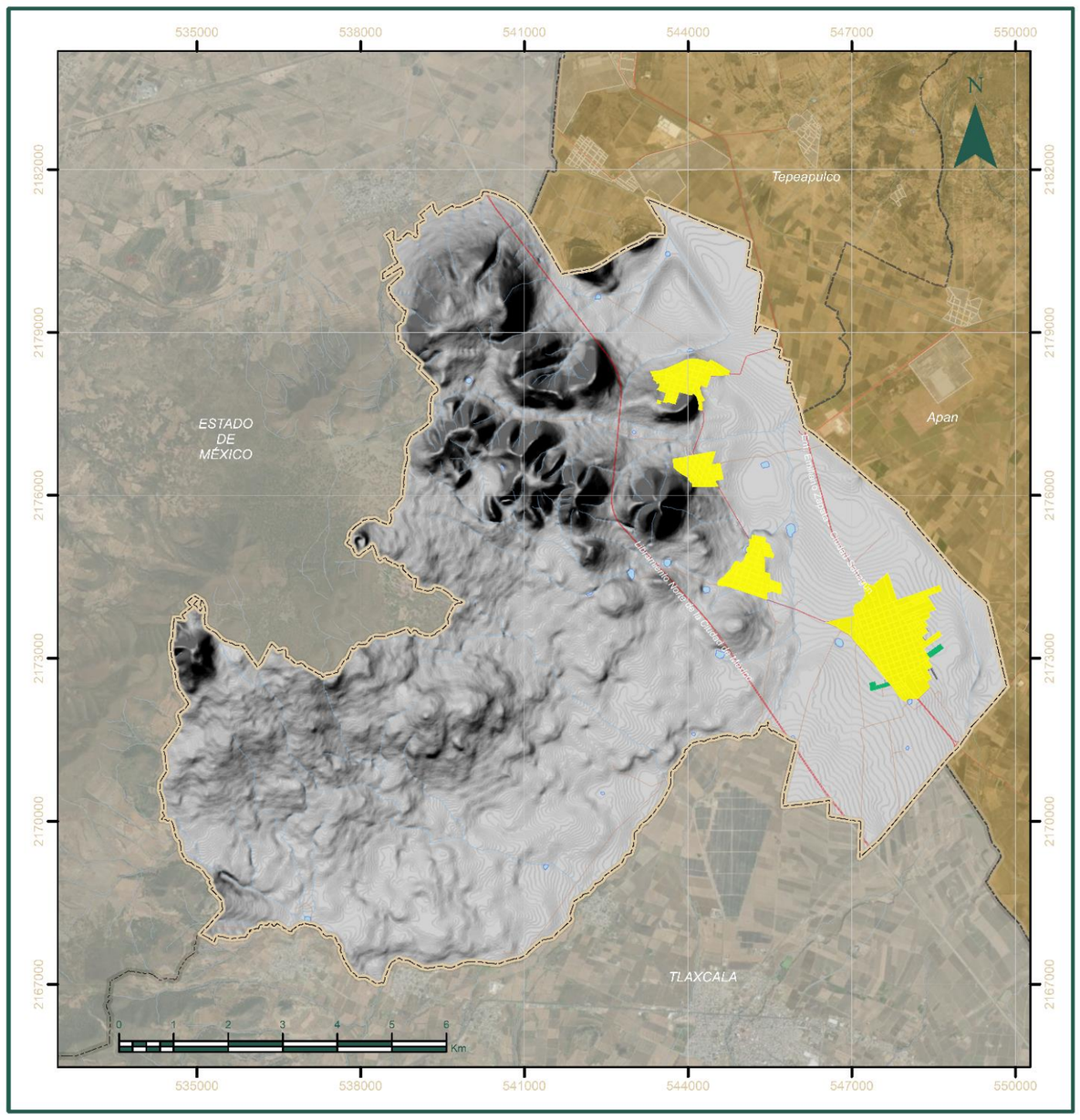
Se sugiere la realización de un estudio de efecto de sitio.

.

Tabla GEO-B- 10. Distribución del índice de riesgo por localidad.

Localidad	Riesgo
Ampliación Cuauhtémoc	Muy bajo
Emiliano Zapata	Medio
José María Morelos (San José)	Medio
Rafael Franco [Colonia]	Muy bajo
Santa Bárbara	Medio
Santa Clara	Medio

Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Riesgo Sismos
GEO-B-06

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Riesgo

Muy bajo
Medio

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

9.3. Tsunamis

9.3.1. Introducción

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:

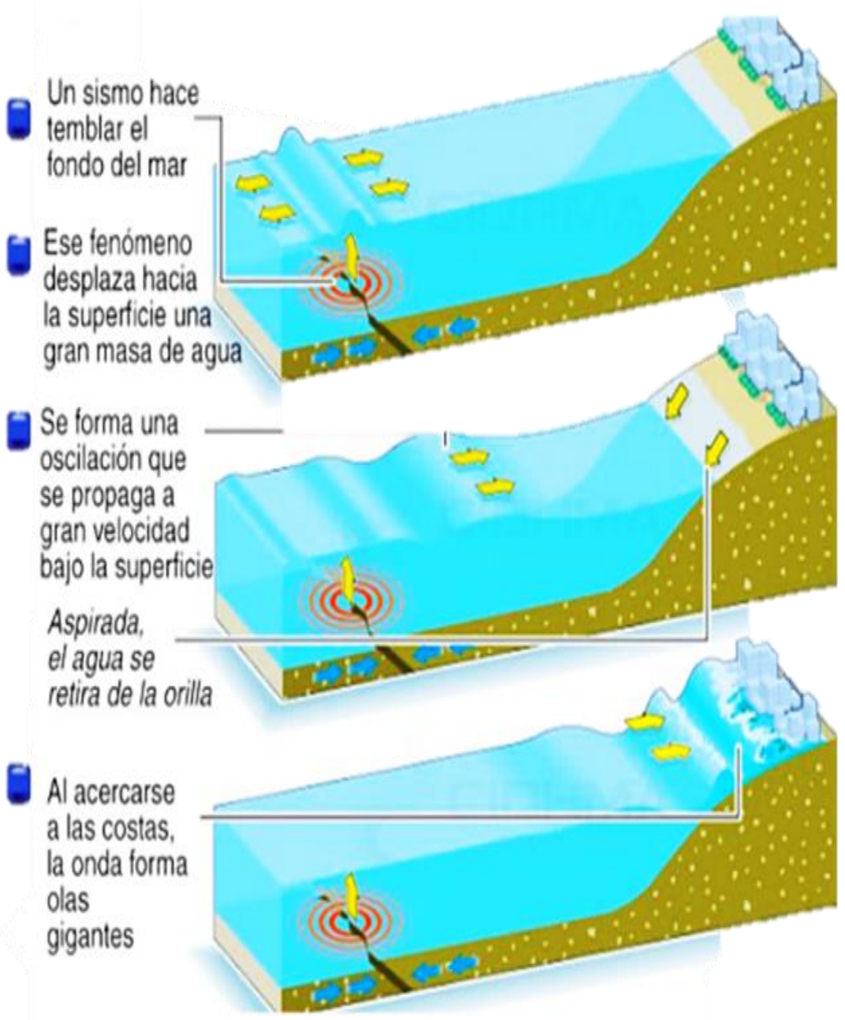
- Rápida elevación o hundimiento del fondo marino en un gran terremoto.
- Un desprendimiento de tierra submarino puede desencadenar un gran terremoto.
- Colapso de un flanco (lado) de un volcán en el océano.
- Una explosión volcánica submarina.
- El impacto de un gran objeto del espacio en el océano (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 primero 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 m a 3m y tsunami mayores cuando la amplitud es mayor a 3m.

Imagen GEO-C.Formación de un Tsunami.



Fuente: Nature (UGSS).

9.3.2. 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, en la evaluación del riesgo por tsunami es necesario realizar el análisis del oleaje generado por sismos locales, sismos lejanos, deslizamientos del talud continental, por lahares y/o flujos volcánicos producidos por actividad volcánica en costas o cercanos a lagunas. Se debe contar con información de batimetría y topografía de la zona en estudio. Lo anterior, con el fin de identificar las zonas donde pudiera haber daños a la población, vivienda e infraestructura estratégica.

9.3.3. Peligro

El municipio de Emiliano Zapata se encuentra a una altitud media entre 2400 y 3100 sobre el nivel del mar y a una distancia aproximada de 210 km de la costa del Golfo de México y 400 km aproximadamente del Océano Pacífico por lo que se descarta la exposición ante este fenómeno.

9.4. Erupciones volcánicas

9.4.1. 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.

Tabla GEO-D-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	———Vulcaniana———	———Hawaiana——— ———Estromboliana———			—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 categorizo los 68 volcanes y campos volcánicos Cuaternarios bajo los criterios de la escala VEI descritos en la tabla GEo-D-2.

Tabla GEO-D-2. Categorización CENAPRED

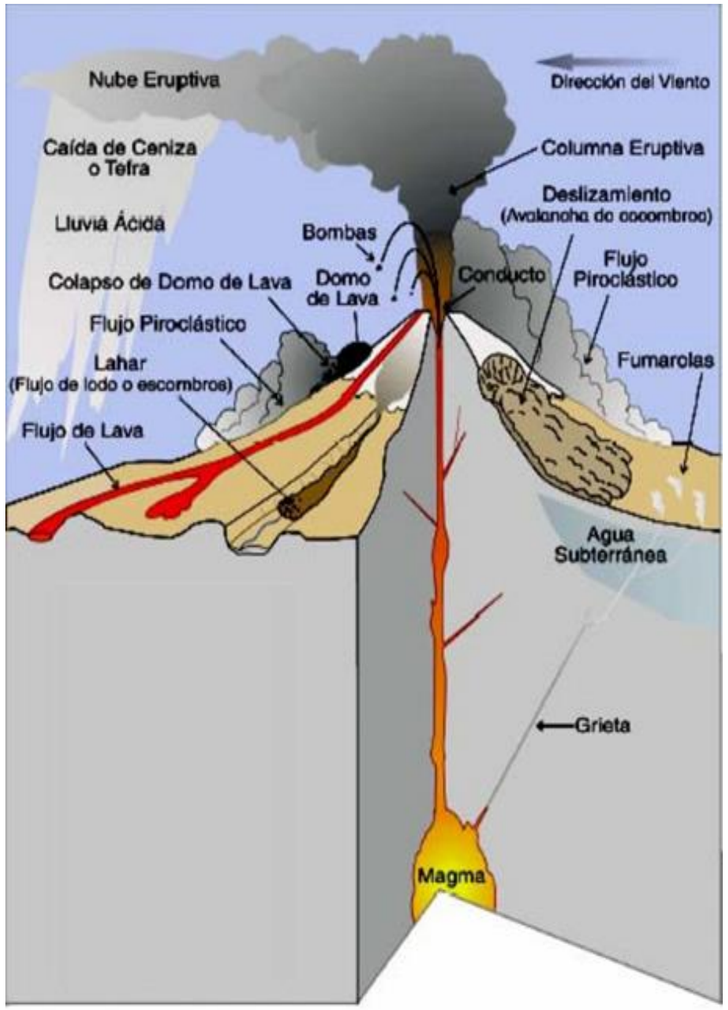
Categoría	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Peligro	Alto	Medio	Moderado	Latente	Indefinido
Criterio VEI	≥3	≥3	≥3	>4	≥3
Tiempo medio de ocurrencia (años)	≥500	500-2000	2000-10000	<10000	Indefinido (existencia de un solo dato)

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.

- *Imagen GEO-D-1. Los peligros volcánicos*



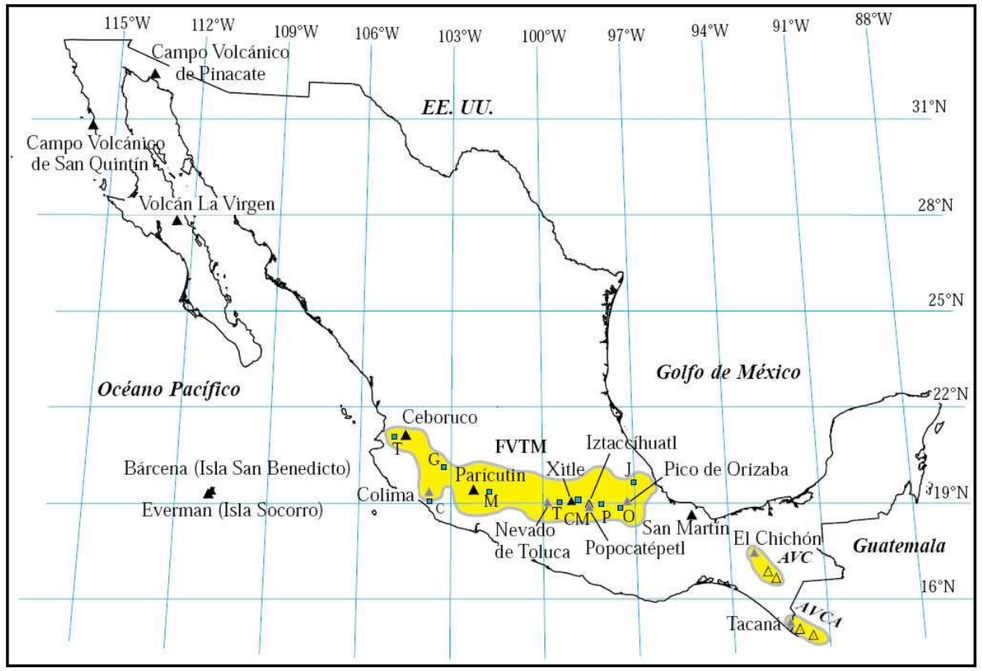
- *Modificada de Volcanic Hazard Program, USGS.*

- 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

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 oriental, al oriente del sistema Taxco-Querétaro, la mayor parte del volcanismo está emplazado en grandes estratovolcanes, calderas y complejos de domos de composición de andesítica a riolítica alineados a lo largo de estructuras corticales, mientras que los volcanes monogenéticos de composición basáltica representan sólo una pequeña fracción del volumen de magma emplazado.

Aunque Hidalgo no cuenta con grandes estratovolcanes activos, su entorno geológico ha sido modificado por procesos volcánicos significativos a lo largo del tiempo. Uno de estos rasgos volcánicos más destacados es el Campo Volcánico Apan-Tezontepec (CVA-T), ubicado en la parte central FVTM en el NE del Valle de México. Abarca parte de los estados de Hidalgo, Tlaxcala, y México; conteniendo al menos 300 centros eruptivos, siendo la mayoría conos de escoria, también cuenta con volcanes escudos, flujos de lava, y domos de lava.

Imagen GEO-D-2. Ubicación de los principales volcanes dentro de la FVTM



Tomado de Macías, J. L. (2005)

Aunque no existen registros directos de erupciones volcánicas en esta área, la geología de Emiliano Zapata revela la presencia de formaciones rocosas características de regiones con actividad volcánica. En sus alrededores, se pueden encontrar evidencias de flujos de lava y depósitos de rocas ígneas, sugiriendo un pasado geológico marcado por el vulcanismo.. Los antecedentes encontrados para la región han documentado el depósito de ceniza en las inmediaciones del municipio.

9.4.2. 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. Ubicación 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. Reconstrucción del 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. Tipo 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 lago 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)
12. Cuantifique la evaluación de los efectos volcánicos por zonas de peligro conforme a la cercanía al volcán (Zonas de peligro I, II y III).

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 7 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. También se analizó la información obtenida, los 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 Ingles), así como,

Modelación de Nube y caída de Ceniza

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 Ingles), 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 Ingles) 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.

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 conocer 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 similares. 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 que nos permite ofrecer una representación más precisa y útil de la dispersión de cenizas volcánicas en la región.

Afectaciones por caída de ceniza

Durante una erupción volcánica, los fragmentos más grandes caen cerca del volcán, mientras que los más finos pueden ser llevados por el viento a distancias de cientos o miles de kilómetros, especialmente si la columna eruptiva supera los 11 km de altura y alcanza la estratosfera, provocando lluvias de ceniza extensas. Estas columnas y nubes de ceniza generan actividad eléctrica intensa, como rayos y relámpagos, que pueden afectar las comunicaciones y causar incendios.. Para evaluar el riesgo, se definen cinco márgenes (Tabla GEO-F-3) basados en la acumulación de cenizas de erupciones plinianas, con acumulaciones que varían desde varias decenas de metros cerca del cráter hasta 150 cm a 1,000 km de distancia.

Tabla GEO-D-3 Resumen de las propiedades peligrosas de la ceniza volcánica

Efectos de la caída de cenizas como función del espesor	
Espesor	Efecto
Menos de 1 mm	➔ Actuará como irritante a los pulmones y a los ojos. ➔ Los aeropuertos cerrarán debido al daño potencial al avión. ➔ Posibles daños de menor importancia a vehículos, casas y equipo, causado por la ceniza abrasiva fina. ➔ Posible contaminación de abastecimientos de agua. ➔ El polvo afecta la visibilidad y la tracción del camino por un período largo.
1-5 milímetros (Los efectos que ocurren con < 1 milímetro de ceniza se amplificarán)	➔ Daños posibles en cosechas. ➔ Parte del ganado puede ser afectado. Alimento y agua contaminados pueden desgastar sus dientes. No serán afectado si tienen alimento y agua limpios. ➔ Daños de menor importancia a las casas si la ceniza fina entra, manchando los interiores, bloqueando los filtros del aire acondicionado, etc. ➔ Posible corte de la energía eléctrica; la ceniza puede provocar cortocircuitos en las subestaciones sobre todo si se moja. ➔ Los caminos pueden necesitar ser despejados para reducir el polvo y para evitar el bloqueo de los sistemas de precipitación. ➔ Los sistemas de aguas residuales se pueden bloquear por la ceniza, o interrumpir por la pérdida de fuentes eléctricas.
5-100 milímetros (Los efectos que ocurren con < 5 milímetros de la ceniza se amplificarán)	➔ Entierro de pasto y plantas bajas. El follaje se puede caer de algunos árboles, pero la mayoría de los árboles sobrevivirán. ➔ La mayoría de los pastos morirán con cerca de 50 milímetros de ceniza. Necesidad de operaciones importantes de retiro de ceniza en áreas urbanas. ➔ La mayoría de los edificios de mampostería aguantaran la carga de ceniza, pero estructuras con azoteas débiles pueden derrumbarse con 100 milímetros de espesor, particularmente si la ceniza se moja. ➔ Los caminos pueden ser bloqueados debido a la acumulación de ceniza. Los coches pueden tener problemas debido a la ceniza en los filtros de aire.
100-300 milímetros (Los efectos que ocurren con < 100 milímetros de la ceniza se amplificarán)	➔ Los edificios que no son limpiados de la ceniza acumulada en sus techos correrán el riesgo de derrumbarse, especialmente estructuras con techos planos, sobre todo si la ceniza llegara a mojarse. ➔ Daños severos a árboles, se caerán y romperán ramas.
Más de 300 Milímetros (Los efectos que ocurren con < 300 milímetros se amplificarán)	➔ Muerte masiva de la vegetación. ➔ Ganado y otros animales mueren o son heridos gravemente. ➔ Muerte de la vida acuática en lagos y ríos. ➔ Derrumbamiento importante de las azoteas debido a la carga de la ceniza. ➔ Corte de la energía eléctrica y de las líneas telefónicas. ➔ Caminos completamente cerrados.

Modificado por Soluciones SIG, 2024 de Guía Básica para la Elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos, CENAPRED; 2006.

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.

9.4.3. Peligro

Se determinó la presencia de 386 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 187 que equivale al 48% de todas las estructuras volcánicas, seguido por conos de lava con 175 que equivale al 45% del total. En conjunto estás estructuras equivalen al 93% de todas las estructuras volcánicas en la región. En menor cantidad se aprecian 3 calderas y 5 volcanes de escudo, mientras los estratovolcanes se contabilizan 16 que equivalen al 4% de las estructuras volcánicas. La distribución de estas estructuras se encuentra al Nor-noreste del municipio (Mapa GEO-D-01).

De acuerdo con el análisis realizado a partir del área de estudio (100 km2) se determinó la presencia de tres estructuras activas (Estratovolcán y Volna de Escudo) y dos durmientes (Estratovolcán y Volcán de Escudo) conforme los estudios realizados por CENAPRED (Mapa GEO-D-02).

Caldera Acoculco

Un grupo de domos de lava y conos piroclásticos de la era del Pleistoceno se encuentra en el lado occidental del Cerro Grande, una caldera del Mioceno al norte del volcán La Malinche. Los depósitos de flujos piroclásticos dentro de la caldera corresponden a la ignimbrita de Xáltipan, que se originó en la caldera de Los Humeros al este, hace aproximadamente 0.45 millones de años. Una datación por Potasio-Argón de 0.49 millones de años se obtuvo para los domos de lava en el Cerro Grande. La actividad post-caldera del Pleistoceno en el Cerro Grande cubrió una amplia área en el lado suroeste-noroeste de la caldera, produciendo domos de lava andesítica y dacítica, así como conos de lava basáltica y conos piroclásticos. El potencial de peligro para esta formación es indefinido debido a que no se tienen registros de una erupción con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) igual o mayor a 3 en los últimos 10,000 años.

Volcán Cerro Grande

El complejo volcánico de Acoculco se encuentra en la parte noreste del Cinturón Volcánico Mexicano, donde intersecta con la provincia volcánica de la Sierra Madre Oriental. Este complejo de calderas está ubicado aproximadamente a 80 km al oeste-noroeste de la más conocida caldera de Los Humeros. Durante el Plioceno tardío y el Pleistoceno, se produjeron tres grandes flujos piroclásticos, asociados con dos depresiones circulares de 28 x 34 y 16 x 21 km de diámetro, respectivamente. El gran domo de lava riolítica Cerros las Tetillas se emplazó durante el Pleistoceno temprano, mientras que la actividad más reciente consistió en la extrusión de flujos de lava basáltica durante el Pleistoceno tardío.
Hay áreas termales ubicadas dentro del complejo de calderas y en sus flancos orientales, lo que ha llevado a considerar la caldera como una zona potencial para el desarrollo geotérmico. El potencial de peligro para esta formación es indefinido, debido a que no se tienen registros de una erupción con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) igual o mayor a 3 en los últimos 10,000 años.

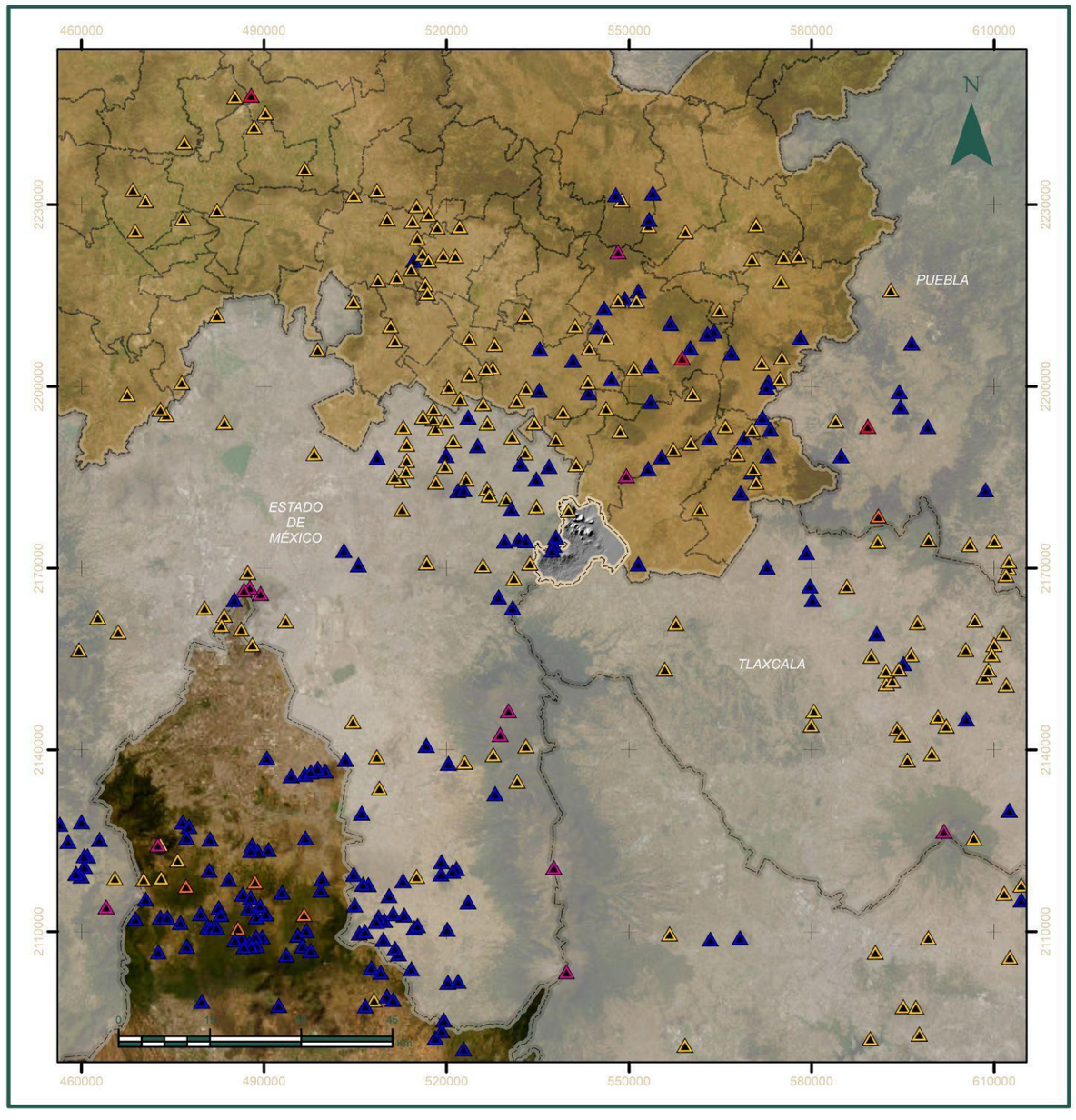
Campo Volcánico Serdán Oriental (CV-SO)

El campo volcánico Serdán-Oriental es una extensa cuenca cerrada ubicada en el extremo oriental del Altiplano Mexicano, caracterizada por numerosos domos de lava riolítica, conos de toba, anillos de toba, flujos de lava y conos de escoria que datan del Pleistoceno tardío al Holoceno. Durante el Pleistoceno, la cuenca estuvo llena de grandes lagos. Esta cuenca está delimitada por la Sierra del Cofre de Perote-Orizaba al este y la caldera de Los Humeros al norte. Las características más prominentes del campo volcánico son los dos domos de lava de Las Derrumbadas, rodeados por depósitos de avalanchas de escombros, y el afilado domo de lava del Cerro Pizarro, ubicado en el extremo norte de la cuenca. Varios de los anillos de toba contienen lagos, como la Laguna Atexcac y la Laguna Alchichica. Hace aproximadamente 20,000 años, una erupción explosiva importante desde un respiradero que se infiere está enterrado dentro de la cuenca, produjo el depósito de caída piroclástica Pliniana de Quetzalapa.

Imagen GEO-D-3. Vista panorámica del campo volcánico Serdán Oriental



Fuente: Smithsonian Institution, Global Volcanism Program.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-01
Tipo de Estructuras Volcánicas

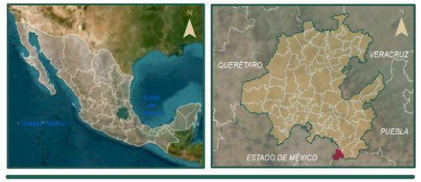
Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Tipo de Estructuras Volcánicas

- Caldera
- Cono de ceniza
- Domo de lava
- Estratovolcán
- Volcánn en Escudo

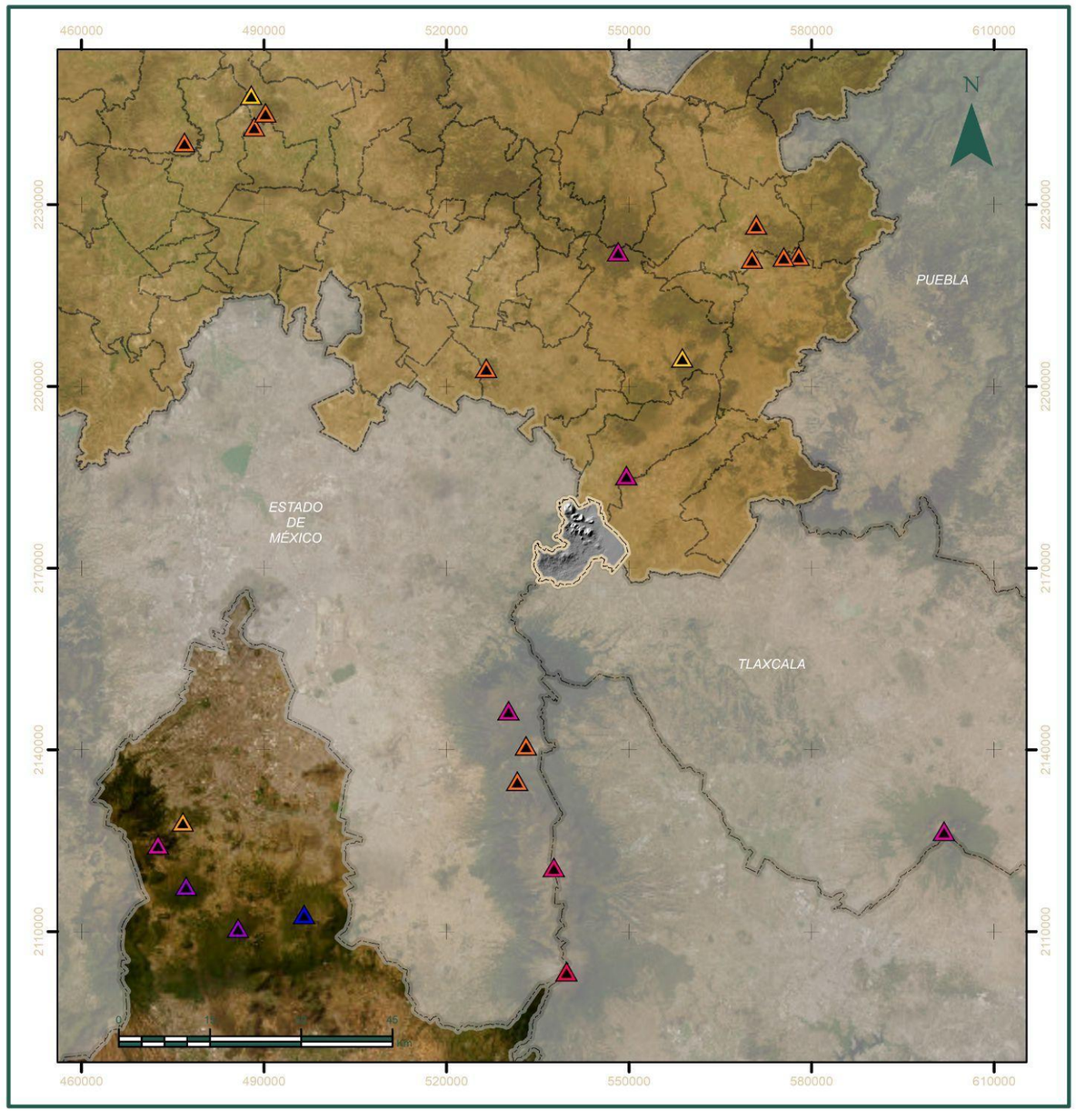
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-02
Condición de las de Estructuras Volcánicas

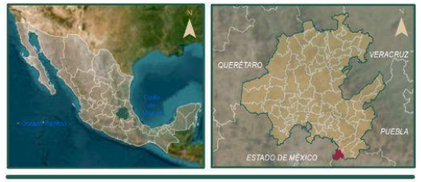
Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Tipo de Estructuras Volcánicas

- Caldera, Inactivo
- Cono de ceniza, Inactivo
- Domo de lava, Inactivo
- Estratovolcán, Activo
- Estratovolcán, Durmiente
- Estratovolcánn, Inactivo
- Volcán de Escudo, Activo
- Volcán de Escudo, Durmiente

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

Volcán Popocatépetl

El Volcán Popocatépetl es un estratovolcán activo de carácter andesítico - dacítico ubicado en la parte central del Cinturón Volcánico Transmexicano, en el extremo meridional de la Sierra Nevada ubicado entre los estados de Morelos, Puebla y el Estado de México, entre las coordenadas 19°01'23" N y 98°37'22" W, tiene una superficie de 500 km2 y una altura de 5,452 msnm, su cráter tiene una forma elíptica.

Este volcán ha tenido actividad pliniana e interpliniana, sin embargo, a lo largo de su historia ha mostrado un amplio espectro de formas de actividad eruptiva, hace 23,000 anos A.C. ocurrió una erupción catatlismica con el colapso del edificio y la formación de una avalancha de escombros, y desde esa fecha, el Popocatépetl ha tenido por lo menos 7 erupciones plinianas. Las ultimas 3 erupciones plinianas ocurrieron hace 5,000, 2,100 y 1,100 años.

Peligro por ceniza volcánica

Como parte del estudio se realizó el modelamiento para el Volcán Popocatépetl el cual, a pesar de no caer dentro del radio de 100 km, se ubica a una distancia aproximada de 115 km por tal motivo se decidió incluirlo. Para este estudio se realizaron varias pruebas con diferentes parámetros, sin embargo, se optó por presentar el siguiente set de parámetros: una erupción con una duración de 12 horas, una altura de la nube de 10.43 km con un volumen emitido de 0.005 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas ya que estos se ajustan al comportamiento general del sistema eruptivo(Mapa GEO-D-03).

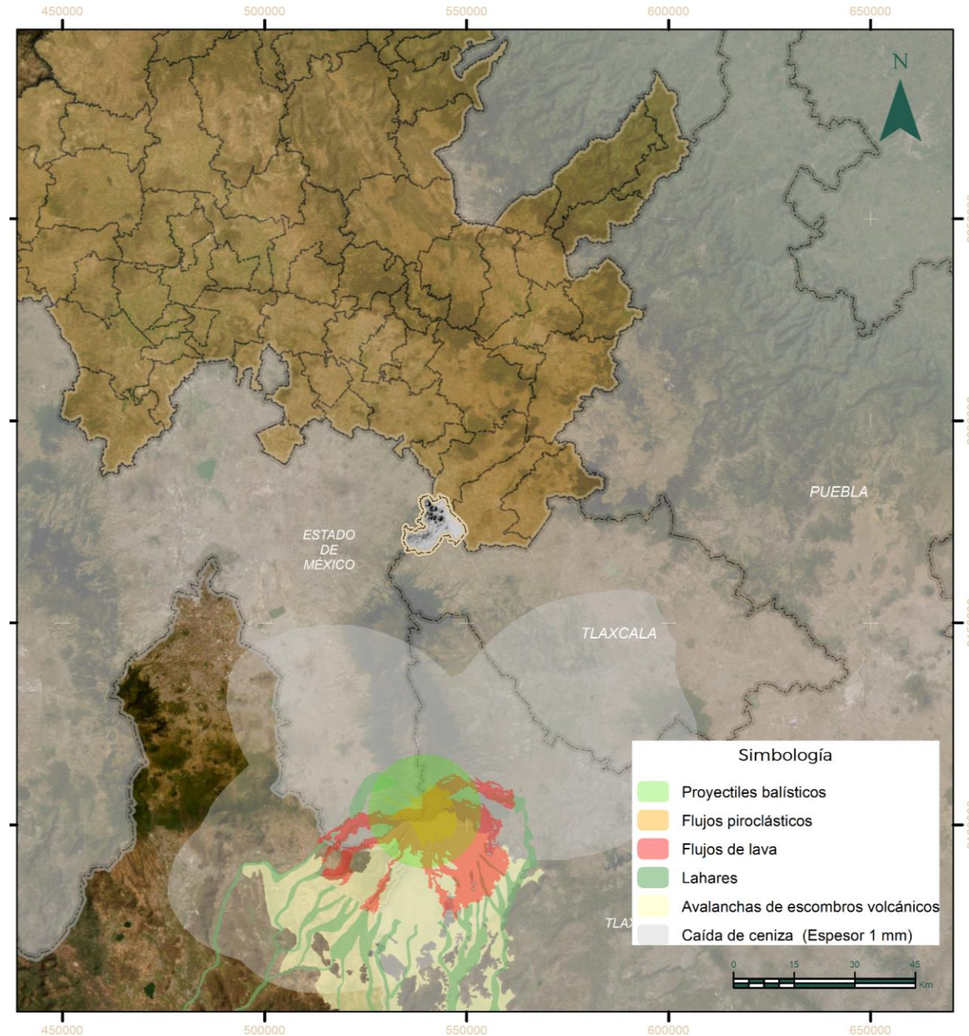
De forma general la nube de ceniza volcánica tiene una dirección preferencial hacia el estesureste llegando al Golfo de México y Centroamérica con una forma triangular. Los estados que pudieran verse cubiertos parcialmente son Morelos, Puebla, Ciudad de México, Estado de México, Tlaxcala, Veracruz; también los estados del sur y la Península de Yucatán, revisando la bibliografía del Atlas de Riesgos Naturales para depósitos de episodios históricos del volcán, generalmente tienen una dirección similar, debido a las direcciones del viento que prevalecen en la región. Para este modelado la nube puede alcanzar una altura máxima de 13 km, conforme viaja hacia el sureste del país, en las áreas aledañas al cráter la altura máxima sería de aproximadamente 12 km.

Peligro por nube y depósito de ceniza volcánica

De acuerdo con el análisis el comportamiento de la nube y su posterior depósito de cenizas tendría una dirección hacia el Este del edificio volcánico, afectando principalmente al Estado de Tlaxcala, partes del estado de Puebla y Veracruz. De tal manera que no se presenta ningún peligro para el municipio, ya que la distancia mínima entre la nube de ceniza y el límite municipal es de 45 km, por su parte, el depósito de ceniza ocurriría a los 80 km aproximadamente (Mapa GEO-D-04).

El caso del Popocatépetl es especial debido a su potencial eruptivo y al hecho de que se encuentra actualmente en erupción. Por esta razón, se proporciona un mapa (Imagen GEO-D-4) de peligros volcánicos que detalla los riesgos en relación con la distancia del municipio.. Este mapa es esencial para la planificación de medidas de emergencia y para informar a la población sobre las áreas de mayor riesgo, permitiendo así una mejor preparación y respuesta ante posibles eventos volcánicos.

Imagen GEO-D-4. Mapa de peligros volcánicos del Popocatepetl y su influencia en Emiliano Zapata



Fuente: Realizado por Soluciones SIG S.A. de C. V., 2024 con información de CENAPRED

Caldera de Los Humeros

Los Humeros es el volcán más oriental de una serie de centros volcánicos silicios con sistemas geotérmicos activos ubicados al norte de la FVTM. Tuvo su primera gran erupción silícica hace unos 460,000 años antes del presente (BP) en la que produjo la Ignimbrita Xáltipan de 230, que cubrió unos 3.500 km2 y dio lugar a la formación de la caldera de Los Humeros de 15 x 21 km. La creación de domos de lava post-caldera y la erupción de la Toba Faby de 40 km3 hace unos 240.000 años AP fue seguida por la erupción de la Toba de Zaragoza hace unos 100.000 años AP y la formación de la caldera anidada de Los Potreros de 10 km de ancho. Una tercera caldera, mucho más pequeña (El Xalapazco), se formó entre 40.000 y 20.000 años BP. Las erupciones más recientes incluyen la producción de extensos flujos de lava basáltica morfológicamente jóvenes que no tienen fecha, pero son más jóvenes que un flujo de lava riolítica de 20.000 AP y podrían ser parte de la edad del Holoceno temprano. Una gran erupción explosiva hace unos 6.400 años produjo la tefra bimodal pliniana del miembro Cuilcuiltic. Continúa la actividad termal y fumarólica, lo que está generando el segundo campo geotérmico desarrollado en la Faja Volcánica Mexicana.

Está ubicada a 91 km aproximadamente del municipio en el Estado de Puebla y tiene una elevación de 3,150 metros. CENAPRED lo ha categorizado como un nivel 4, es decir de Peligro Latente. Hoy en día tiene un sistema hidrotermal muy activo con potencial para futuras erupciones.

Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento del Volcán Los Humeros se realizó a partir de una erupción con una duración de 3 horas, una altura de la nube de 14.15 km con un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas. De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este-sureste llegando al Golfo de México y Centroamérica, puede llegar a cubrir a la Ciudad de México, Morelos y Tlaxcala, así como, partes del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz y la Península de Yucatán. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16.28 km conforme se desplaza hacia el sur, así como en las inmediaciones del volcán(Mapa GEO-D-05).

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción hipotética con condiciones similares alcanzaría al municipio en un periodo de 5 horas, a una altura de 4.25 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas parcialmente (Mapa GEO-D-06) sin superar los 6 km de altura. Está nube de ceniza traería una carga de 1-4 T/km2 durante todo el periodo de 24 horas. Las concentraciones de está nube alcanzaría su nivel máximo de 4 mg/m3 en un lapso de 7 horas, posterior a este periodo disminuiría su concentración hasta 1 T/km2 por un lapso mayor a 24 horas.

Volcán Iztaccíhuatl

El Volcán Iztaccíhuatl es un estratovolcán de 7 km de longitud localizado en la Sierra Nevada al Norte del Popocatépetl. Se origino por varias etapas de construcción y destrucción, de donde proceden una variedad de conos, domos, flujos lávicos, morfologías asociadas y depósitos vulcano-sedimentarios, los rasgos más evidentes son las cuatro principales cimas: Cabeza (5.140 msnm), Pecho (5.280 msnm), Rodillas (5.000 msnm), y Pies (4.703 msnm).

Este volcán tuvo su origen a fines del mioceno, su masa está formada por capas de lava andesítica de hornblenda e hiperstena sobre un núcleo de dacitas, alcanzando las andesitas un gran espesor, ya no conserva sus cráteres por donde tuvieron lugar sus erupciones. Es una estructura compleja desde el punto de vista volcánico y geomorfológico, corresponde a la formación geológica que está constituida por extensos derrames lávicos de andesita basáltica, con intercalaciones de depósitos piroclásticos como tobas y cenizas. Su edad aproximada es de 0,9 a 0,08 millones de años, del Pleistoceno Tardío.

En el extremo S-SE del Iztaccíhuatl se reconocen los materiales más recientes de este complejo, constituidos por derrames lávicos andesítico-daciticos, que de manera particular se asocian al Volcán Amalacaxco (pies del Izta), de edad Holocenica.

Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento realizado para el Volcán Iztaccíhuatl se realizó a partir de una erupción con una duración de 3 horas, una altura de la nube de 16.23 km con un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas(Mapa GEO-D-07). De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este llegando al Golfo de México en donde cambia de dirección hacia Centroamérica, sin embargo, también viaja con dirección suroeste; puede llegar a cubrir en su totalidad a la Ciudad de México, Morelos y Tlaxcala, así como, partes del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz, también viaja hacia el suroeste donde alcanza a afectar a partes de Guerrero. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16.24 km, sin embargo, rápidamente se asienta por debajo de los 10 km al menos en la parte central del país.

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción la nube de cenizas volcánicas cruzaría el municipio en las primeras horas a una altura de 8 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas a una altura de 6 km (Mapa GEO-D-08).

La carga de ceniza alcanzaría las 9 T/km2 en las primeras 9 horas, posterior a esto disminuiría hasta los 0.22 T/km2 en las 24 horas pasadas la erupción. Por su parte las concentraciones de está nube a las 5 horas de la erupción serían 1.30 mg/m3 aproximadamente, el cual aumenta

hasta los casi 8 mg/m3 en un lapso de 9 horas, una vez que alcanza estás concentración vuelva a disminuir hasta 0.20 mg/m3 al final del periodo de 24 horas.

Volcán La Malinche

La Malinche es un estratovolcán erosionado causando grandes cañones en sus faldas, se encuentra aislado al NE de Ciudad de Puebla entre los volcanes Popocatépetl-Iztaccíhuatl y Orizaba-Cofre de Perote. En gran medida se originó durante el Pleistoceno de composición andesítica-dacitic, donde la cima presenta evidencia de erosión por glaciar.

Se han encontrado capas de tefras del Holoceno, así como, varios conos y cráteres de explosión del mismo periodo Holoceno, también se han encontrado lahares del mismo periodo asociados una erupción que ocurrió hace 3,100 años que alcanzo las llanuras de Puebla y afecto a varias comunidades. Tiene una altura de 4,461 m.

Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento del Volcán La Malinche se realizó a partir de una erupción con una duración de 3 horas, una altura de la nube de 15.46 km con un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas(Mapa GEO-D-09). De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este-sureste llegando al Golfo de México y Centroamérica, puede llegar a cubrir a la Ciudad de México, Morelos y Tlaxcala, así como, partes del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz y Guerrero. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16-17 km en las inmediaciones del cráter, así como, conforme viaja hacia el sureste del país a la altura del límite Veracruz y Chiapas,

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción hipotética con condiciones similares alcanzaría al municipio en un periodo de 5 horas, a una altura de 8.5 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas parcialmente (Mapa GEO-D-10). Está nube de ceniza traería una carga de 9 T/km2 al momento de arribar al municipio en las primeras horas, sin embargo, estaría aumentando rápidamente hasta alcanzar los 13 T/km2 en las primeras 6 horas pasadas la erupción, después de este tiempo volvería a bajar la carga, pero duraría más del periodo de 24 horas. Las concentraciones de está nube alcanzaría su nivel máximo de 11 mg/m3 en un lapso de 7 horas, posterior a este periodo disminuiría su concentración hasta menos de 1 T/km2 en el lapso de 24 horas.

Volcán Jocotitlán

El Xocotépetl, también conocido como Jocotitlán, es un estratovolcán ubicado en el Estado de México, entre los municipios de Jocotitlán y Atlacomulco. Forma parte del Eje Neovolcánico y ha sido formado por flujos de lava y eyecciones de piroclastos. Su altura alcanza los 3953 metros sobre el nivel del mar.

Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento del Volcán Xocotépetl, se realizó a partir de una erupción con una duración de 3 horas, una altura de la nube de 14.9 km con un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas(Mapa GEO-D-11). De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este-norreste, puede llegar a cubrir a la Ciudad de México, así como, partes del Estado de México, Hidalgo. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16-17 km en las inmediaciones del cráter,

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción hipotética con condiciones similares alcanzaría al municipio en un periodo de 5 horas, a una altura de 16.39 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas parcialmente (Mapa GEO-D-12). Está nube de ceniza traería una carga de 5.16 mg/m3 al momento de arribar al municipio en las primeras horas.

Campo Volcánico Chichinautzin

El vulcanismo en el Campo Volcánico Chichinautzin se caracteriza por la presencia de conos de escoria de actividad estromboliana, volcanes escudo, flujos y domos de lava. Este campo ha mostrado una actividad significativa en los últimos 40,000 años, con una tasa de producción de magma notablemente mayor que la del Volcán Popocatépetl en el mismo período.

Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento del Volcán Chichinautzin se realizó a partir de una erupción con una duración de 24 horas, una altura de la nube de 10.93 km con un volumen emitido de 0.003 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas. De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este-noreste llegando al Golfo de México, puede llegar a cubrir a la Ciudad de México y Tlaxcala, así como, partes del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16-17 km en las inmediaciones del cráter, así como, conforme viaja hacia el este del país a la altura de Veracruz (Mapa GEO-D-13).

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción hipotética con condiciones similares alcanzaría al municipio en un periodo de 5 horas, a una altura de 6.55 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas parcialmente (Mapa GEO-D-14). Está nube de ceniza traería una carga de 0.81 mg/m3 al momento de arribar al municipio en las primeras horas.

Volcán Papayo

El Volcán Papayo es una pequeña cúpula de lava en la cresta del rango de Sierra Nevada a 47 km al SE de la Ciudad de México. Papayo ha producido grandes flujos de lava dacítica que alcanzan hasta 10 km de longitud, y estuvo activo por última vez hace menos de 12,000 años, lo que significa que debe considerarse potencialmente activo.

La cúpula de lava papayo postglacial de 3600 m de altura, construida a lo largo de la cresta de la cordillera de Sierra Nevada, está empequeñecida por su enorme volcán vecino Iztaccíhuatl, a 15 km al suroeste. Papayo ha sido la fuente de voluminosos flujos de lava dacítica que han viajado unos 10 km desde el respiradero hasta el WSW y el ENE. La cúpula de lava dacítica del Cerro Papayo, empinada, que se eleva 230 m por encima de los flujos de lava circundantes, marca el respiradero. El campo de lava compuesta de 84 km2 tiene un volumen de aproximadamente 21 km3 e incluye flujos que viajaron largas distancias en direcciones opuestas hacia el Valle de México y hacia la cuenca de Puebla. Las lavas del Volcán Papayo cubren las morrenas glaciales de unos 12,000 años. En el lado occidental, los flujos rodean la lava glaciada del Pleistoceno Tardío y el cono piroclástico de Iztaltetlac.

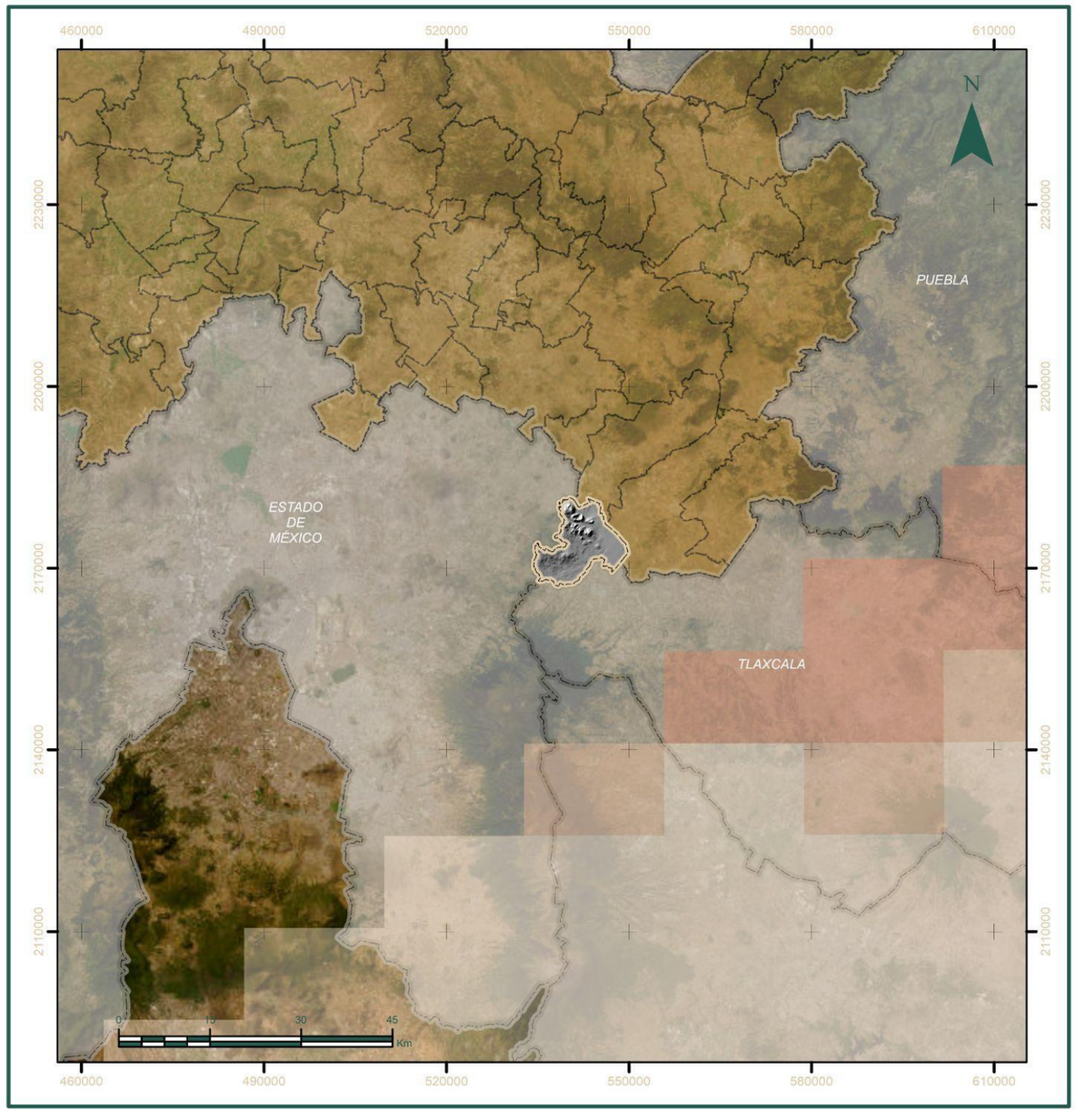
Peligro por ceniza volcánica

El modelamiento realizado para el Volcán Papayo se realizó a partir de una erupción con una duración de 3 horas, una altura de la nube de 14.6 km con un volumen emitido de 0.015 km3 durante una simulación de un periodo de 24 horas(Mapa GEO-D-15). De forma general la nube tiene una dirección preferencial hacia el este-sureste llegando al Golfo de México y Centroamérica, puede llegar a cubrir en su totalidad a la Ciudad de México, Morelos y Tlaxcala, así como, partes del Estado de México, Hidalgo, Puebla, Veracruz, también viaja hacia el suroeste donde alcanza a afectar a partes de Guerrero. La nube puede alcanzar una altura máxima de 16 km, pero esto ocurría conforme viaja hacia el sureste del país a la altura de Oaxaca, en las áreas aledañas al cráter la altura máxima es de casi 15 km.

Peligro por nube de ceniza volcánica

Con respecto al municipio se estima que durante una erupción la nube de cenizas volcánicas cruzaría el municipio en las primeras horas a una altura de 10 km aproximadamente y se quedaría suspendida por más de un periodo de 24 horas por encima de esa altura (Mapa GEO-D-16).

Está nube de ceniza traería una carga de aproximadamente 1 T/km2 al momento de arribar al municipio en las primeras horas, sin embargo, estaría aumentando hasta alcanzar los 12 T/km2 en las primeras 12 horas pasadas la erupción, después de este tiempo volvería a bajar la carga, pero duraría más del periodo de 24 horas. Las concentraciones de está nube se mantendrían por debajo de 0.4 mg/m3 en un lapso de 24 horas.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-03
Atura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Popocatépetl

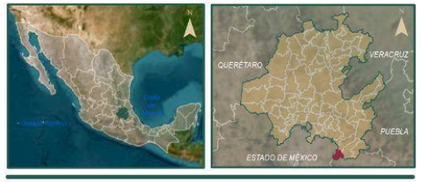
Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Atura de la Nube Volcánica por Erupcion del Volcán Popocatépetl

- 3.6 - 5.2 km
- 5.3 - 7.3 km
- 7.4 - 8.9 km
- 9.0 - 10.4 km
- 10.5 - 13.0 km

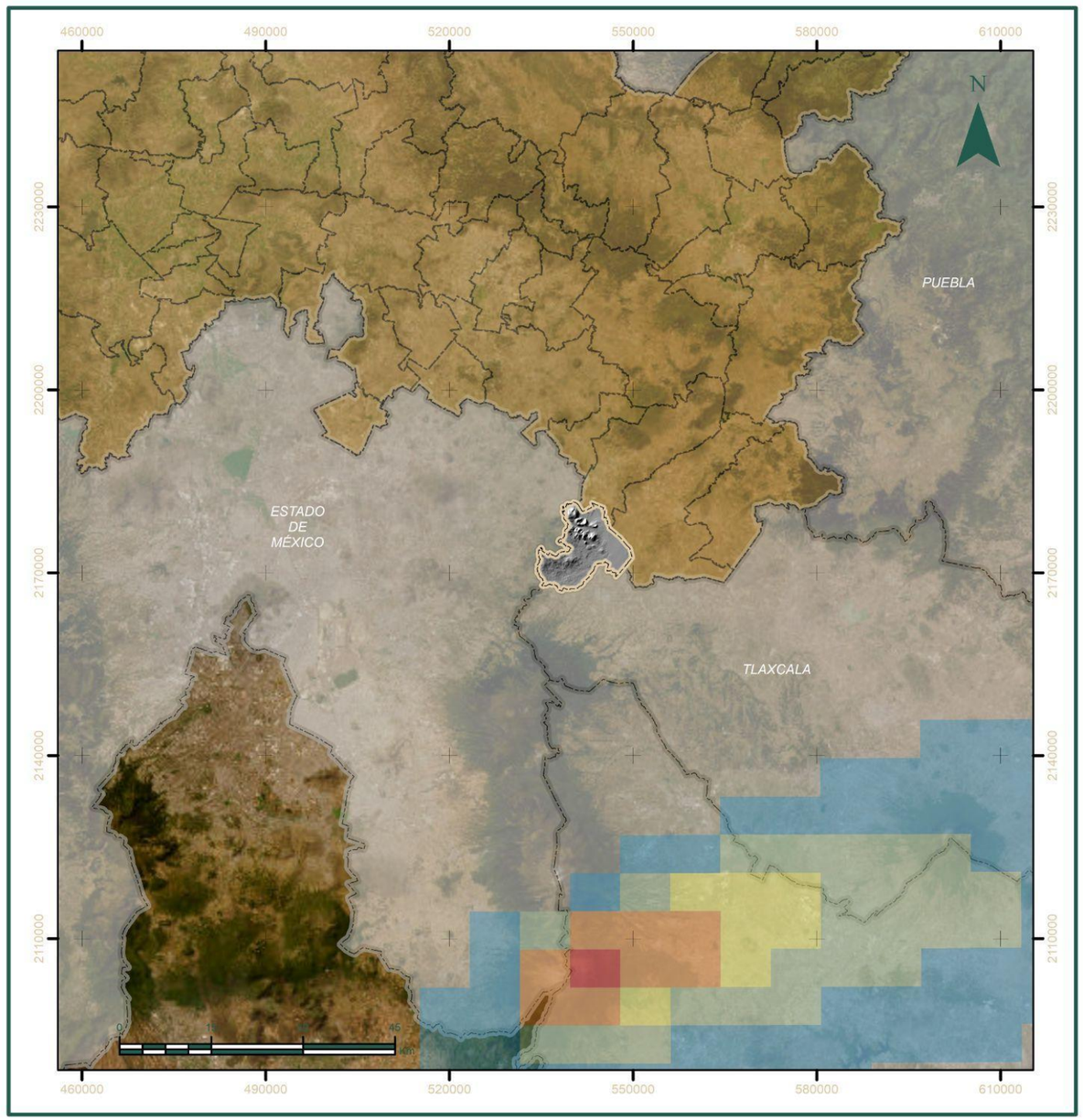
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-04
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Popocatépetl

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Popocatépetl

- 0.01 - 0.47 mm
- 0.48 - 1.71 mm
- 1.71-4.34 mm
- 4.35 - 14.55 mm
- 14.56 - 36.93 mm

Ubicación



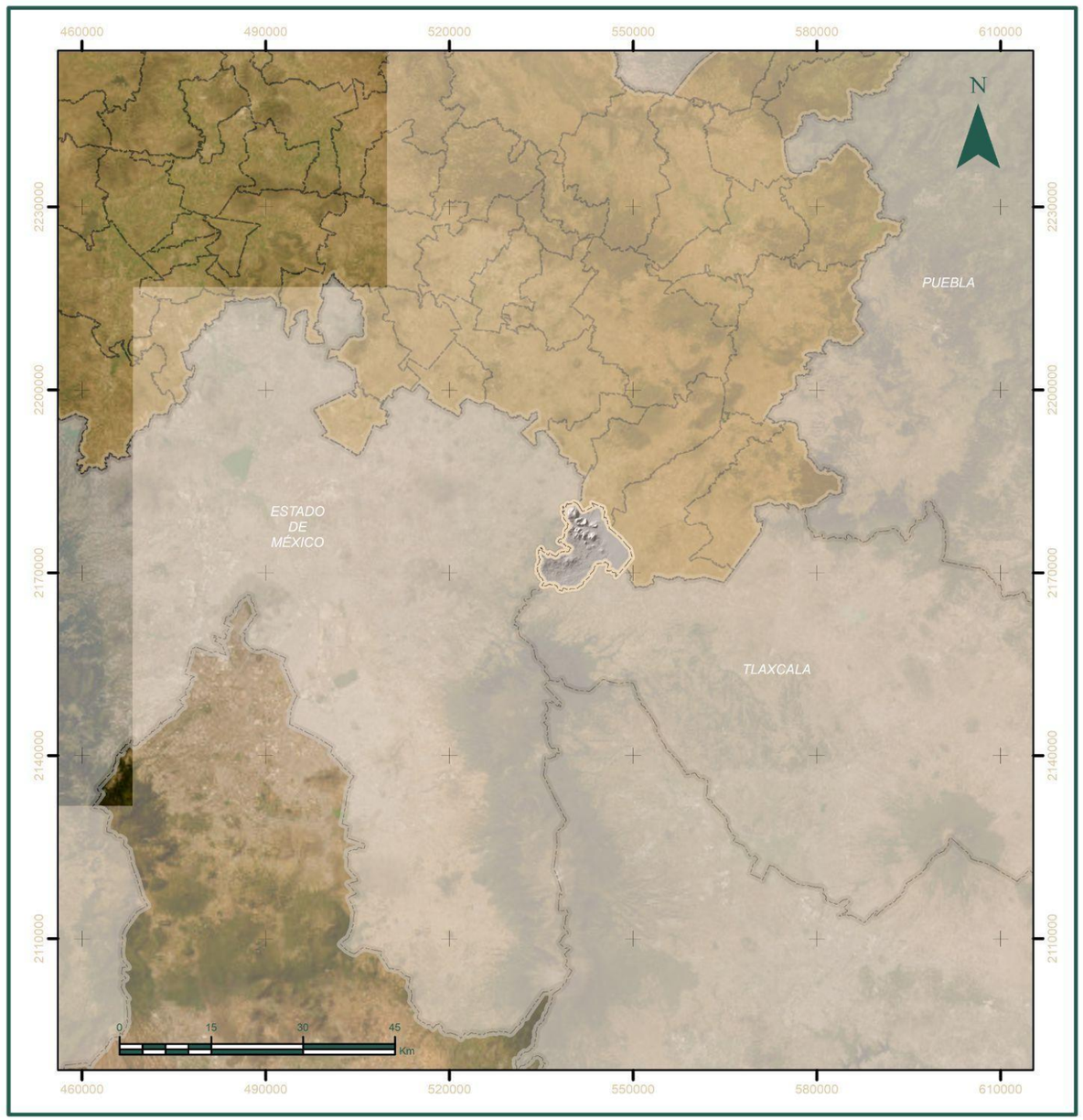
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-05
Atura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Iztaccíhuatl

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Atura de la Nube Volcánica por Erupcion del Volcán Iztaccíhuatl

- 3.3 - 6.5 km
- 6.6 - 8.9 km
- 9.0 - 11.4 km
- 11.5 - 14.6 km
- 14.62-18-68 km

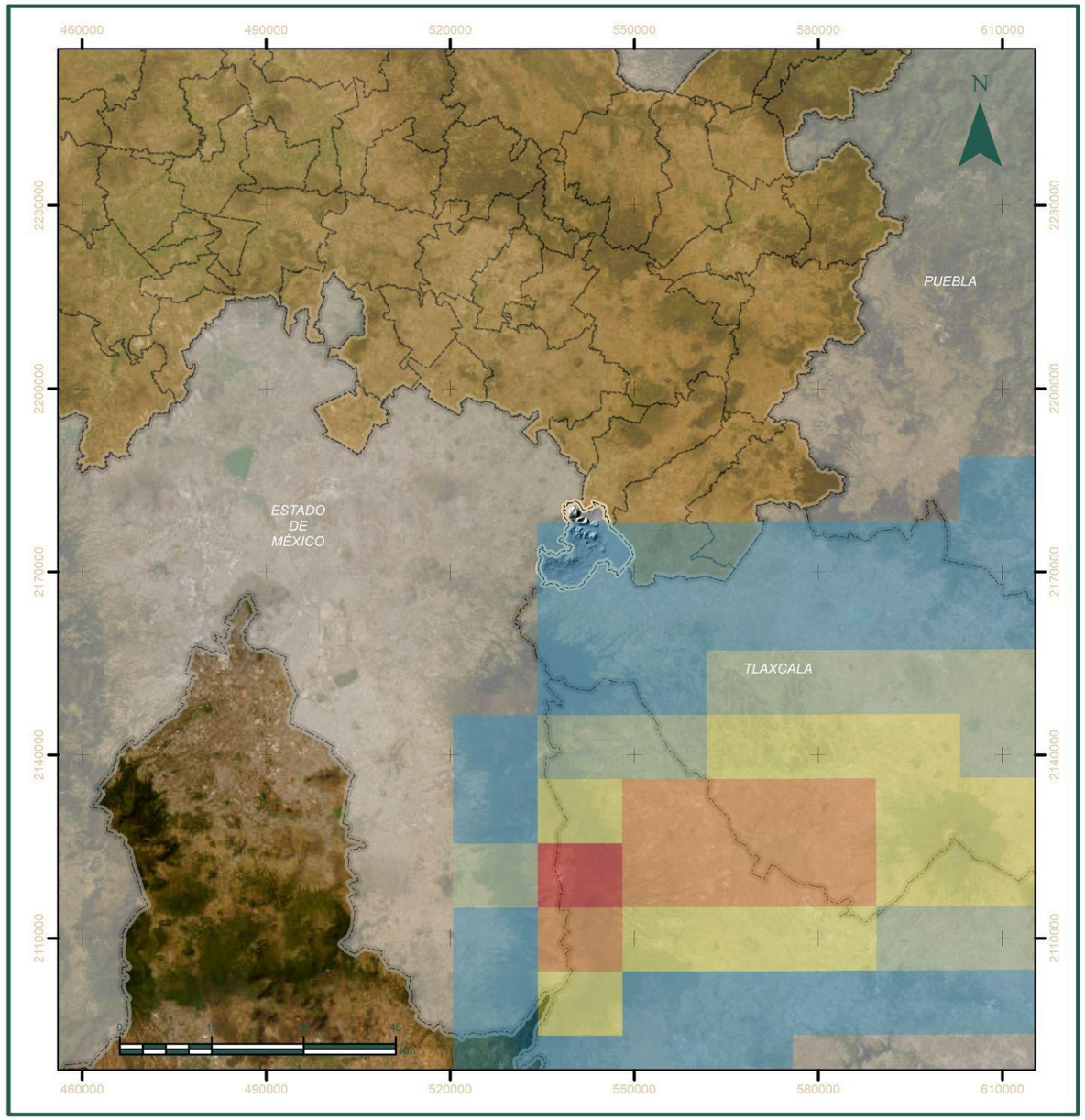
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-06
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Iztaccíhuatl

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Iztaccíhuatl

- 0.01 - 0.66 mm
- 0.67 - 2.48 mm
- 2.49 - 5.92 mm
- 5.93 - 14.66 mm
- 14.67 - 34.64 mm

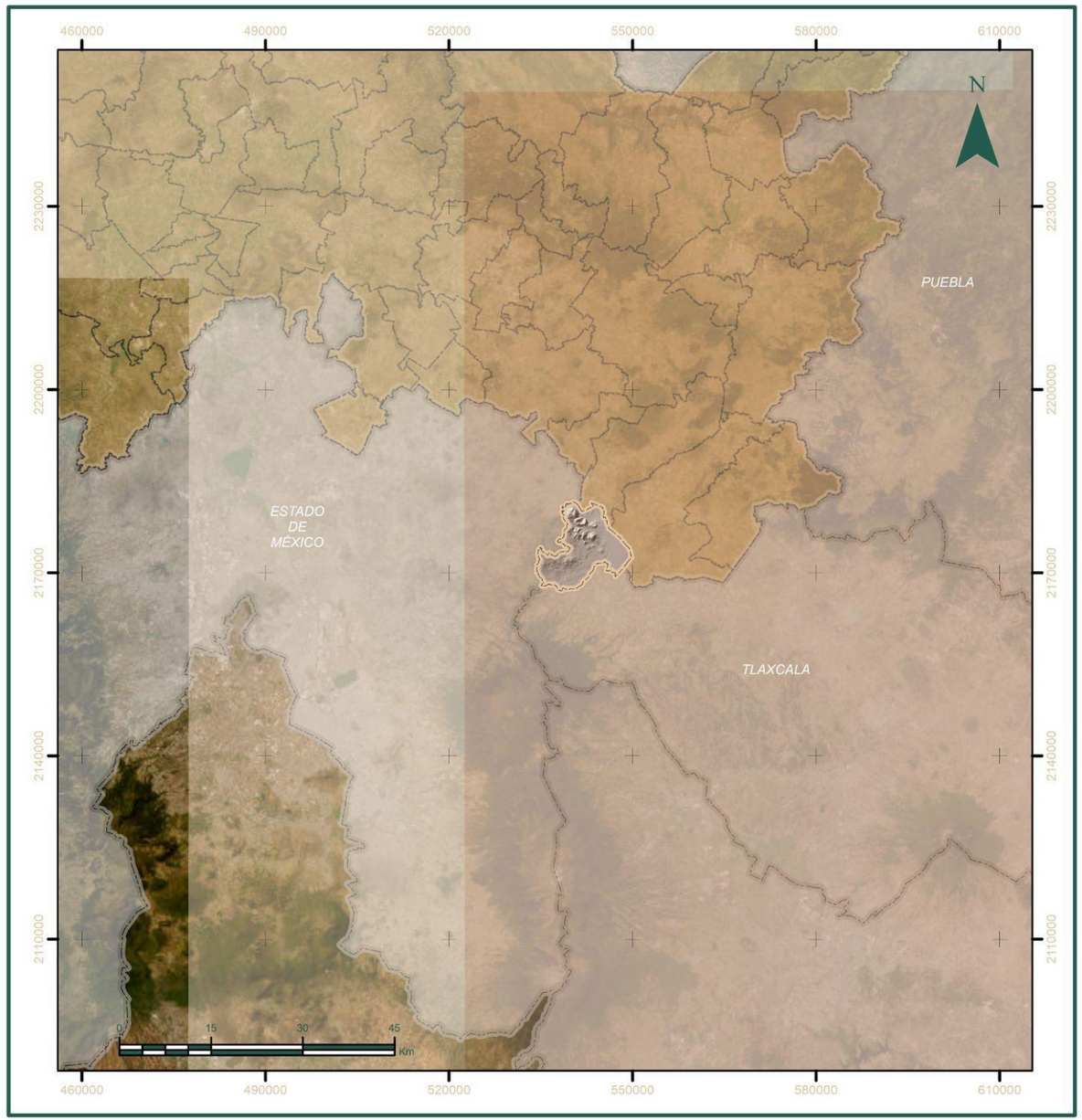
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-07
Atura de la Nube Volcánica por Erupción de la Caldera de los Humeros

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Atura de la Nube Volcánica por Erupcion de la Caldera de Los Humeros

- 1.4 - 4.3 km
- 4.3 - 6.4 km
- 6.5 - 9.2 km
- 9.3 - 12.0 km
- 12.1 - 16.3 km

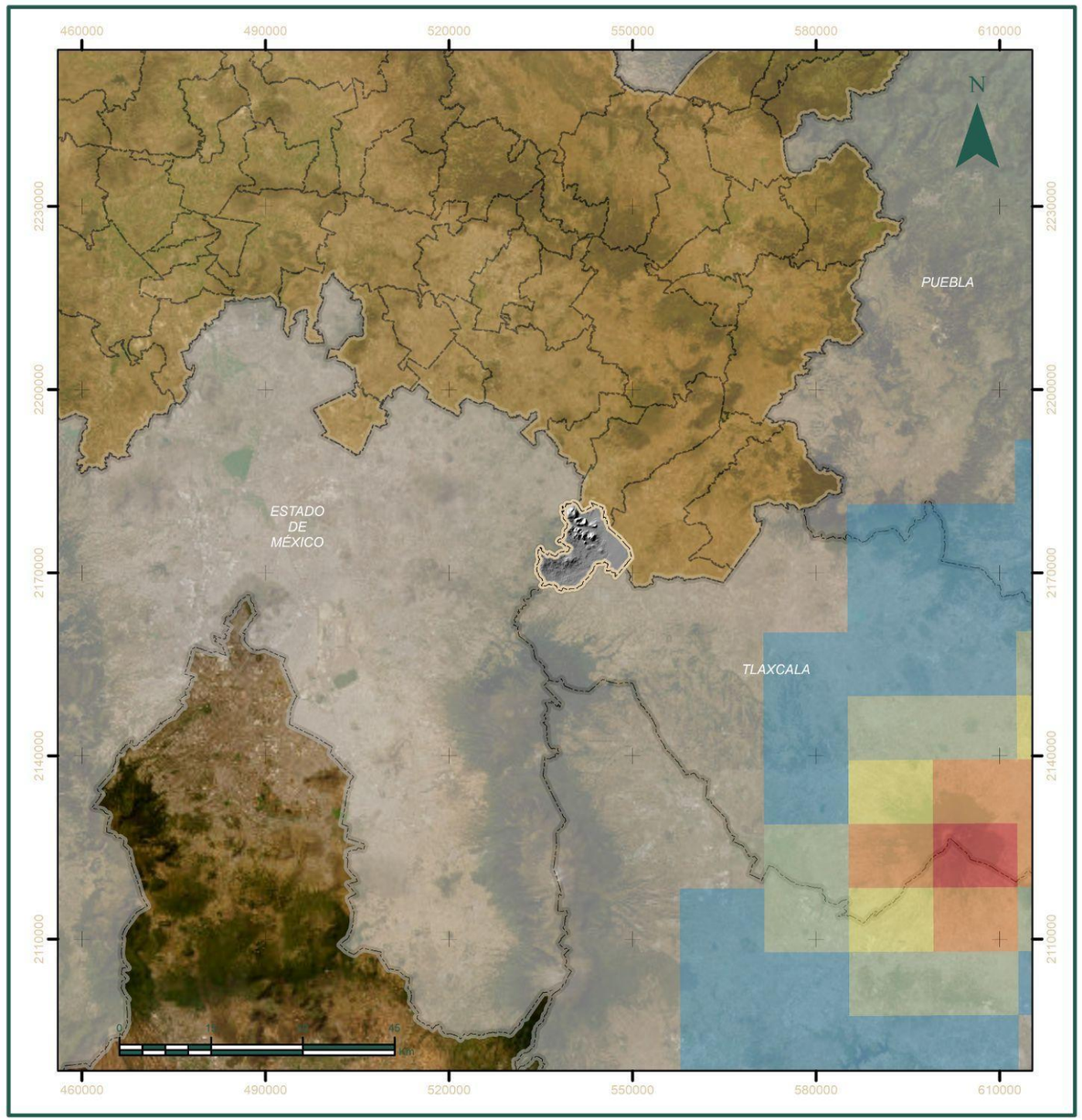
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-08
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

- 0.01 - 0.68 mm
- 0.69-2.69 mm
- 2.70 - 6.23 mm
- 6.24 - 11.74 mm
- 11.75 - 32.81 mm

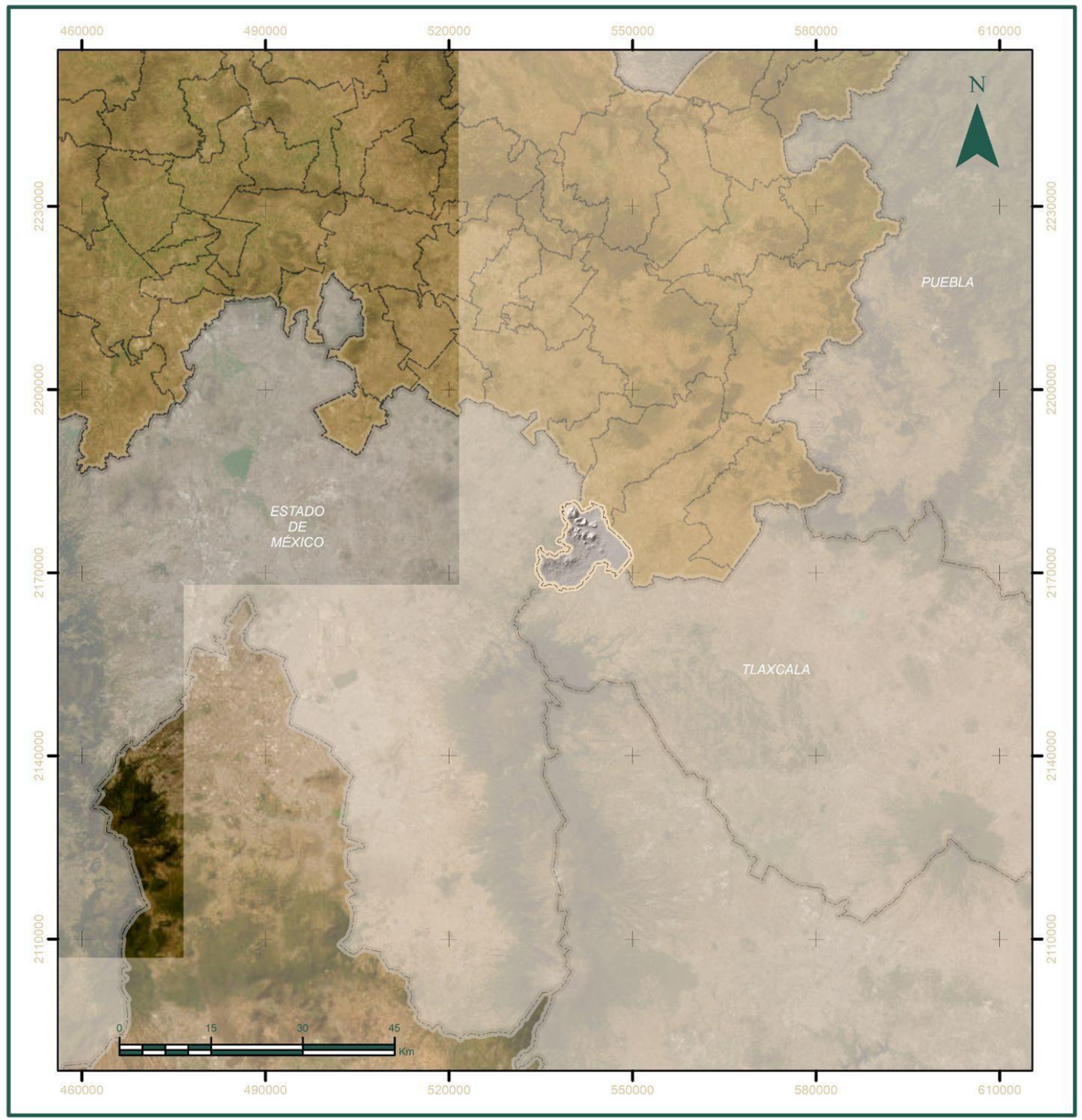
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-09
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

- 3.09 - 6.18 km
- 6.19 - 8.50 km
- 8.05-11.6 km
- 11.61 - 14.69 km
- 14.70 - 17.78 km

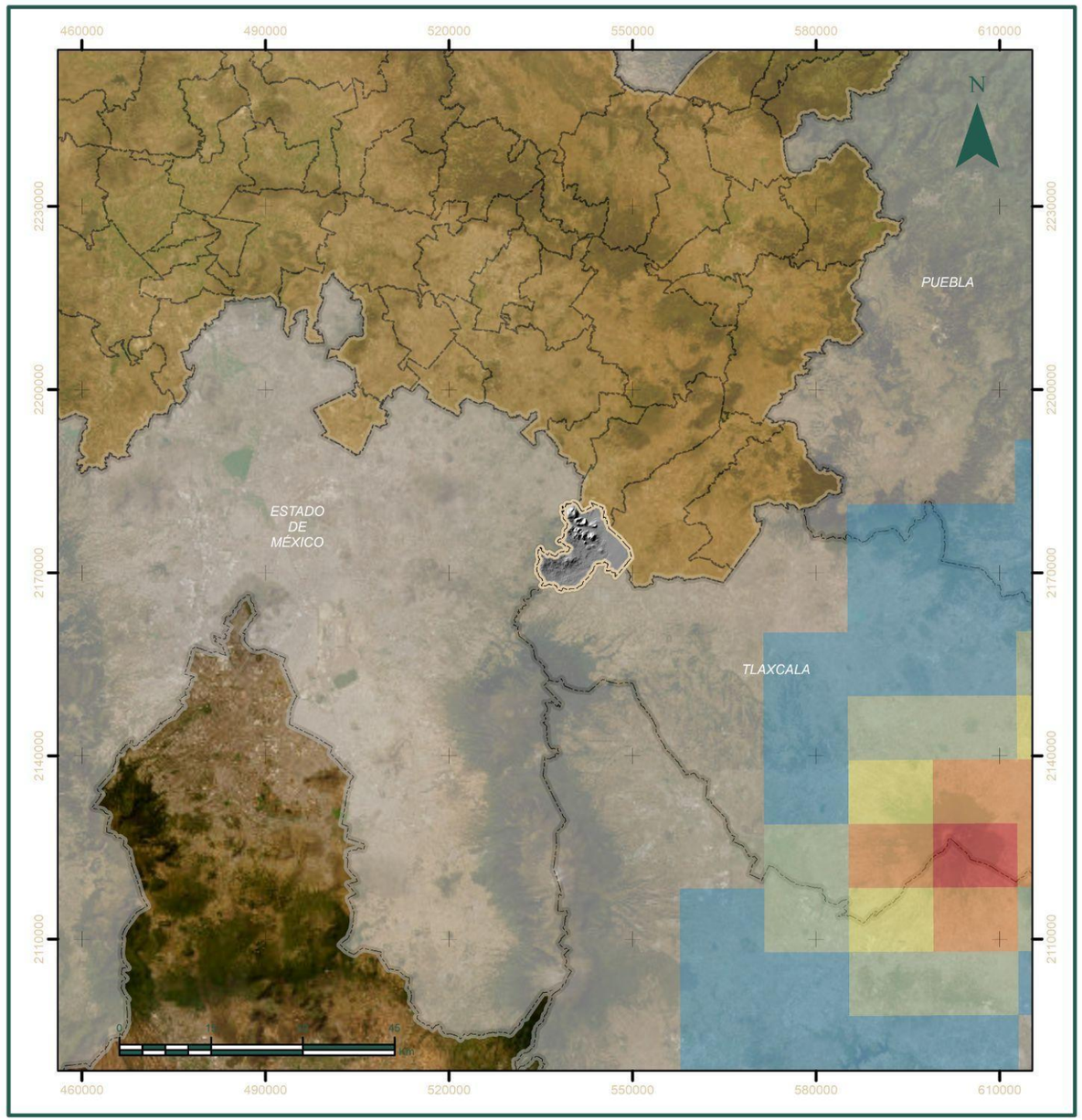
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-10
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán La Malinche

- 0.01 - 0.68 mm
- 0.69-2.69 mm
- 2.70 - 6.23 mm
- 6.24 - 11.74 mm
- 11.75 - 32.81 mm

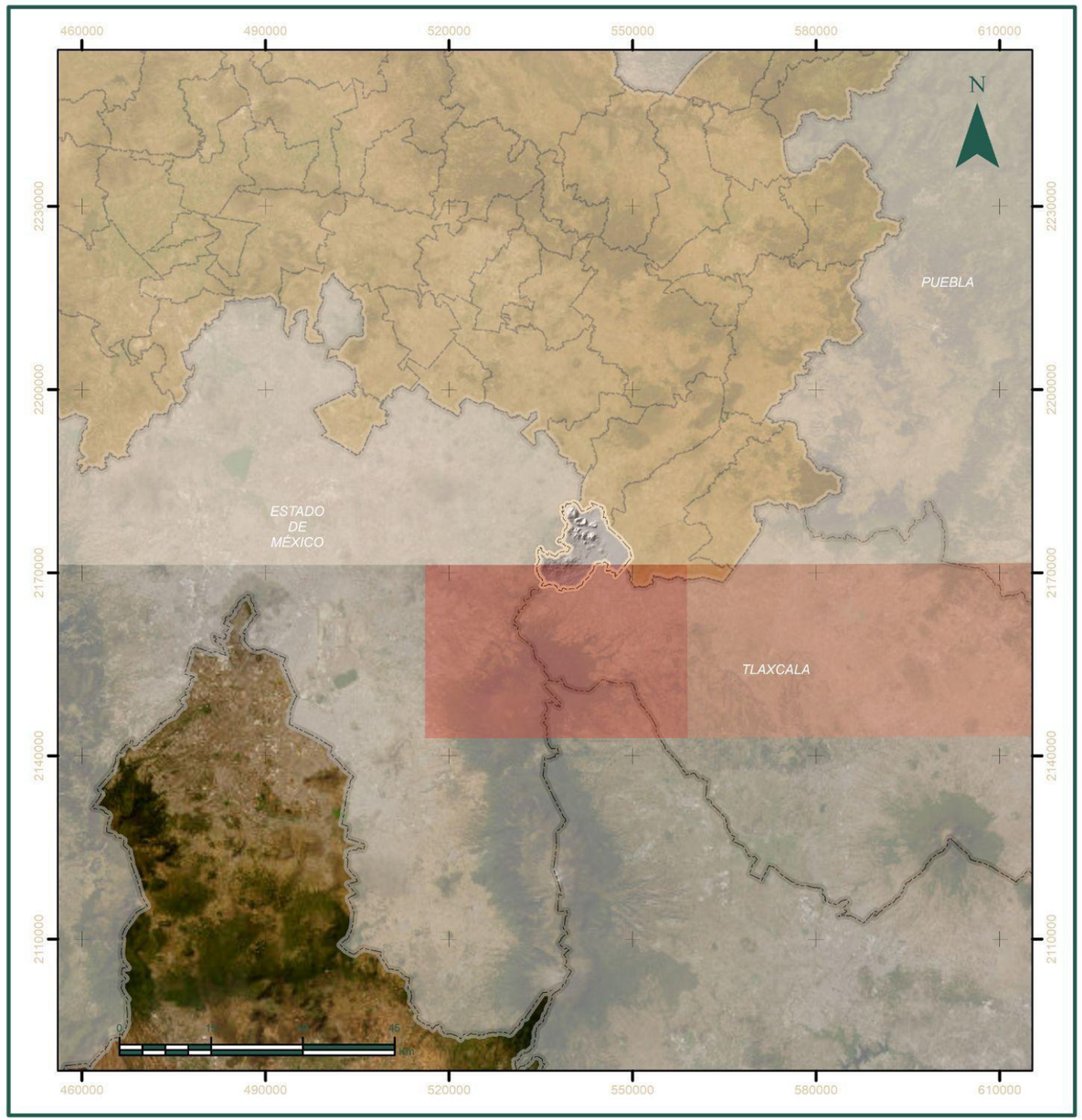
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-11
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Xocotépetl

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Xocotépetl

- 2.98 - 6.71 km
- 6.72 - 9.69 km
- 9.70 - 11.92 km
- 11.93 - 14.15 km
- 14.16 - 17.14 km

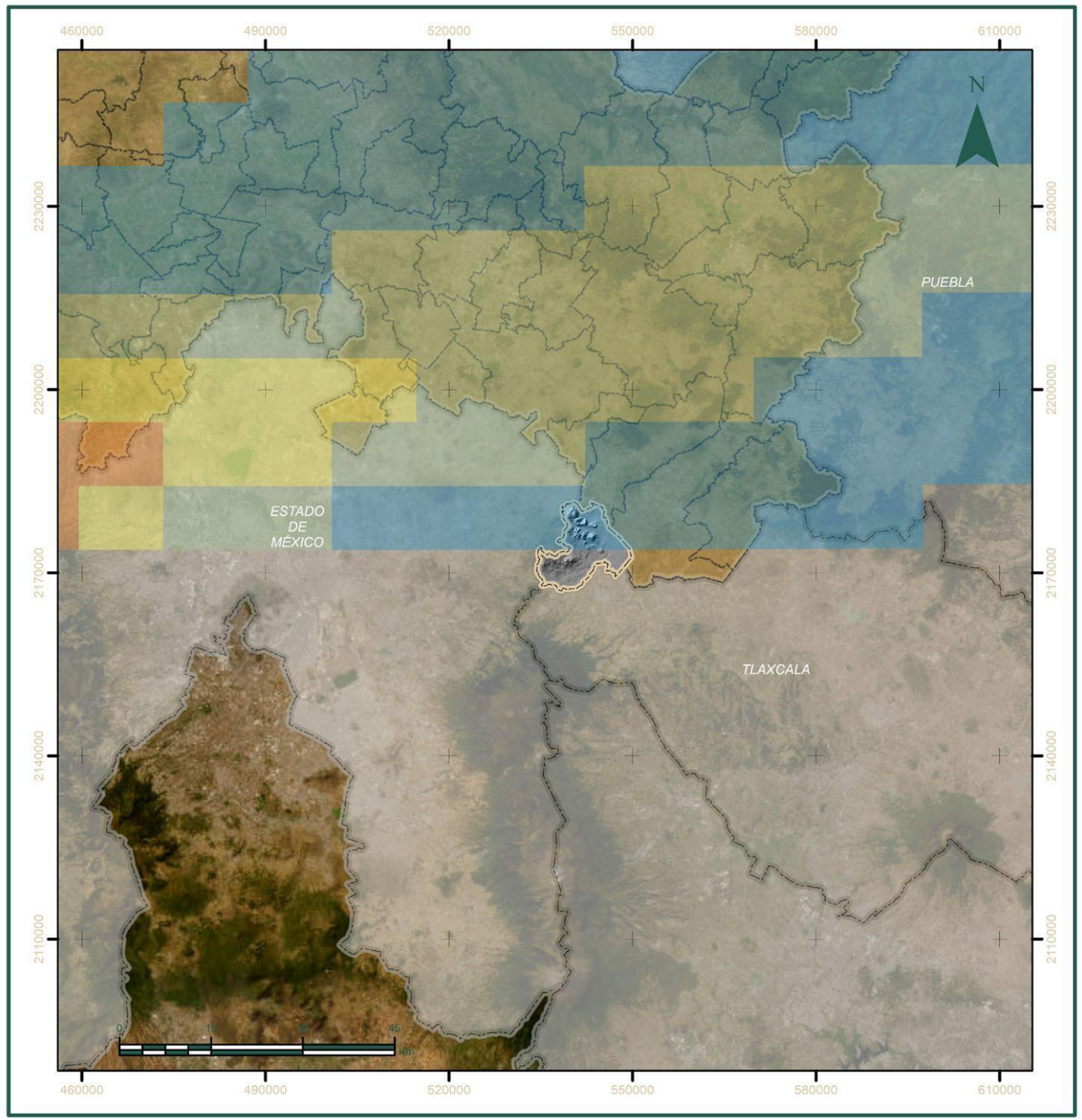
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-12
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Xocotépetl

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Xocotépetl

- 0.01 - 0.74
- 0.75 - 2.61
- 2.62 - 5.80
- 5.81 - 13.43
- 13.44 - 34.39

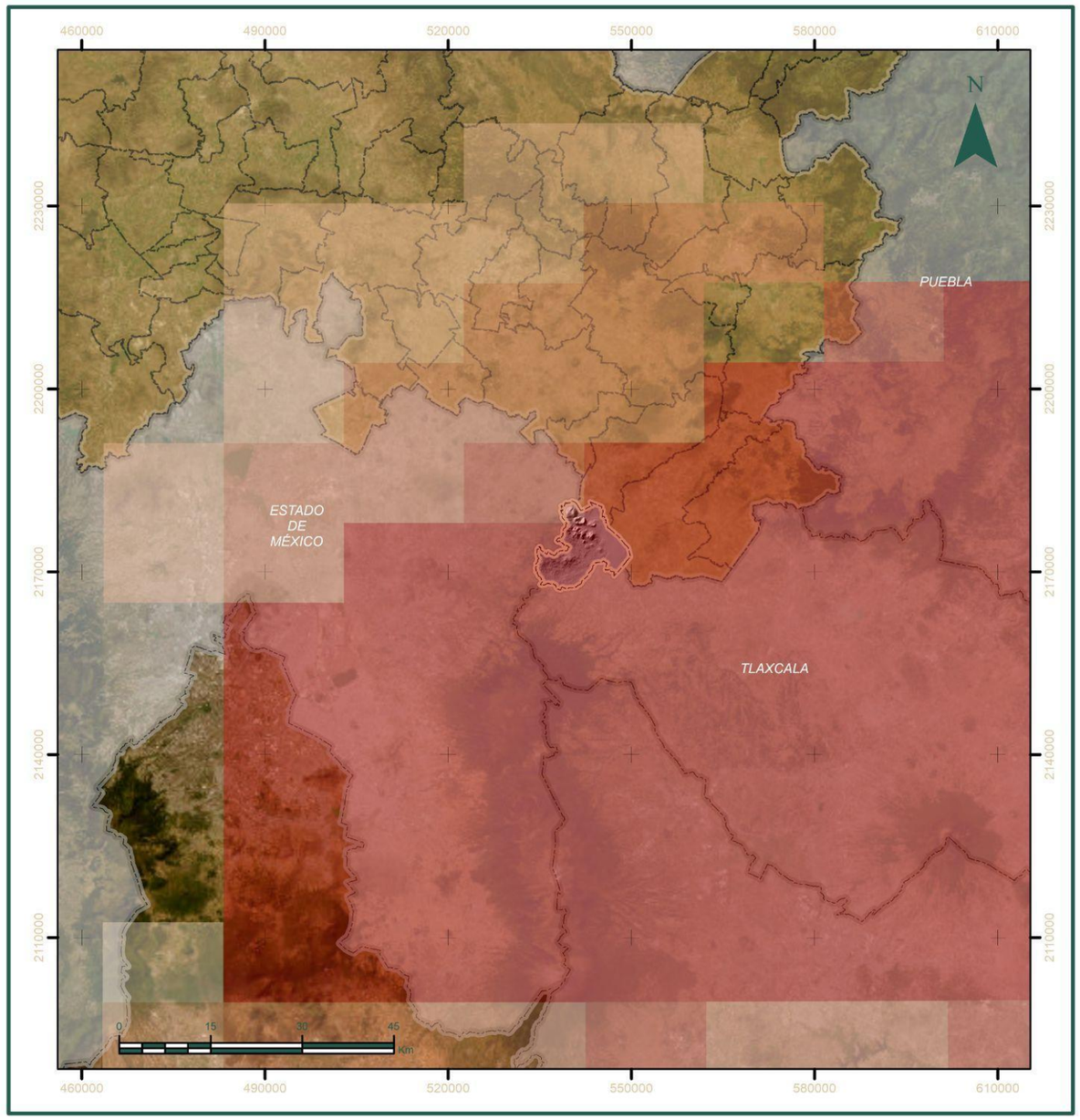
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-13
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Chichinautzin

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Chichinautzin

- 1.64 - 2.73
- 2.74 - 5.46
- 5.47 - 8.19
- 8.20 - 10.37
- 10.38 - 12.56

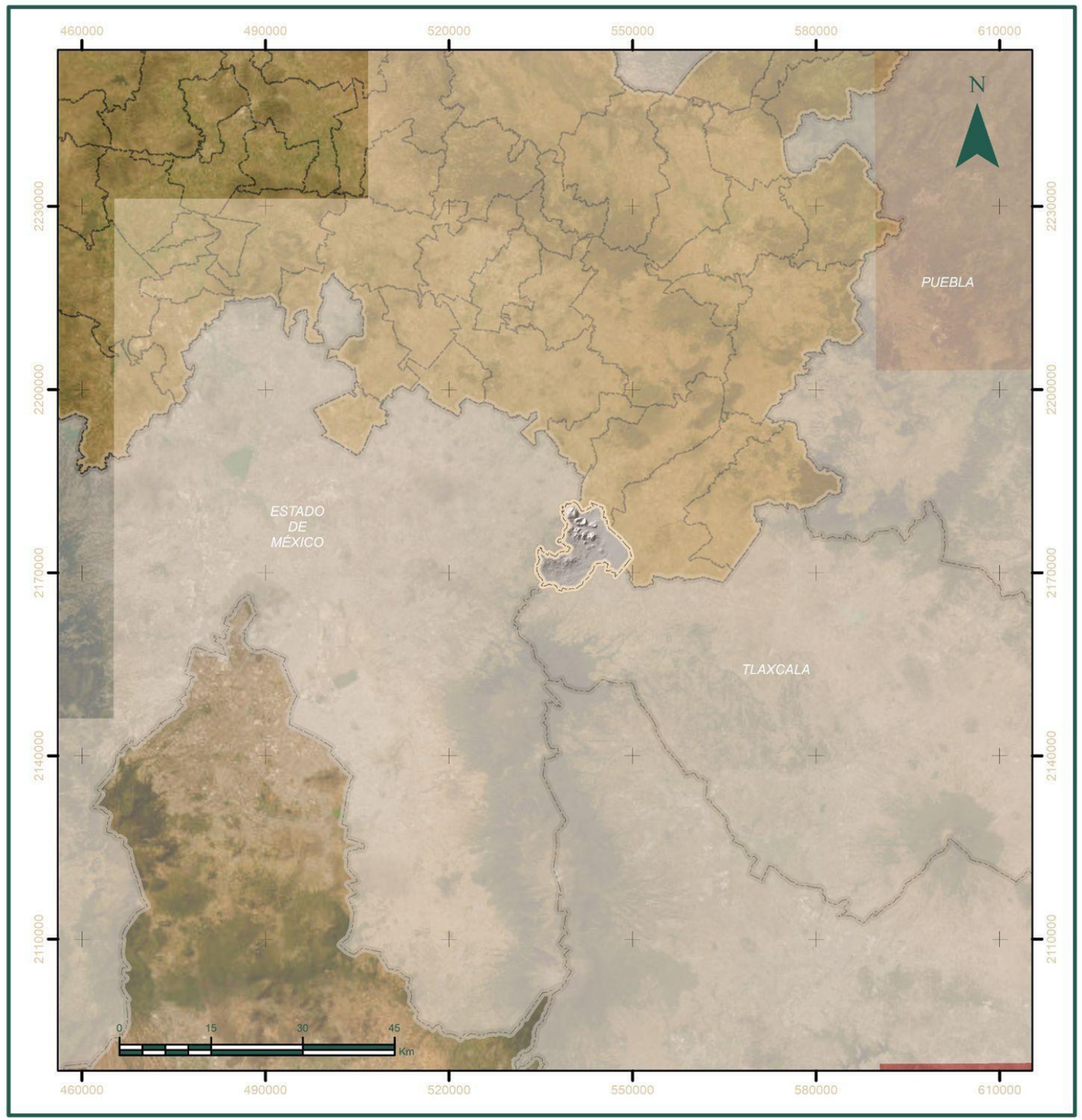
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas GEO-D-15 Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Papayo

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Altura de la Nube Volcánica por Erupción del Volcán Papayo

- 2.92 - 5.84 km
- 5.85 - 8.76 km
- 8.77 - 11.68 km
- 11.69 - 13.87 km
- 13.88 - 16.06 km

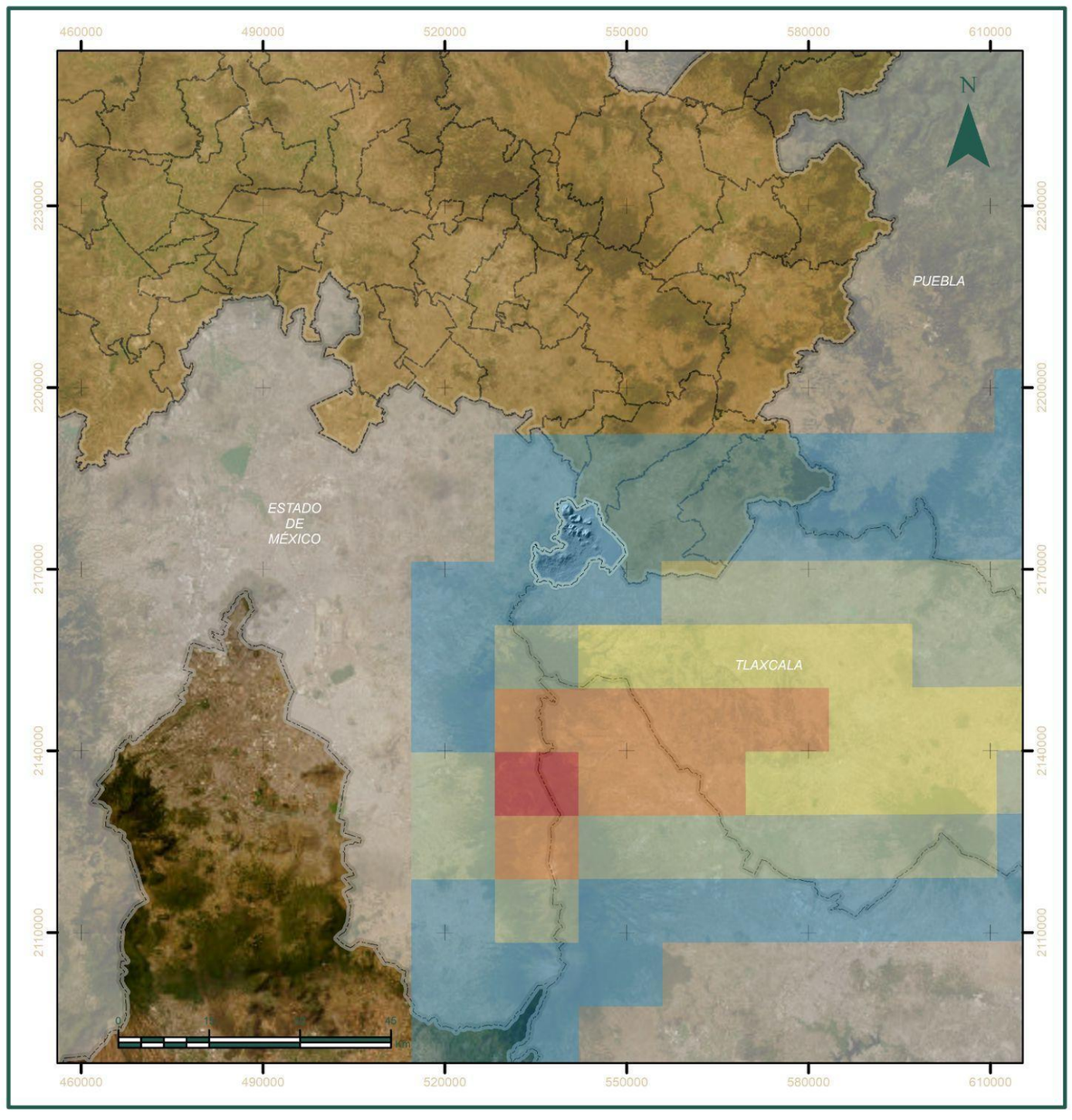
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-16
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Papayo

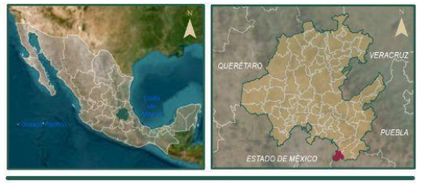
Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda
Deposito de Ceniza Volcánica por Erupción del Volcán Papayo

- 0.01 - 0.83 mm
- 0.84 - 3.00 mm
- 3.01 - 6.92 mm
- 6.93 - 14.11 mm
- 14.12 - 42.01 mm

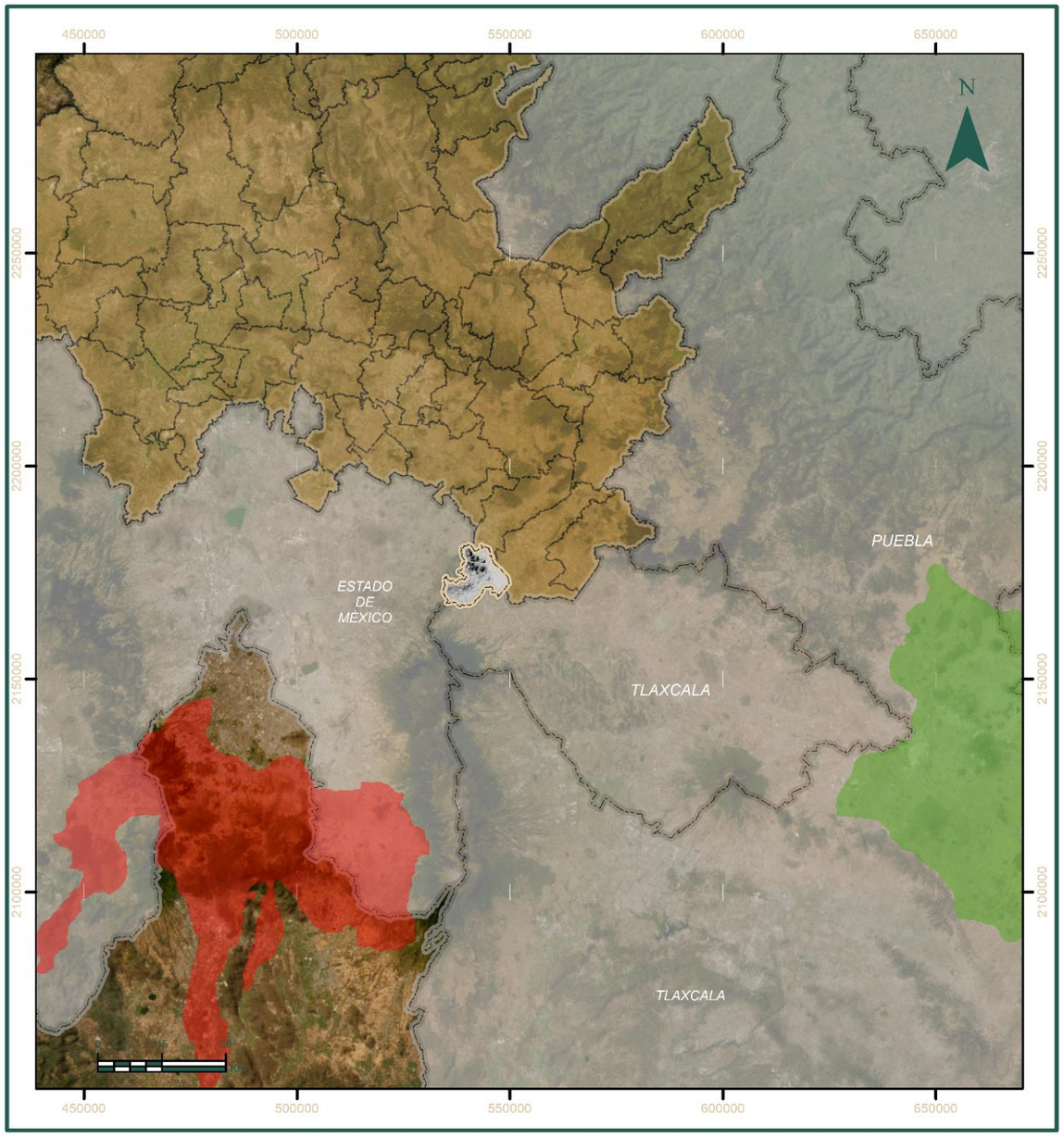
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:500,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Erupciones Volcánicas
GEO-D-17
Zonificacion de Campos Volcánicos

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

- Campo Volcánico Serdán Oriental
- Campo Volcánico Chichinautzin

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:1, 300,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

9.4.4. Vulnerabilidad y riesgo

Vulnerabilidad ante la erupción de la caldera Los Humeros.

El análisis indica que el depósito de cenizas se dirigiría mayormente hacia el este del volcán, afectando principalmente al Estado de Tlaxcala, así como partes de los estados de Puebla y Veracruz. A nivel municipal, no se proyecta ningún depósito de ceniza en todo el territorio, por lo que el riesgo se limita únicamente a la posible presencia de la nube volcánica y sus potenciales consecuencias.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Popocatépetl

Según el análisis realizado, se proyecta que el depósito de cenizas se desplace predominantemente hacia el este-sureste del volcán, lo que podría afectar principalmente áreas de los estados de Puebla y Veracruz. Se estima un espesor máximo de ceniza de hasta 7 mm. El estado de Hidalgo no se vería afectado directamente por este fenómeno, lo que conlleva a una calificación de Riesgo Muy Bajo para el depósito de ceniza. Sin embargo, es importante considerar la vulnerabilidad de la región a la presencia de nubes volcánicas y las posibles consecuencias que estas puedan acarrear.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Iztaccíhuatl.

De acuerdo con el análisis, se estima que el depósito de cenizas seguiría una dirección hacia el este-sureste del volcán, afectando principalmente al Estado de Tlaxcala, así como a partes de los estados de Puebla y Veracruz. El estado de Hidalgo se vería afectado en su parte sur-sureste, con un depósito de ceniza de máximo 0.04 mm lo que determina un riesgo muy bajo. 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.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán La Malinche.

El análisis sugiere que el depósito de cenizas se desplazaría hacia el este-sureste del volcán, impactando principalmente al Estado de Tlaxcala y a partes de los estados de Puebla y Veracruz. Similar a otros casos, el estado de Hidalgo no se encontraría en la trayectoria directa de la ceniza, lo que conlleva a una calificación de Peligro Muy Bajo. No obstante, es importante evaluar la vulnerabilidad de la región ante la presencia de nubes volcánicas y las posibles consecuencias asociadas.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Xocotepetl.

En términos generales, la nube volcánica tiende a desplazarse preferentemente hacia el este-noreste, pudiendo llegar a cubrir áreas de la Ciudad de México, así como partes de los estados de México e Hidalgo. Esta nube puede alcanzar alturas máximas de 16-17 km en las cercanías del cráter, lo que aumenta la vulnerabilidad de las áreas afectadas, para nuestro municipio, la nube llegaría a una altura máxima de 6.71 km. El estado de Hidalgo se vería afectado en su parte sur-sureste, con un depósito de ceniza de máximo 5.80 mm, por lo que se determina un riesgo medio.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán Chichinautzin.

De manera general la nube volcánica tiende a desplazarse preferentemente hacia el este-noreste, pudiendo llegar a cubrir áreas de la Ciudad de México, así como partes de los estados de México e Hidalgo. Esta nube puede alcanzar alturas máximas de 12 km en las cercanías del cráter, lo que aumenta la vulnerabilidad de las áreas afectadas, para nuestro municipio, la nube llegaría a una altura máxima de 2.73 km. El estado de Hidalgo se vería afectado en su parte sur-sureste, con un depósito de ceniza de máximo 0.71 mm, por lo que se determina un riesgo bajo.

Vulnerabilidad ante la erupción del volcán El Papayo.

Según el análisis, se espera que el depósito de cenizas se dirija hacia el este del volcán, afectando principalmente al Estado de Tlaxcala y partes de los estados de Hidalgo y Veracruz. En consecuencia, se vería afectado en su parte sur-sureste, con un depósito de ceniza de máximo 0.83 mm lo que determina un riesgo muy bajo. No obstante, es relevante considerar la vulnerabilidad de la región ante la presencia de nubes volcánicas y sus posibles efectos adversos.

Con base a la distribución espacial se determina a la población y viviendas expuestas descritas en la imagen GEO-D-03

Imagen GEO-D-03 Sistemas expuestos a Peligros Volcánicos

Sistemas expuestos	
Viviendas	Población
4,158	15,175

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG. S.A. de C.V, 2024

9.5. Hundimientos

9.5.1. 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:

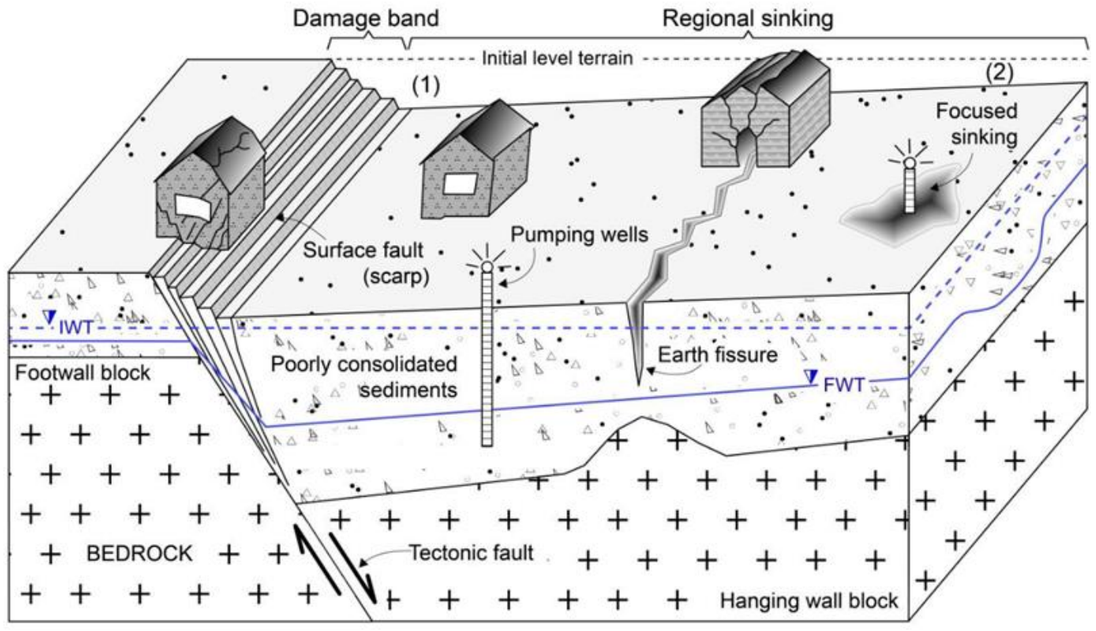
- Procesos hidrometeorológicos
- Procesos morfotectónicos
- Procesos volcánicos*
- Tubificación

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 severo 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 sobrecargas/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).

9.5.2. Metodología y Memoria de Cálculo

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.

Realizando estos pasos podemos determinar la susceptibilidad de ocurrencia del fenómeno dentro del municipio. A continuación, se realiza una breve explicación de la metodología que se aplicará para la obtención del peligro por subsidencia.

Memoria de Cálculo

Método de modelación con Sistemas de Información Geográfica

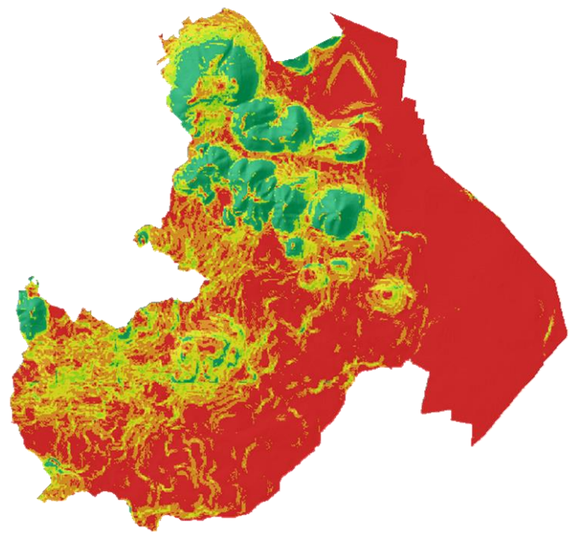
En el caso del municipio de Emiliano Zapata no se tienen registros oficiales para realizar el análisis a través de técnicas como interferometría de imágenes SAR, Se realizó un proceso basado en el Proceso Analítico Jerárquico(AHP) de Baysa, 2022. Los factores y pesos para definir las áreas urbanas con posible subsidencia de terreno son las siguientes:

- Pendientes: 0.243126
- Distancia a ríos: 0.032950
- Uso de suelo: 0.335858
- Tipo de suelo: 0.104140
- Índice de humedad topográfica: 0.050288
- Profundidad del nivel freático: 0.068511
- Tipo de rocas: 0.165127

A continuación se presenta la distribución espacial de estos factores en el municipio.

Tabla GEO-E-1.

Pendientes		
La inclinación del terreno (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 para el fenómeno de hundimientos. Para la obtención de este criterio se generó un mapa de pendientes generado a partir del Modelo Digital de Elevaciones (MDE).		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.243126	Mayor a 12°	0
	9° a 12°	3
	6° a 9°	6
	3° a 6°	8
	0° a 3°	10



Fuente. INEGI.

Tabla GEO-E-2.

Distancia a escurrimientos en metros		
Algunas investigaciones donde aplican análisis con Machine Learning han identificado la estrecha relación entre las zonas con hundimiento y la cercanía a corrientes (Pourghasemi and Saravi, 2019, Wang et al., 2019).		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.032950	Mayor a 410 metros	0
	250 a 410 metros	3
	110 a 250 metros	7
	0 a 100 metros	10



Fuente. INEGI.

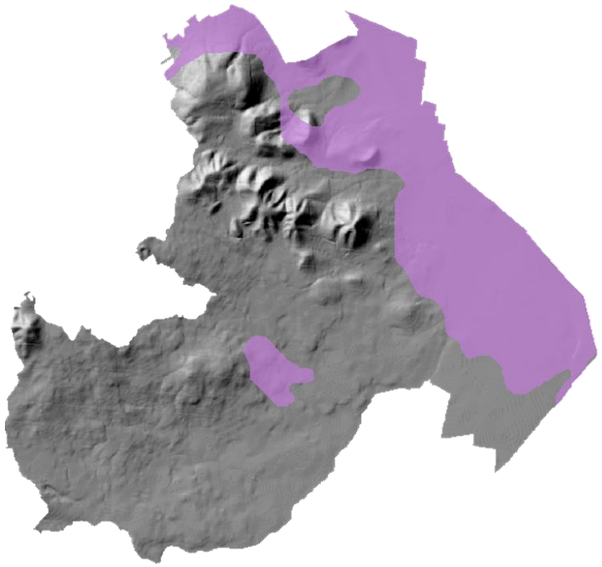
Tabla GEO-E-3.

Uso de suelo y vegetación		
La cobertura vegetal influye en procesos dinámicos como erosión e inestabilidad en taludes. Se ha observado que las zonas agrícolas y urbanas tienen influencia en las tasas de subsistencia del terreno, esto está asociado a la extracción de agua subterránea para actividades agropecuarias, industriales o de consumo humano (Orhan, 2021).		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.335858	Zona urbana continua	8

Fuente. INEGI.

Tabla GEO-E-4.

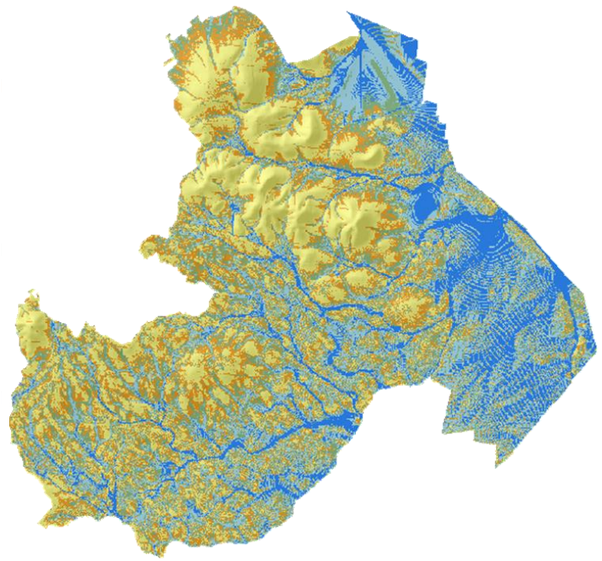
Tipo de suelo		
La cobertura vegetal influye en procesos dinámicos como erosión e inestabilidad en taludes. Se ha observado que las zonas agrícolas y urbanas tienen influencia en las tasas de subsistencia del terreno, esto está asociado a la extracción de agua subterránea para actividades agropecuarias, industriales o de consumo humano (Orhan, 2021).		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.104140	Depósitos aluviales	7



Fuente. INEGI.

Tabla GEO-E-5.

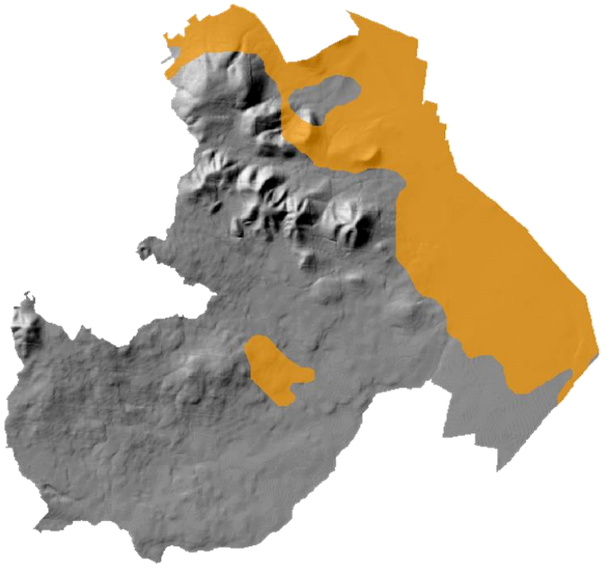
Índice topográfico de humedad		
La topografía controla la distribución y acumulación de aguas superficiales. Este índice es comúnmente usado para identificar zonas susceptibles a inundaciones. La acumulación de agua puede saturar el suelo y producir eventos de hundimiento, colapso de suelo y sedimentación. Además de este factor también es importante considerar el tipo de suelo y la cobertura ya que variables como la porosidad y permeabilidad afectan el grado de saturación.		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.050288	5 a 6.9	0
	6.9 a 8.1	3
	8.1 a 9.7	6
	9.7 a 12.3	8
	Mayor a 12.3	10



Fuente. INEGI.

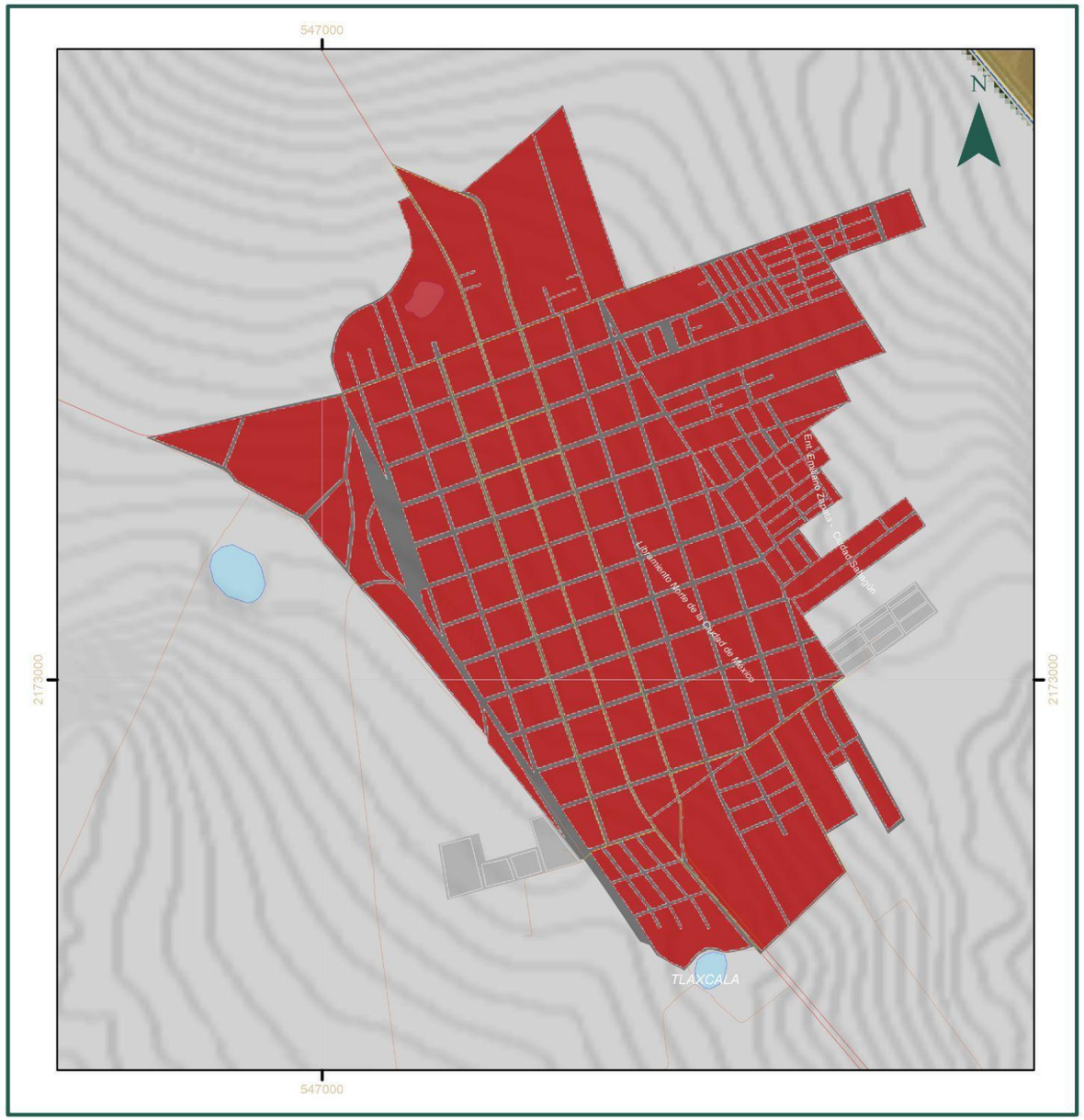
Tabla GEO-E-6.

Litología		
La litología estudia la composición física y química de las rocas. Las zonas con mayor probabilidad de presentar hundimientos son depósitos sedimentarios no consolidados.		
Ponderación	Categorías	Valor relativo
0.165127	Aluvial	8



Fuente. INEGI.

9.5.3. Susceptibilidad



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Hundimientos
GEO - E

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Susceptibilidad

Muy alta

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:15,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

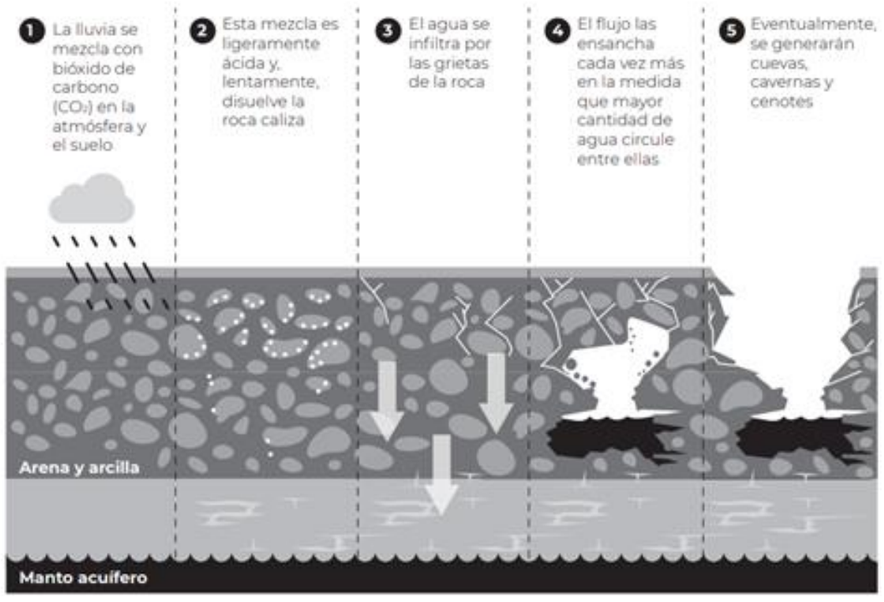
GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

9.6. Karstificación

9.6.1. Introducción

El relieve kárstico es un fenómeno geológico que se forma por la disolución de rocas calcáreas formadas por calcita, y dolomita y evaporitas como el yeso. Es típico de zonas con ambiente templado (frías y cálidos) y ambientes tropicales. Causado comúnmente por las precipitaciones entre la mezcla de CO2 del aire haciéndose ligeramente más ácida, disolviendo lentamente las rocas que al mismo tiempo se filtra el agua hacia abajo y fluye de manera gradiente en zonas freáticas hacia los puntos de descarga, generando manantiales, socavones, cavernas, cenotes, sumideros, ríos subterráneos y dolinas (de Waelle, et al, 2011).

Imagen GEO-F-1. Proceso de deformación del Karst



Fuente: CENAPRED, 2020.

Más del 90% de Karst en América del Norte se encuentra en México, en los estados de Oaxaca, Guerrero, Chiapas, Puebla, Tamaulipas, San Luis Potosí y Península de Yucatán principalmente. En México, los paisajes kársticos representan aproximadamente el 15 % del territorio nacional (Imagen GEO-E-X) y se localizan principalmente en la Sierra Madre Oriental y la Península de Yucatán (Mora et al., 2016).

Imagen GEO-F-2. Regiones kársticas de México



Fuente: Atlas Nacional de Riesgos, 2023.

9.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Metodología

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, en la evaluación del riesgo por karst se analiza la intensidad con la que se ha desarrollado este fenómeno en la región, para construir los posibles escenarios de peligro.

Memoria de cálculo

Con base a la geología local del municipio y los registros de Karsticidad del Atlas de Riesgos Nacional de la CENAPRED, para las zonas que corresponden el trayecto de la Sierra Madre del Oriente. Se realizó un análisis para evaluar si el municipio cuenta con las condiciones geológicas necesarias para presentar este fenómeno.

Las karsticidad del estado de Hidalgo está asociado a la Sierra Madre Oriental las cuales cuentan con cinco tipos de procesos de karstificación, mencionadas a continuación;

- Karst tropical Sierra Madre Oriental
- Karst tropical Cuetzalan Sierra Madre Oriental
- Karst bosque lluvioso Sierra Madre Oriental
- Karst cálido subhúmedo Sierra Madre Oriental
- Calizas no karstificadas Sierra Madre Oriental

Dentro del contexto geológico del municipio de Emiliano Zapata, se ha determinado que no existen las condiciones necesarias para la manifestación del fenómeno de karstificación. Esto se debe a la ausencia de formaciones geológicas típicas asociadas con la karstificación, como por ejemplo rocas carbonatadas solubles (como el mármol o la caliza) y un régimen hidrológico que favorezca la disolución de estas rocas por la acción del agua ácida. Asimismo, la topografía y la composición litológica predominante en la región no son propicias para el desarrollo de cavidades y paisajes kársticos característicos. En consecuencia, se concluye que el municipio de Emiliano Zapata no está expuesto a los riesgos asociados con la karstificación en términos geológicos.

9.7. Licuefacción de suelos

9.7.1. Introducción

Los sismos producen cargas dinámicas sobre depósitos de suelos granulares poco consolidados y saturados; perdiendo parcial o totalmente su resistencia a los esfuerzos cortantes y así aumentando la presión de poros hasta el punto de igualar los esfuerzos de contacto entre las partículas, haciendo que estas se separen y entren en un estado de suspensión en el que el suelo se comporta como un fluido viscoso (Díaz, 2005: Kramer, 1996; Das & Ramana, 2011). Idriss & Boulanger (2008) define que la pérdida de resistencia y rigidez del suelo provoca un nivel de daño dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el sitio y las características de las estructuras ubicadas, algunos ejemplos son:

1. Inestabilidad de taludes
2. Aumento de la presión lateral en muros de contención
3. Desplazamientos laterales del suelo
4. Flotación de elementos enterrados (p. ej. tubería y depósitos de agua)
5. Asentamiento causado por la reconsolidación del suelo licuado
6. Volcadura de edificaciones
7. Colapso de puentes

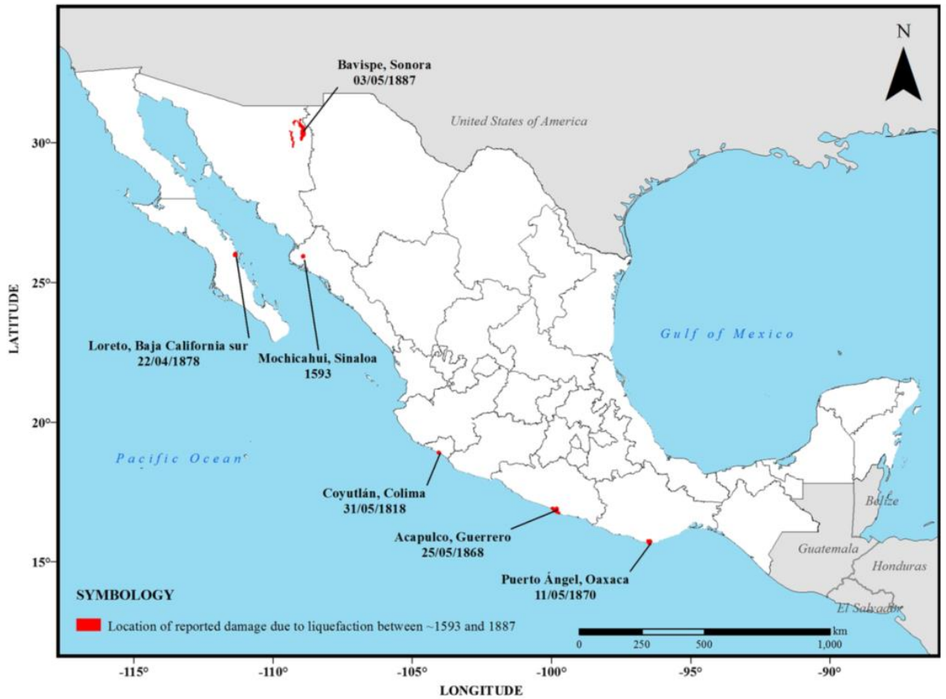
Es posible implementar medidas de mitigación a partir del análisis del peligro en zonas susceptibles a la licuefacción las cuales se determinan a partir de información histórica de eventos registrados, ambiente geológico e hidrológico, y estudios geotécnicos y/o geofísicos.

9.7.2. Metodología y Memoria de Cálculo

De acuerdo con bases de datos de sismicidad histórica y sus efectos se han determinado zonas de ocurrencia del fenómeno en los estados de Baja California Norte, Sonora, Jalisco, Colima, Tlaxcala, Veracruz, Oaxaca y Chiapas; ya que generalmente la licuefacción ocurre para eventos sísmicos de magnitudes M≥6.4 con una distancia epicentral menor a 60 km (Jaimes et al., 2015).

La Imagen GEO-G1 muestra las ubicaciones epicentrales de eventos sísmicos que han originado licuefacción y las zonas afectadas, podemos observar que la región donde se ubica el área de estudio no tiene registro histórico de ocurrencia de dichos eventos.

Imagen GEO-G1. Eventos sísmicos generadores de licuefacción entre 1912 y 2010, así como las áreas afectadas reportadas.



Fuente: Jaimes et al., (2015).

Se consultaron los epicentros de sismos ocurridos en un radio de 150 kilómetros desde la ciudad de Pachuca, desde 1900 hasta la actualidad. Para un total de 2,258 sismos solo un registro supera la magnitud de 6.4, por lo que la probabilidad de ocurrencia de un sismo que detone licuefacción de suelos es mínima.

10. Fenómenos 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.

10.1. Vientos fuertes

10.1.1. 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).

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).

10.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo

La cartografía expuesta en este apartado fue elaborada con información obtenida de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y el Global Wind Atlas. De CFE se obtuvo y digitalizó los mapas nacionales de isotacas para periodos de retorno de 10, 50 y 200 años, de la plataforma

Global Wind Atlas se obtuvieron las imágenes de velocidad media del viento a 10, 50 y 100 metro de altura para identificar y clasificar sus velocidades y daños ocasionado de acuerdo con la escala de Beaufort.

Memoria de cálculo

Al obtener los mapas de isotacas para periodos de retorno de 10, 50 y 200 años se procedió a digitalizar los polígonos para el municipio de interés.

Para la identificación de los vientos observados a diferentes alturas se empleó la información del Global Wind Atlas, portal a nivel 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 les permite llegar a un gran detalle considerando la topografía de cada territorio, considerando a la topografía 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-A-1. Escala de Beaufort.

Escala	Velocidad viento (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.

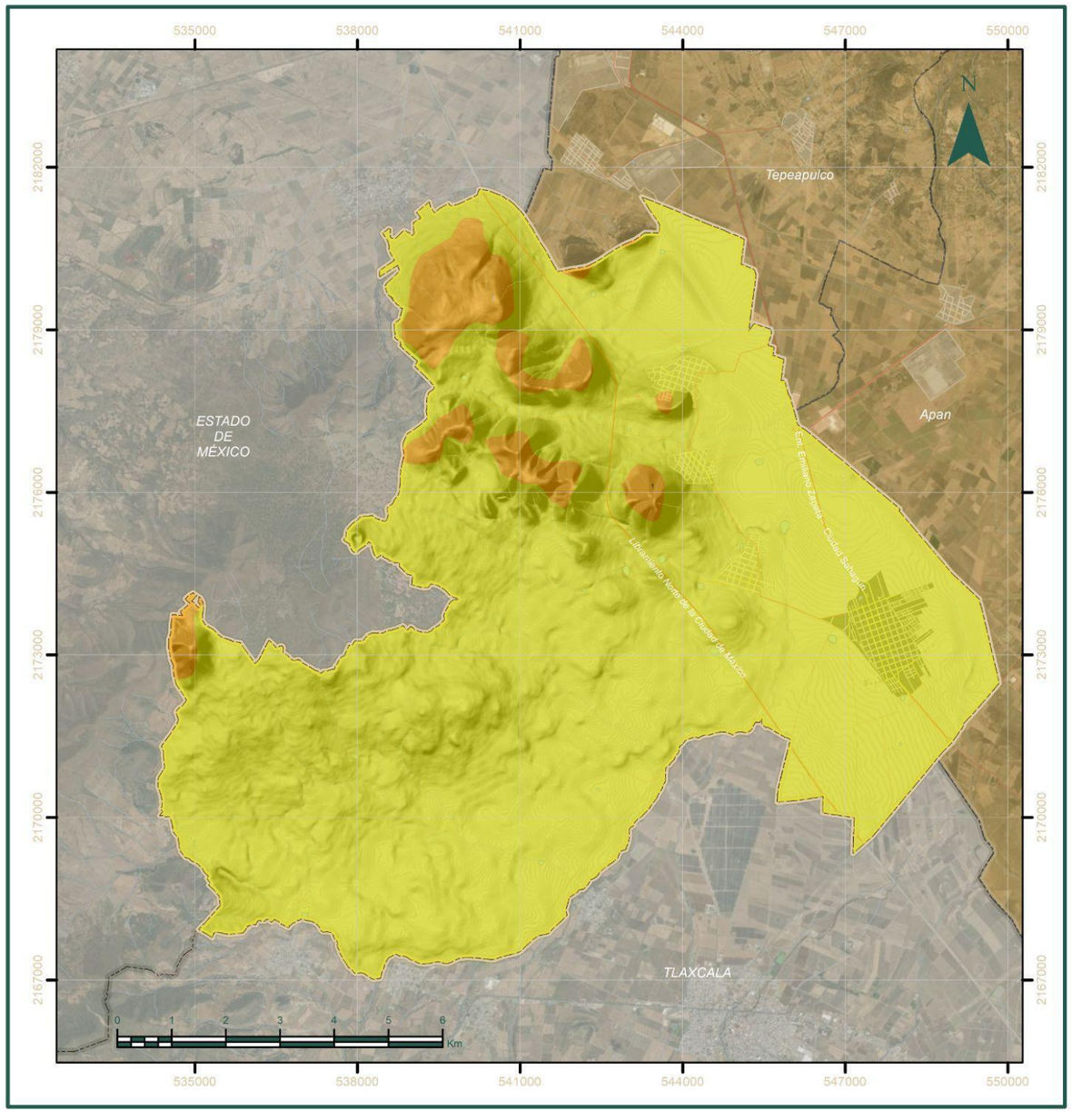
Fuente: SEMAR.

10.1.3. Peligro

Tabla HDR-A-2. Velocidad máxima (km/h) de viento para periodos de retorno de 10, 50 y 200 años.

Municipio	Tiempo de retorno de 10 años	Tiempo de retorno de 50 años	Tiempo de retorno de 200 años
Acatlán	99-113	120-133	100-136/137-153
Acaxochitlán	114-124	120-133	137-153
Agua Blanca de Iturbide	99-113	120-133	100-136/137-153
Almoloya	99-113	90-119/120-133	100-136
Cuautepec de Hinojosa	114-124	120-133	100-136/137-153
Emiliano Zapata	99-113	90-119	100-136
Huehuetla	114-124	120-133/134-146	137-153
Metepec	99-113	120-133	137-153
Mineral del Chico	99-113	90-119	100-136
Mineral del Monte	99-113	90-119	100-136
Omitlán de Juárez	99-113	90-119/120-133	100-136
Tepeapulco	99-113	90-119/120-133	100-136
Tizayuca	99-113	90-119	100-136
Villa de Tezontepec	99-113	90-119	100-136
Zapotlán de Juárez	99-113	90-119	100-136
Zempoala	99-113	90-119	100-136

Fuente: Mapas de isotacas CFE, 2008.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Vientos Fuertes
HDR - A - 1

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Velocidad del viento a 10 metros de altura

- 6 -11 km/h
- 12 -19 km/h

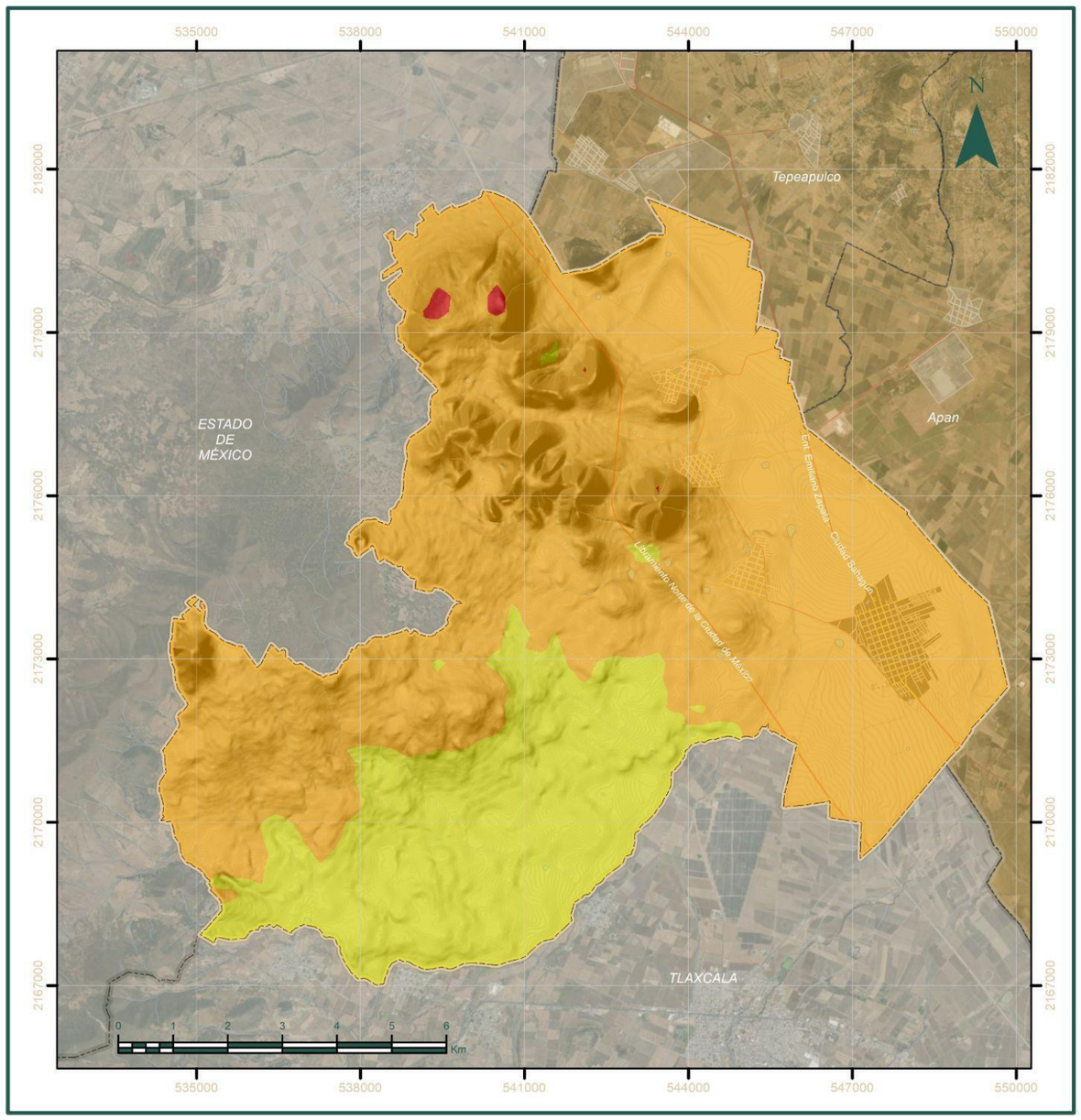
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Vientos Fuertes
HDR - A - 2

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Velocidad del viento a 50 metros de altura

6 -11 km/h
12 -19 km/h
19 - 28 km/h

Ubicación



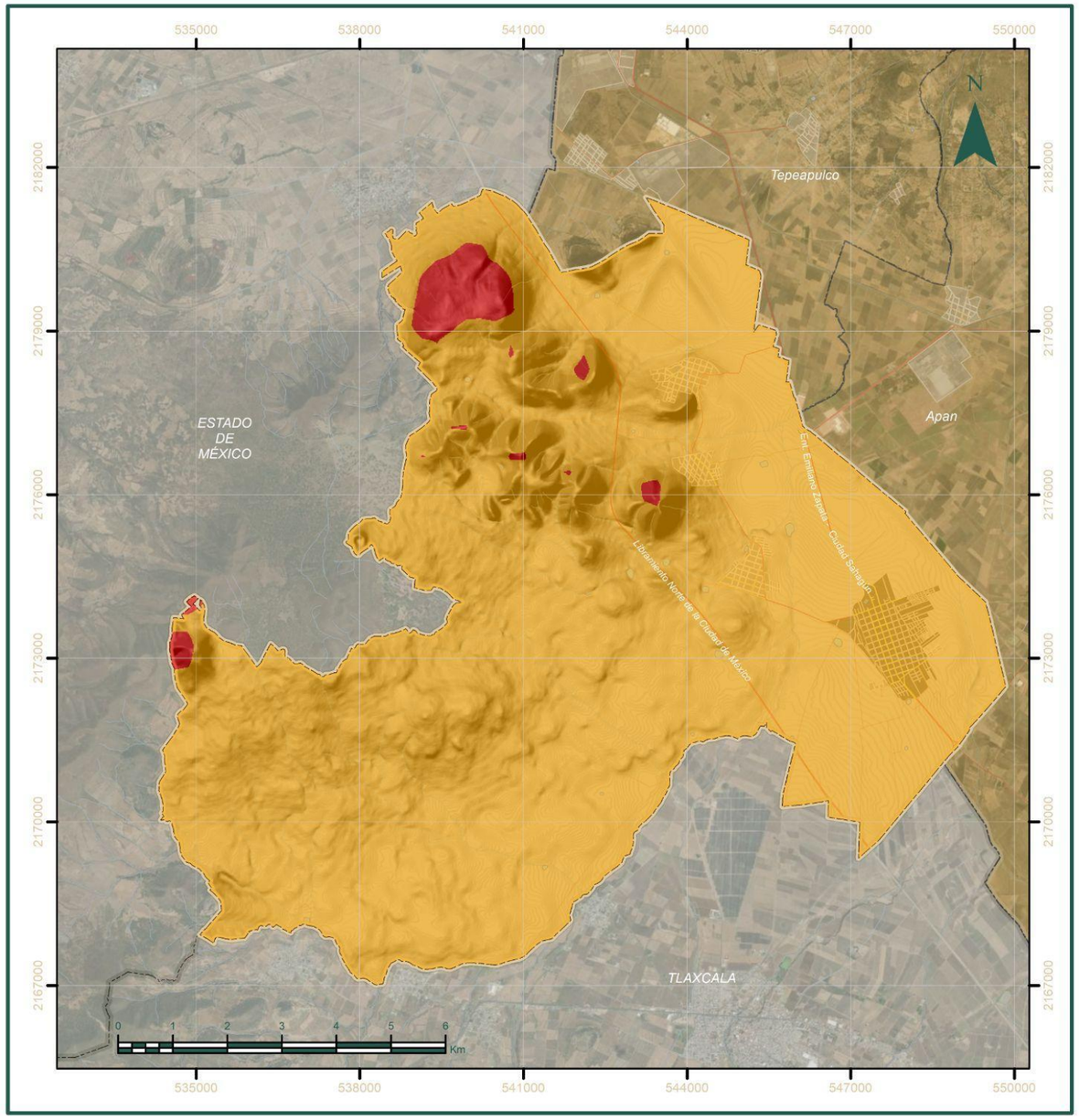
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Vientos Fuertes
HDR - A - 3

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Velocidad del viento a 100 metros de altura

- 12 -19 km/h
- 20 -28 km/h

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO

SIG

10.1.4. 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 correspondiente 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.

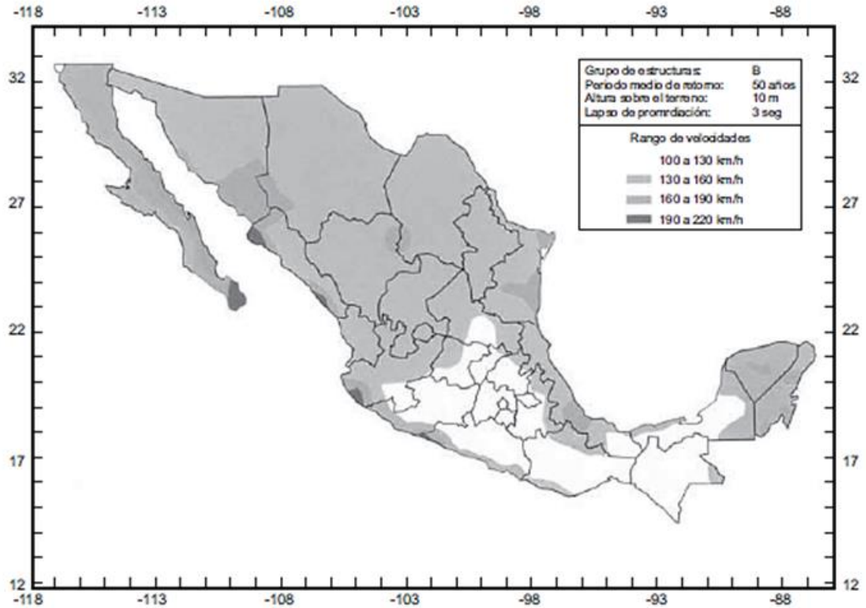
De acuerdo con la zonificación de la figura, la República Mexicana está dividida en cuatro niveles de peligro. Para fines del índice de riesgo que se propone los cuatro niveles, Pi, se numeran de acuerdo con la tabla HDR-B-1 , de esta misma tabla se deduce que PM vale 215 km/h.

Tabla HDR-A-1. 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

Fuente: Tomado de CENAPRED,2006.

Imagen HDR-A. Zonificación de velocidades máximas de viento en la República Mexicana.



Fuente: Tomado de CENAPRED (2001).

Tabla HDR-A-2. Tipos de vivienda con base en información técnica en el municipio .

Tipo	v²	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
3	2	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

Fuente: SOLUCIONES SIG ,2024 con información de CENAPRED.

Tabla HDR-A-3 .Resumen de datos según localidad.

Tipo de vivienda	Clasificación de vivienda Viento
1	1
3	2

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

Tabla HDR-A-4 .Cálculos IVR vientos.

Vivienda tipo I	1	115	115
	7.6	215	1634
IVF	0.07	Muy bajo	
Vivienda tipo III	2	115	230
	7.6	215	1634
IVF	0.14	Bajo	

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

10.1.5. Riesgo

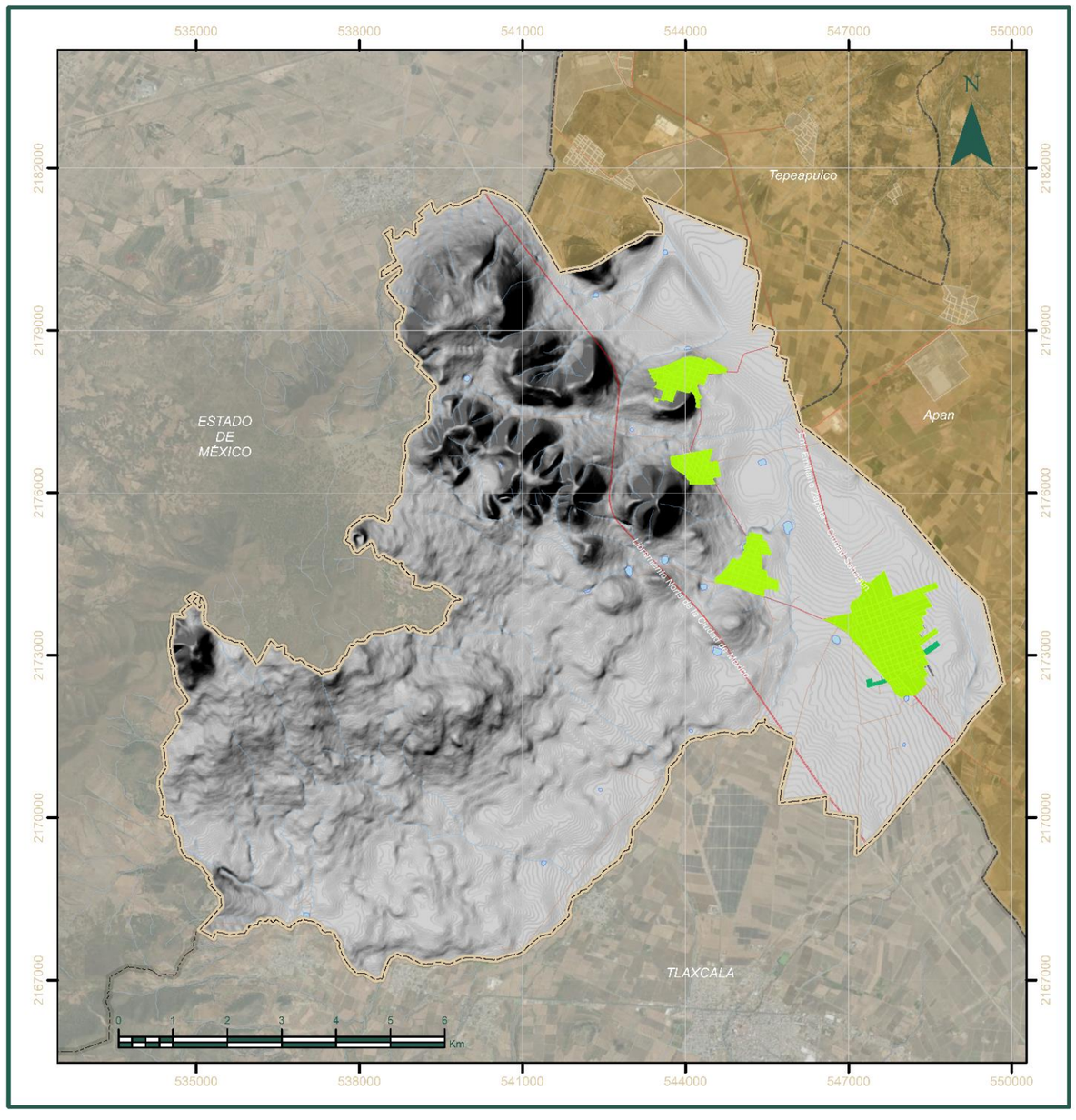
Se sabe que un índice de riesgo es un valor entre 0 y 1 sin embargo en este caso, aunque los valores toman ese rango de valores, esta es solo una medida cualitativa de la evaluación del riesgo estructural ante dicho fenómeno.

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; las localidades se encuentran muy bajo y bajo .

Tabla HDR-A-5. Distribución del índice de riesgo por localidad.

Localidad	Riesgo
Ampliación Cuauhtémoc	Muy bajo
Emiliano Zapata	Bajo
José María Morelos (San José)	Bajo
Rafael Franco [Colonia]	Muy bajo
Santa Bárbara	Bajo
Santa Clara	Bajo

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Riesgo Vientos Fuertes
VUL-FIS-A-03

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Riesgo

Muy bajo
Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

10.2. Inundaciones pluviales

10.2.1. 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 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.



Fuente: IDIGER 2012

10.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo

El enfoque del CENAPRED para crear 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.

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.

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).

$$I = \frac{P_D}{D}$$

Este método se puede usar cuando no se cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) para eventos extremos. Una ecuación IDF es una relación matemática que describe la intensidad de la lluvia en función de su duración y su frecuencia o período de retorno

Posteriormente con los datos de intensidad, duración y tiempo de retorno se realiza un análisis de regresión múltiple por métodos de mínimos cuadrados con ayuda del software Hidroesta, con la cual se obtienen los parámetros K, m y n. Se obtiene una ecuación semi-empírica que se ajusta a los datos de intensidad, duración y frecuencia de la lluvia. Esta ecuación fue propuesta por Aparicio (1997) y se basa en la función potencial de Sherman.

$$I_{max} = \frac{K \times T^m}{D^n}$$

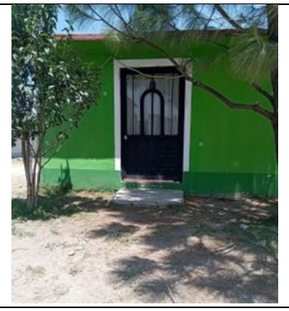
Donde:

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 alternar 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. Para la modelación se utilizó el Módulo de Hidrología Distribuido de Iber, que permite calcular la transformación lluvia-escorrentía en toda una cuenca, considerando los procesos de precipitación e infiltración del agua en el suelo.

Los insumos necesarios son la geometría de la cuenca, la precipitación. Los parámetros hidrológicos de la cuenca: la capacidad de retención del suelo, la conductividad hidráulica del suelo, el coeficiente de Manning del suelo y el coeficiente de escorrentía superficial. Las condiciones iniciales de la cuenca, que se pueden definir como un nivel de humedad del suelo o como una lámina de agua sobre el terreno.

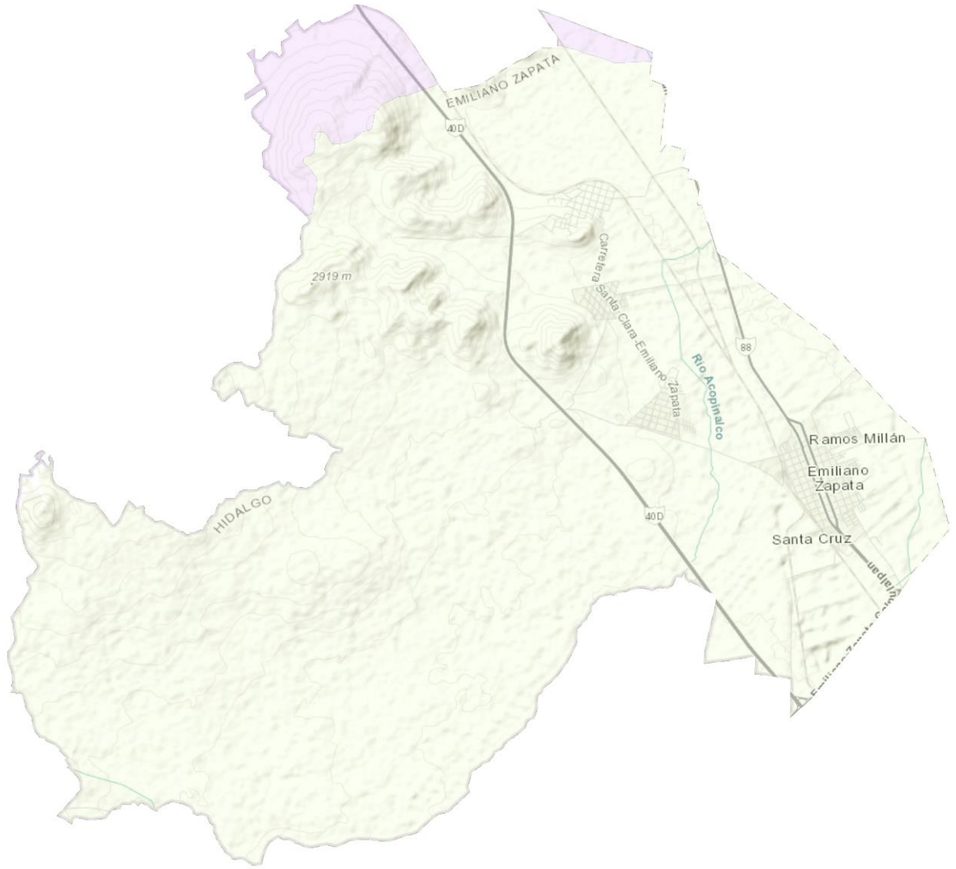
10.2.3. Fichas de Campo

Punto de Verificación	P 1	**Coordenadas**	19.66284,-98.53951
Colonia	Ramos Millán	**Lugar**	
Imagen			
			
Observaciones			
En temporada de lluvia se acumula el agua en la calle, subiendo a 30 cm.			
Punto de Verificación	P 2	**Coordenadas**	19.68027,-98.57733
Colonia	José Morelos	**Lugar**	
Imagen			
Observaciones			
Baja de agua y punto de anegación			

10.2.4. Peligro

Para enfrentar las inundaciones, hemos utilizado la información de las isoyetas proporcionada 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. Debido a la amplia variabilidad de las lluvias en el municipio, decidimos diseñar varios hietogramas que detallan específicamente estas variaciones. Los hietogramas que empleamos se muestran a continuación.



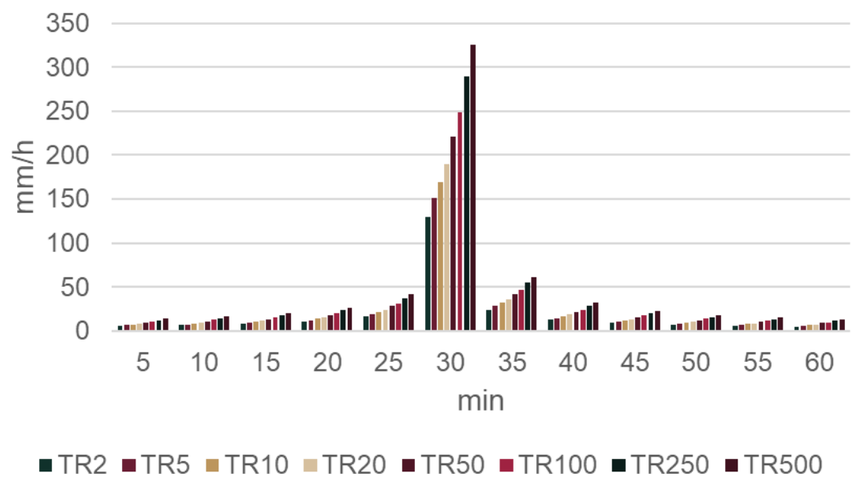
El Municipio se encuentra posicionado en la región hidrológica del Pánuco; en la cuenca del río Moctezuma; dentro de la subcuenca lagunas de Tochac y Tecocomulco (94.0%) y río Tezontepec (6.0%). La estación Llano Chico, en el municipio de Emiliano Zapata tiene un valor de precipitación media anual de 758 mm/año.

Tabla HDR-B-1. Histograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada por instante de tiempo.

Instante (min)	Int. Parcial Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	5.54	6.46	7.25	8.15	9.50	10.66	12.43	13.96
10	6.50	7.57	8.50	9.55	11.13	12.50	14.57	16.36
15	7.95	9.26	10.40	11.68	13.62	15.29	17.83	20.02
20	10.49	12.22	13.73	15.41	17.97	20.18	23.52	26.41
25	16.40	19.11	21.46	24.10	28.09	31.55	36.78	41.30
30	129.24	150.65	169.17	189.98	221.45	248.68	289.88	325.52
35	24.45	28.50	32.01	35.94	41.90	47.05	54.85	61.59
40	12.68	14.78	16.60	18.64	21.73	24.41	28.45	31.95
45	9.01	10.51	11.80	13.25	15.44	17.34	20.21	22.70
50	7.14	8.32	9.34	10.49	12.23	13.73	16.01	17.97
55	5.97	6.96	7.82	8.78	10.24	11.50	13.40	15.05
60	5.18	6.03	6.78	7.61	8.87	9.96	11.61	13.04

Soluciones SIG, 2024.

Gráfica HDR-B-1. Histograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada por instante de tiempo.



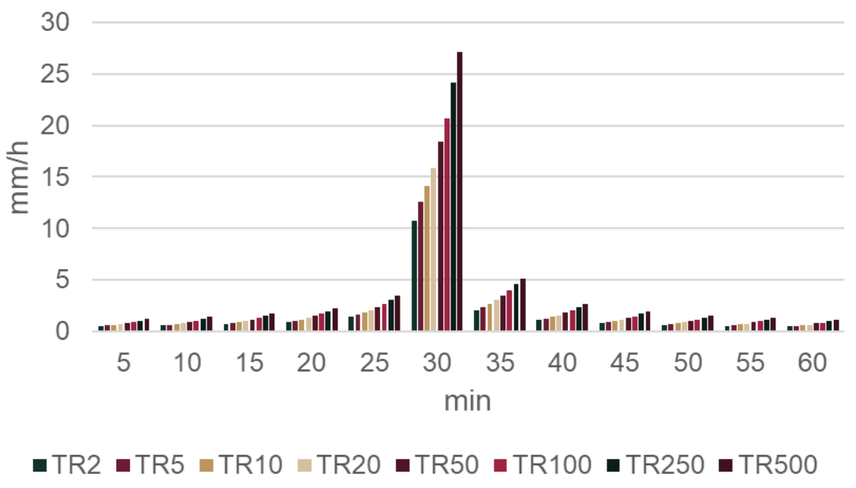
Soluciones SIG, 2024.

Tabla HDR-B-2. Histograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada por instante de tiempo.

Instante (min)	Precipitación Alternada (mm)							
Minutos	TR2	TR5	TR10	TR20	TR50	TR100	TR250	TR500
5	0.46	0.54	0.60	0.68	0.79	0.89	1.04	1.16
10	0.54	0.63	0.71	0.80	0.93	1.04	1.21	1.36
15	0.66	0.77	0.87	0.97	1.13	1.27	1.49	1.67
20	0.87	1.02	1.14	1.28	1.50	1.68	1.96	2.20
25	1.37	1.59	1.79	2.01	2.34	2.63	3.06	3.44
30	10.77	12.55	14.10	15.83	18.45	20.72	24.16	27.13
35	2.04	2.38	2.67	3.00	3.49	3.92	4.57	5.13
40	1.06	1.23	1.38	1.55	1.81	2.03	2.37	2.66
45	0.75	0.88	0.98	1.10	1.29	1.45	1.68	1.89
50	0.59	0.69	0.78	0.87	1.02	1.14	1.33	1.50
55	0.50	0.58	0.65	0.73	0.85	0.96	1.12	1.25
60	0.43	0.50	0.56	0.63	0.74	0.83	0.97	1.09

Soluciones SIG, 2024.

Gráfica HDR-B-2. Histograma por cada periodo de retorno, precipitación acumulada por instante de tiempo.



Soluciones SIG, 2024.

Resultados

Los mapas presentados ilustran la distribución de la precipitación máxima mensual y anual en el municipio de Emiliano Zapata, Hidalgo. Mediante una gradación de colores, las tonalidades más oscuras

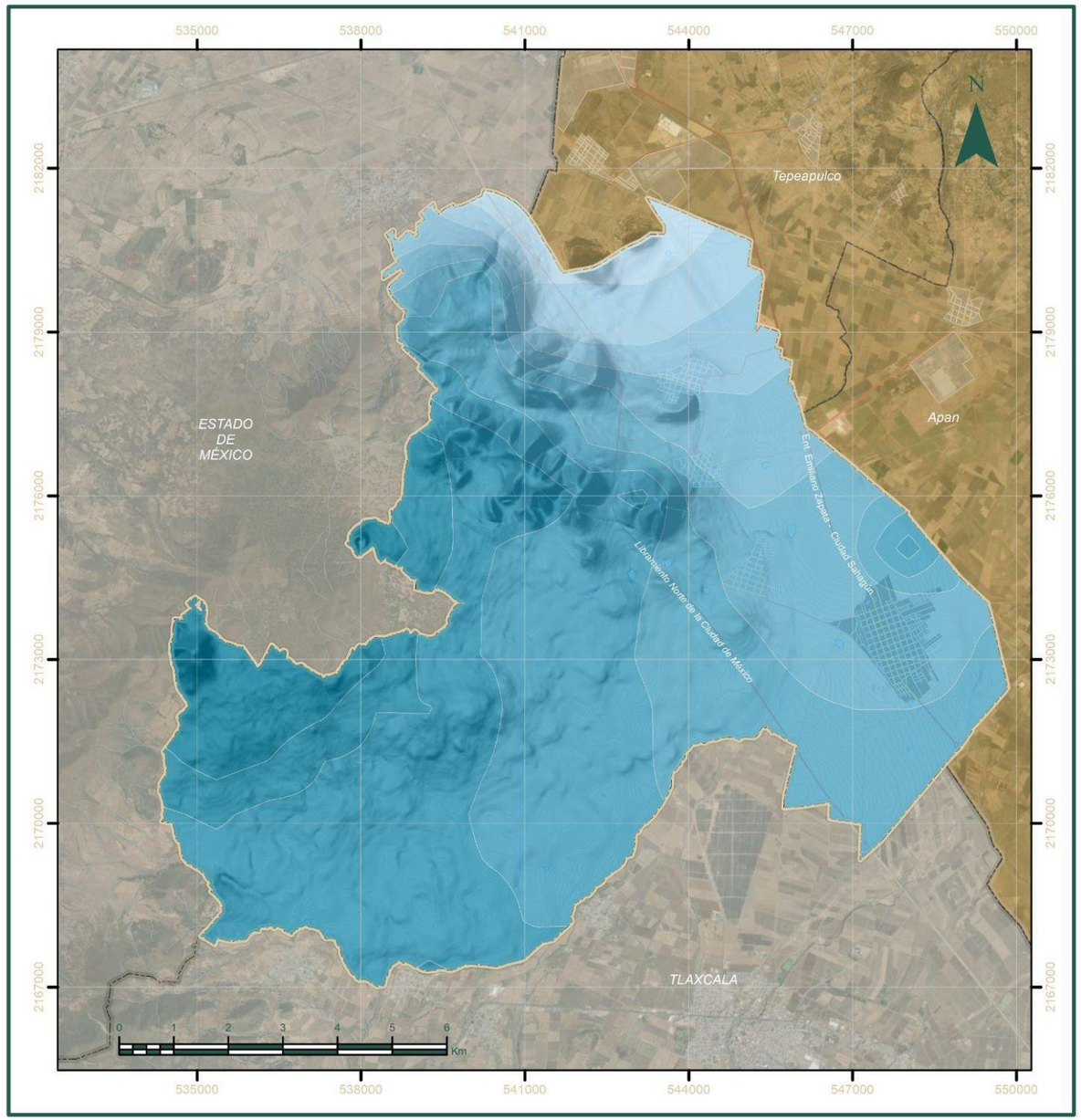
de azul indican una precipitación superior a los 680 mm de lluvia en el caso de la precipitación máxima anual, y más de 280 mm en el caso de la precipitación máxima mensual. Por otro lado, las regiones en azul claro representan áreas con una precipitación inferior a los 500 mm en el caso anual, y menos de 200 mm en el caso mensual.

Las áreas de mayor altitud dentro del municipio experimentan los niveles más altos de precipitación. A pesar de ello, la cabecera municipal está ubicada en una región donde los niveles de lluvia se sitúan dentro de rangos medios en ambos escenarios, con registros de milímetros de precipitación.

Es importante destacar que los datos proporcionados por el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM, la Gerencia de Meteorología del SMN y CONAGUA son fundamentales para comprender la dinámica climática del área. Esta información no solo provee una base sólida para la investigación climatológica, sino que también es esencial para la gestión adecuada de los recursos hídricos y la planificación del desarrollo en el municipio de Emiliano Zapata y sus alrededores.

El municipio de Emiliano Zapata presenta atenuaciones menores en los asentamientos humanos de su territorio. Tras analizar el mapa, se observó que la cabecera municipal tiene una profundidad de tirante de agua de entre 0 y 0.2 metros. Respecto a las vialidades, se observa que la Carretera Federal México M40D es propensa a inundaciones con profundidades de hasta 2 metros en las siguientes coordenadas: 19°38'33.18"N- 98°33'57.02"O; 19°43'23.57"N- 98°36'39.90"O.

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 del municipio, el cual ofrece una visualización detallada y específica de las características y distribución de las variables de interés para este estudio.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Precipitación Máxima Anual
HDR - B - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Precipitación (mm)

461.6 - 511.4	596.6 - 616.9
511.4 - 534.7	616.9 - 640.3
534.7 - 558.1	640.3 - 662.6
558.1 - 578.4	662.6 - 688.0
578.4 - 596.6	688.0 - 721.5

Ubicación



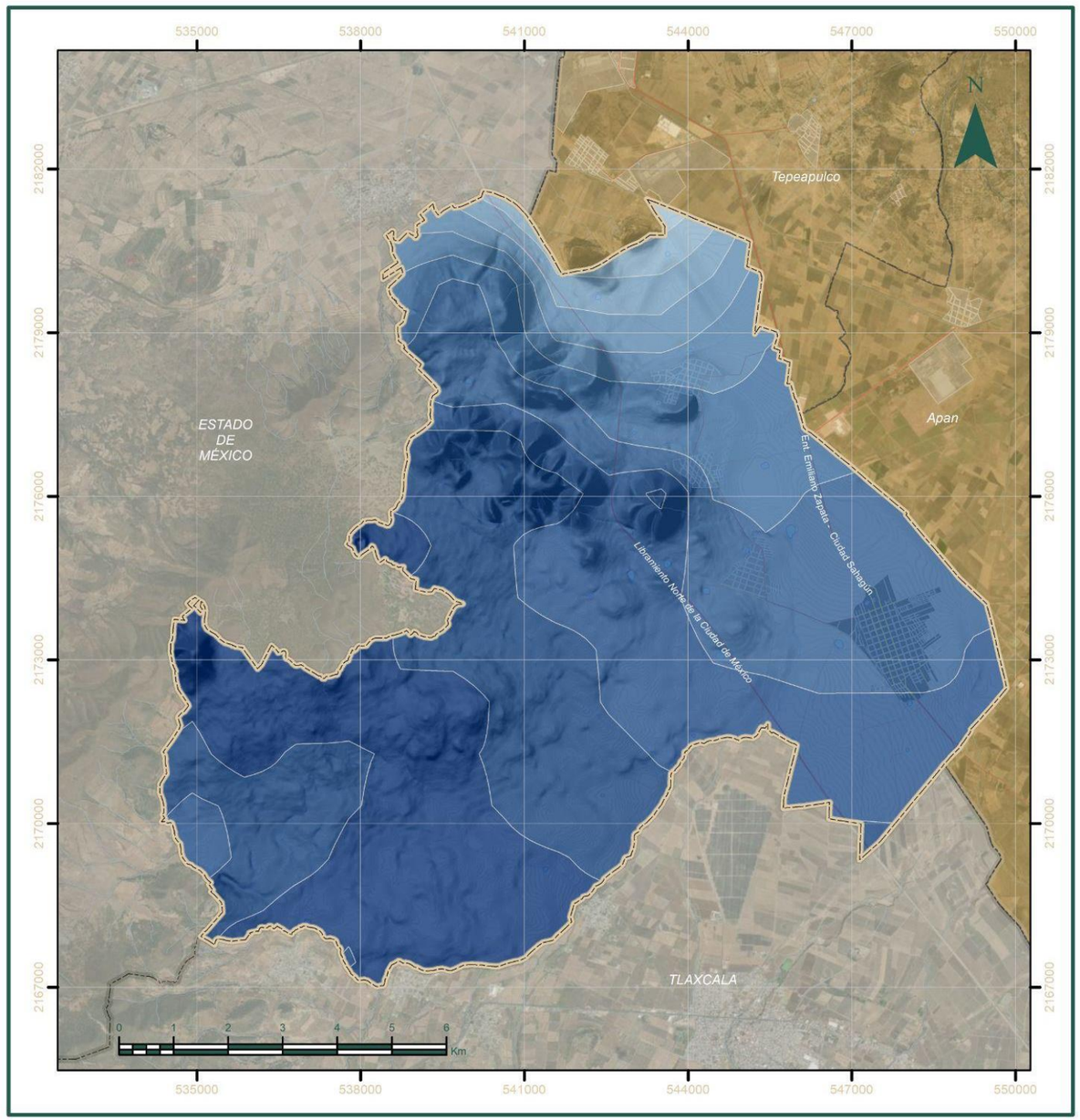
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Precipitación Máxima Mensual HDR - B - 02

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Precipitación (mm)

196 - 217	250 - 259
217 - 226	259 - 266
226 - 233	266 - 273
233 - 241	273 - 280
241 - 250	280 - 292

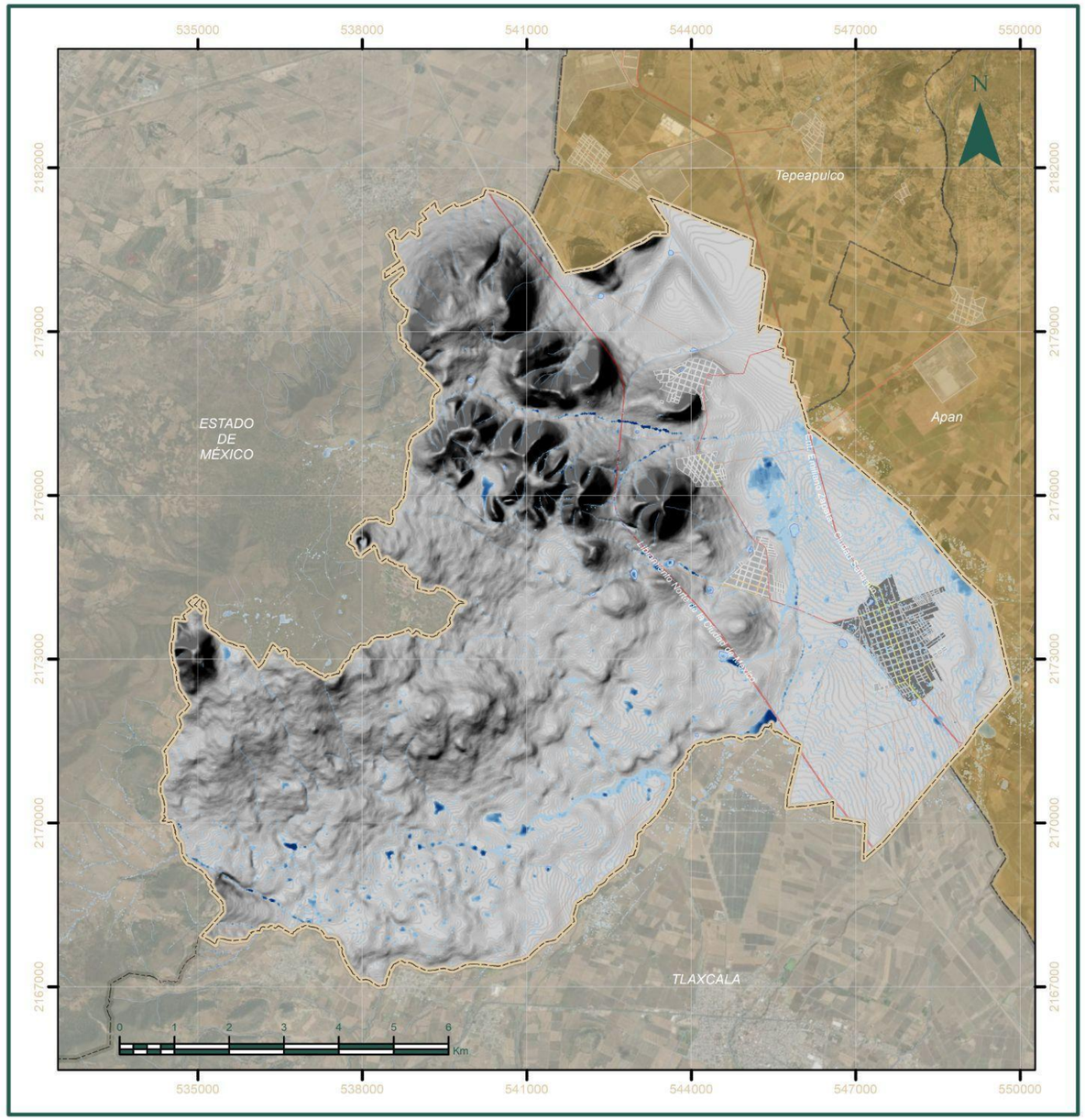
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO SECRETARÍA DE GOBIERNO · HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO · SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Inundación Pluvial
- Periodo de Retorno 20 años - Tirante
HDR-B- 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

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	

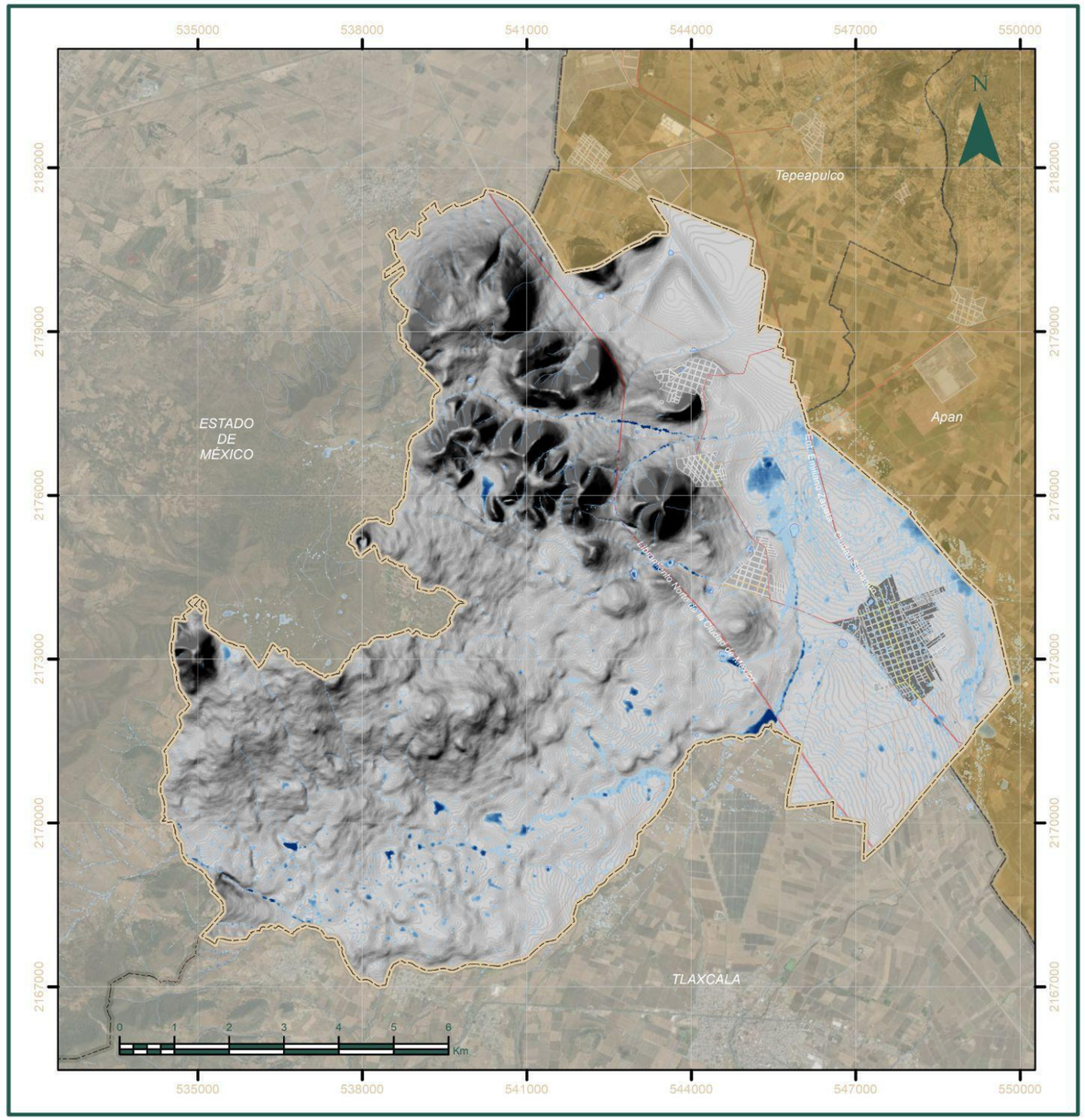
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Inundación Pluvial
- Periodo de Retorno 100 años - Tirante
HDR-B- 02

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

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	

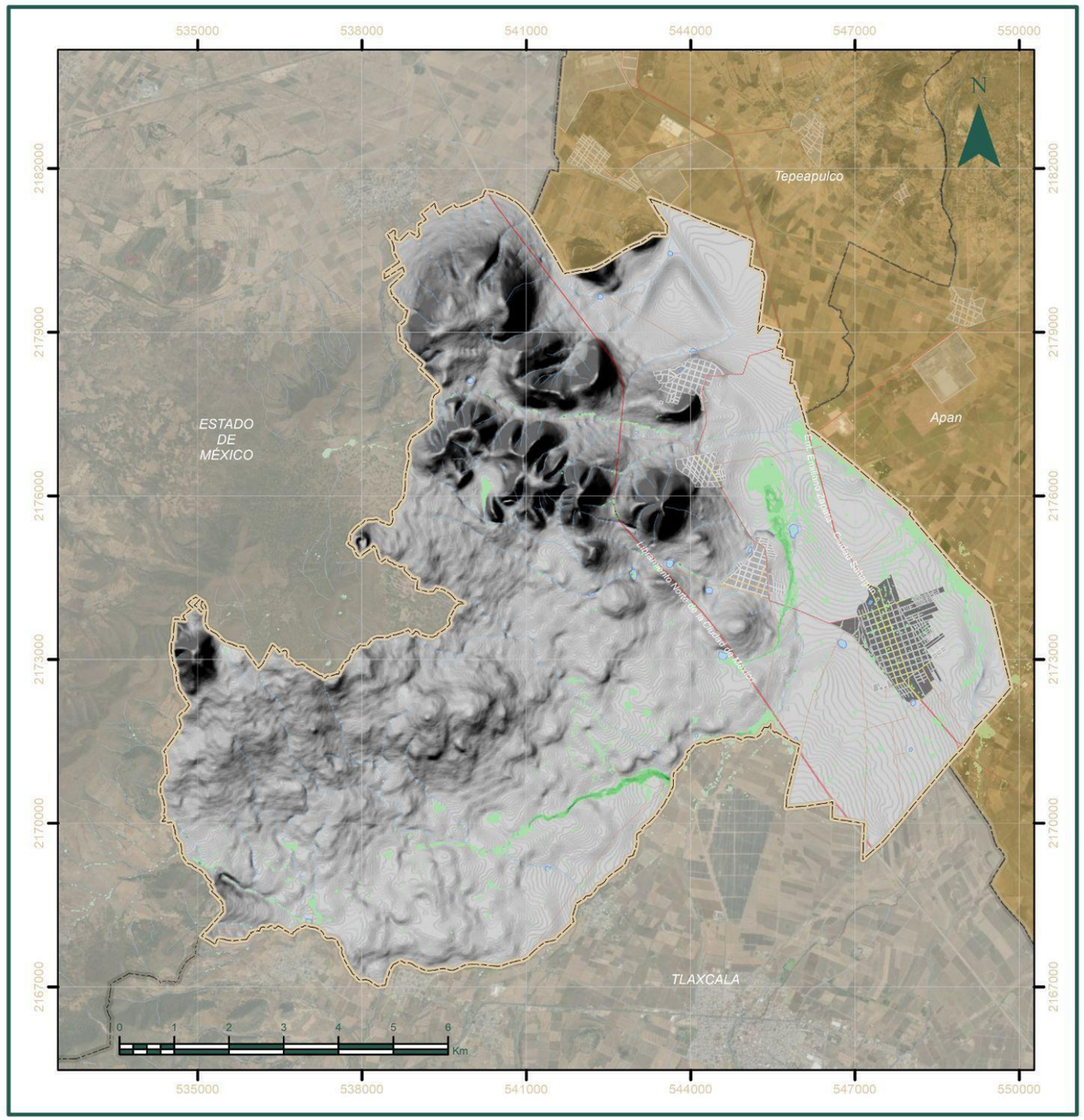
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Inundación Pluvial
- Periodo de Retorno 100 años - Velocidad
HDR-B- 04

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

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	

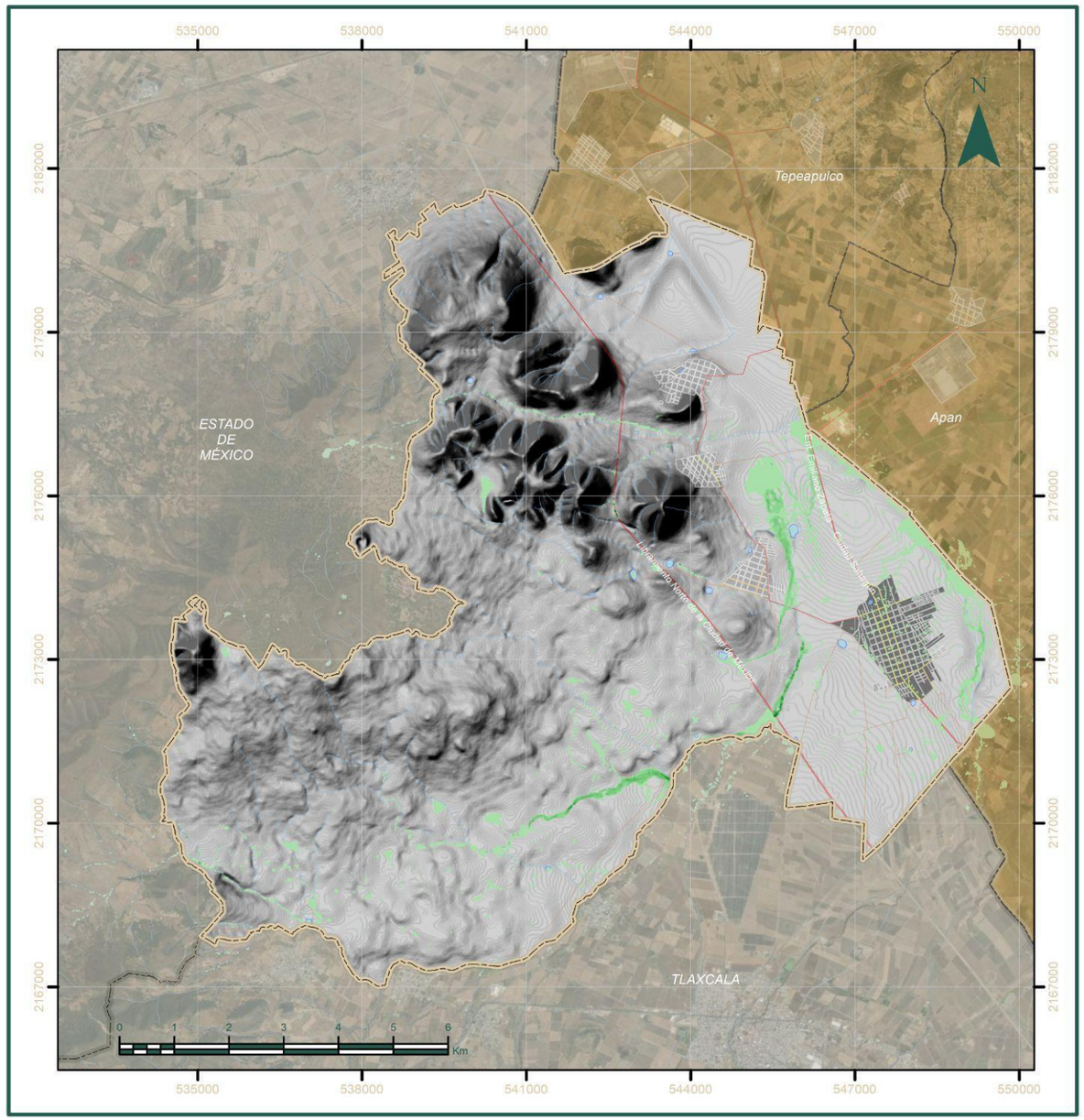
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Inundación Pluvial
- Periodo de Retorno 100 años - Velocidad
HDR-B- 04

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

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	

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

10.2.5. Vulnerabilidad y Riesgo

Las áreas de inundación se estimaron mediante el análisis hidrológico. El modelo muestra un comportamiento adecuado, ya que el área inundada crece con el tiempo de retorno. 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:

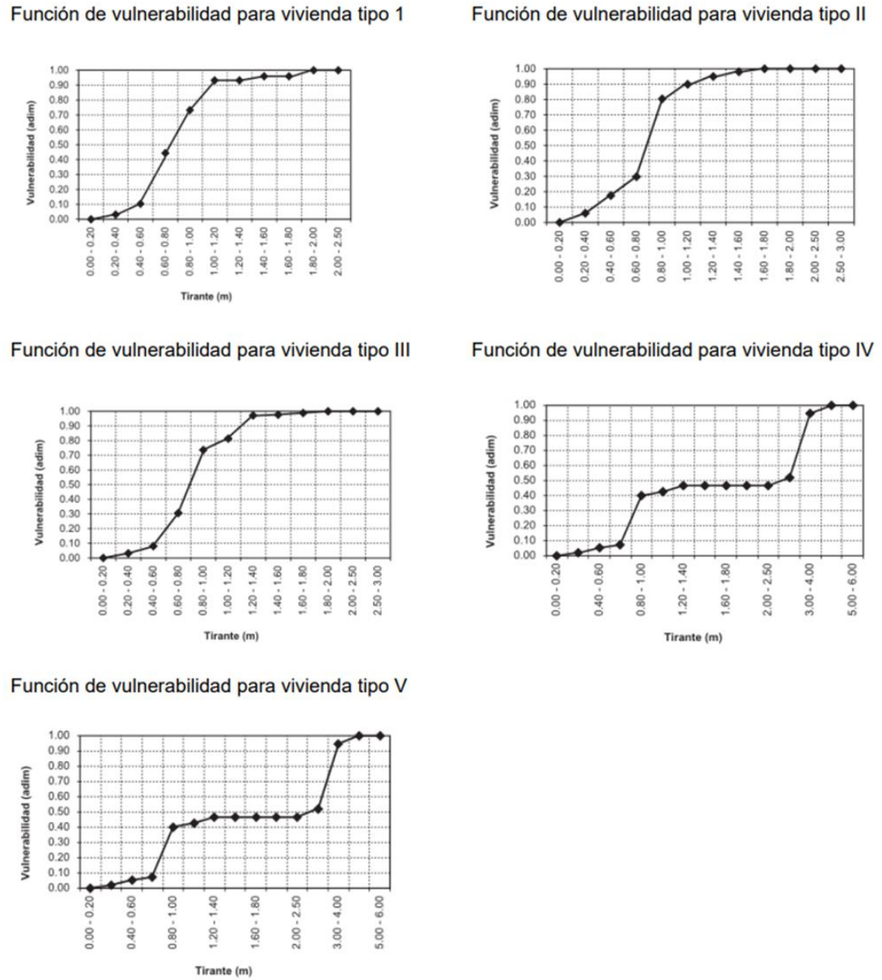
$$R(i) = C\ P(i)\ V(i)$$

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.

Imagen IR-FLU-1. Función de vulnerabilidad e inundación por tipo de vivienda



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:

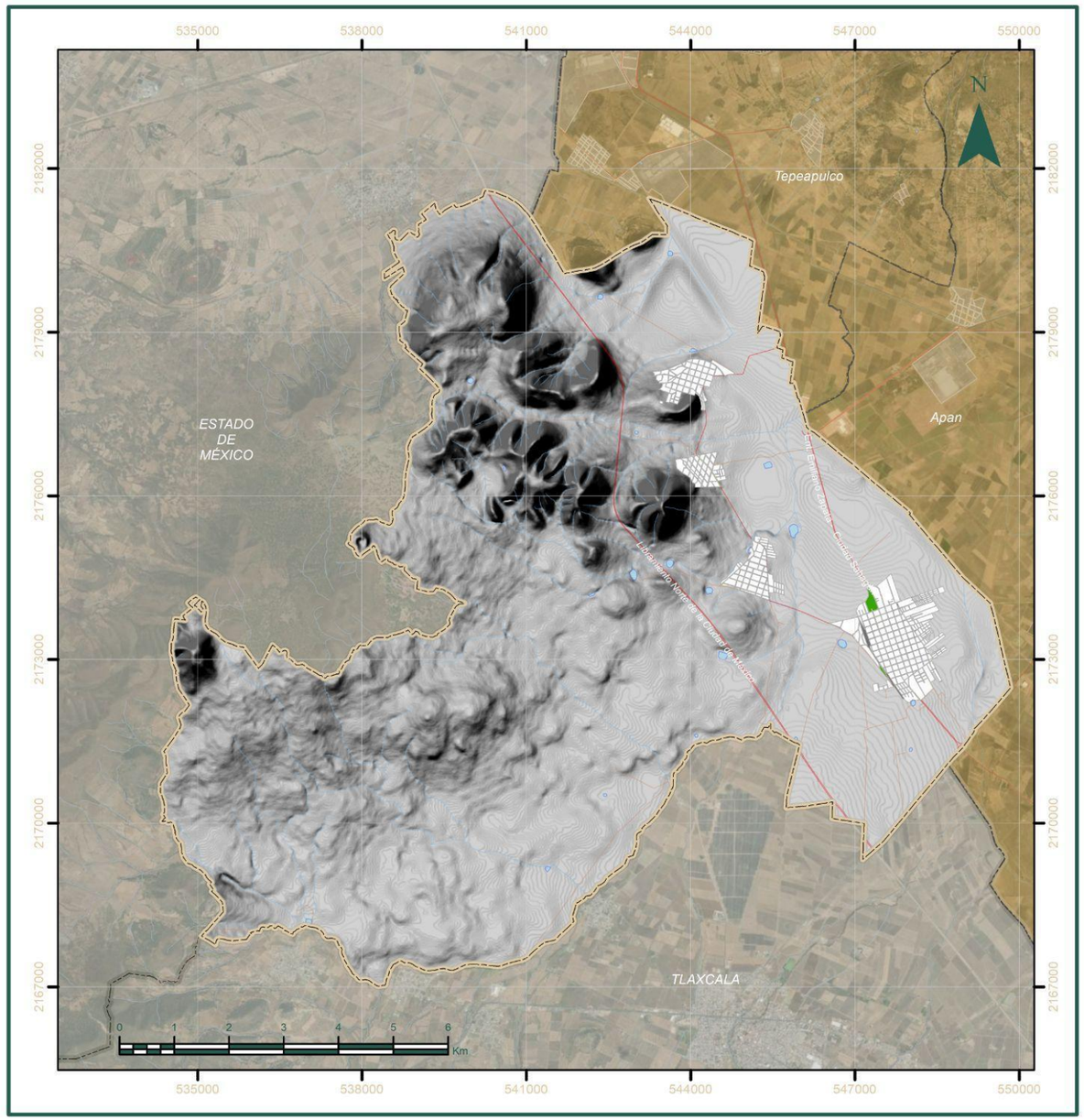
- De tipo estructural, como puede ser una reubicación o una obra de protección.
- Monitoreo durante eventos de lluvias potencialmente extremas, es decir, que rebasen umbrales previamente fijados, mediante un sistema de alerta que permita a la población, asentada en estas zonas, ser evacuadas y resguardar algunos de sus bienes.

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.

Tabla HDR-B-3. Concentrado de Sistemas expuestos.

Sistemas expuestos a Inundaciones	
Viviendas	Población
253	760
Empleados	Producción Anual
0	$ 0
Escuelas	Centros de Salud
0	0
Equipamientos Públicos	
0	

Fuente: Soluciones SIG, 2024.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Vulnerabilidad en manzanas inundadas. Periodo de Retorno 100 años HDR-B-05

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Vulnerabilidad

0 0.03

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

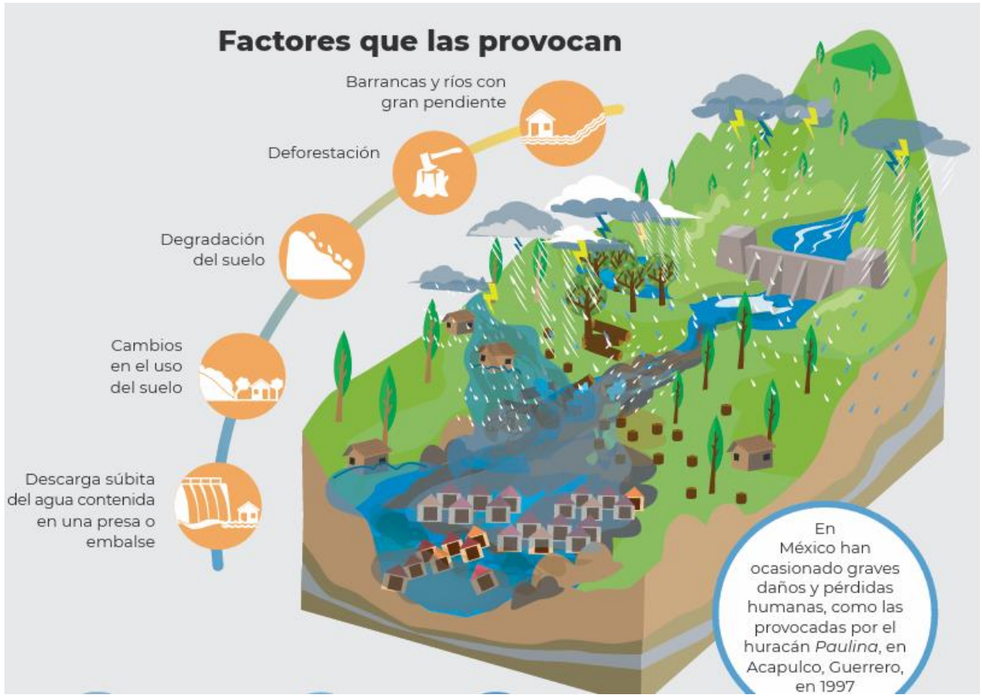
10.3. Inundaciones fluviales

10.3.1. Introducción

Las inundaciones son eventos en los que el agua cubre un terreno que normalmente está seco, causando daños materiales y humanos. Existen varios tipos de inundaciones según su origen, duración y extensión.

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). Algunos ejemplos de estos factores son:



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.

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

10.3.2. 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.

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 obtenido por LIDAR con una resolución de 5m de INEGI.

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.

Las modelaciones 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 modelaciones 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

10.3.3. Peligro

En el presente estudio, no se ha llevado a cabo un modelado hidráulico de inundaciones fluviales debido a que la topografía de la región permite que el análisis de inundaciones pluviales sea suficiente para comprender y gestionar los riesgos asociados. Aunque la modelación de inundaciones fluviales puede ofrecer una perspectiva más detallada en ciertos contextos, en este caso, se ha determinado que no es necesaria para la toma de decisiones efectiva. No obstante, no se descarta la posibilidad de realizar un modelado hidráulico en el futuro, siempre y cuando se disponga de insumos más precisos, como un modelo digital de elevación de mayor resolución, que permitiría obtener resultados más exactos y útiles para la planificación y la prevención.

La optimización del modelo digital de elevación no solo incrementaría la precisión de los estudios hidrodinámicos, sino que también sería beneficioso en múltiples disciplinas, desde la planificación urbana hasta la gestión de recursos naturales.

Los beneficios de un MDE son numerosos: permite realizar análisis topográficos detallados, identificar áreas propensas a inundaciones y deslizamientos de tierra, y facilitar la creación de infraestructuras adaptadas al relieve. Además, su precisión y resolución mejoran la toma de decisiones en campos como la agricultura, la arquitectura y la topografía, proporcionando una base sólida para el desarrollo sostenible y la mitigación de desastres.

10.4. Inundaciones costeras

10.4.1. Introducción

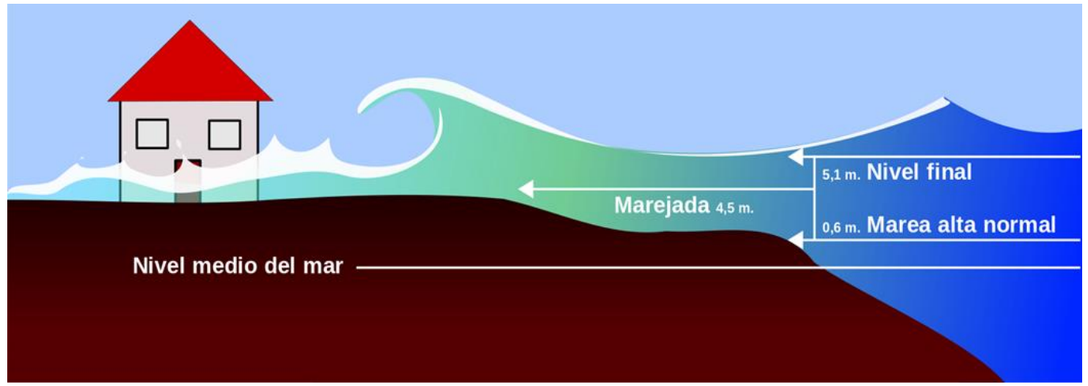
De acuerdo con el glosario internacional de hidrología (OMM/UNESCO,2012), la definición oficial de inundación es: “aumento del agua por arriba del nivel normal del cauce”. En este caso, “nivel normal” se debe entender como aquella elevación de la superficie del agua que no causa daños, es decir, inundación 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 generalmente daños en 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.

Imagen HDR-E. Esquema del impacto por fenómeno de marea de tormenta.



Fuente: Pierre Cb.

10.4.2. 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 la cual a grandes rasgos sugiere los cálculos correspondientes a los siguientes factores:

- Viento (viento máximo sostenido)
- Zona del ciclón tropical con vientos fuertes
- Estimación de la altura máxima de la marea de tormenta

10.4.3. Peligro

El municipio de Emiliano Zapata se encuentra a una altitud media entre 2400 y 3100 sobre el nivel del mar y a una distancia aproximada de 210 km de la costa del Golfo de México y 400 km aproximadamente del Océano Pacífico por lo que se descarta la exposición ante este fenómeno.

10.5. Inundaciones lacustres

10.5.1. 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.

10.5.2. 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.

10.5.3. Peligro

Los Lineamientos para la elaboración de mapas de peligro por inundación establecen que la información topográfica es fundamental y debe incluir levantamientos detallados del río, fotogrametría, información LIDAR, modelo del continuo de elevaciones, e imágenes satelitales. La ausencia de datos batimétricos impide realizar un estudio hidráulico adecuado, que es necesario para el análisis de severidad y la elaboración de mapas de peligro por inundación.

Además, la batimetría permite identificar las zonas de riesgo y vulnerabilidad, y sin ella, no se pueden generar mapas de inundación precisos ni estimar los daños potenciales. La falta de esta información compromete la capacidad de tomar decisiones informadas para la mitigación de daños y la gestión del riesgo por inundación.

En resumen, la justificación de no llevar a cabo dicho análisis se basa en la importancia crítica de contar con la batimetría para la modelación hidráulica y la evaluación precisa del riesgo de inundación. Sin ella, cualquier análisis sería incompleto y sus resultados, poco confiables.

10.6. Tormentas de nieve

10.6.1. Introducción

De acuerdo con el fascículo Tormentas Severas publicado por CENAPRED, las tormentas de nieve o nevadas son clasificadas como forma de precipitación de tipo sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes (en ocasiones blancos) de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. Generalmente la condensación de la nieve forma ramificaciones intrincadas de cristales hexagonales planos en una variedad infinita de patrones. La temperatura y humedad de la atmósfera define la forma y tamaño de los copos de nieve (CENAPRED, 2021).

Imagen HDR-A-1. Formación de las tormentas de nieve



Fuente: CONAGUA, 2019.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas están relacionados con la temporada invernal, ya que son eventos donde las temperaturas descienden abruptamente debido a la presencia de masas de aire polar y/o frentes fríos, los cuales interactúan con la humedad proveniente de los océanos produciendo toda clase de precipitaciones como lluvia, aguanieve o nieve. (CENAPRED, 2012).

La disminución de la temperatura asociada a la presencia de tormentas de nieve puede provocar enfermedades en las vías respiratorias o en el peor de los casos, muerte por hipotermia lo cual ocurre generalmente en la población más vulnerable. En las zonas urbanas, la nieve acumulada puede provocar varios daños, desde desquiciamiento del tránsito, apagones, obstrucción del drenaje, colapso de techos, ruptura de tuberías de agua potable y drenaje hasta suspensión de actividades. Por otra parte, una tormenta de nieve en las zonas rurales puede afectar grandes superficies de cultivos provocando su pérdida total o bien afectar la salud del ganado (CENAPRED, 2021).

En México Históricamente las zonas donde su ocurrencia es más frecuente son los volcanes del Pico de Orizaba, Popocatépetl, Iztaccíhuatl, Nevado de Toluca, así como en las sierras de Chihuahua, Durango, Sonora, Coahuila, Baja California y Nuevo León, y en menor frecuencia en la zona del Bajío (Zacatecas, Aguascalientes, San Luis Potosí, Guanajuato y Jalisco), así como en las faldas del Nevado de Toluca y las partes altas del valle de México, como es el Ajusco (CENAPRED, 2012).

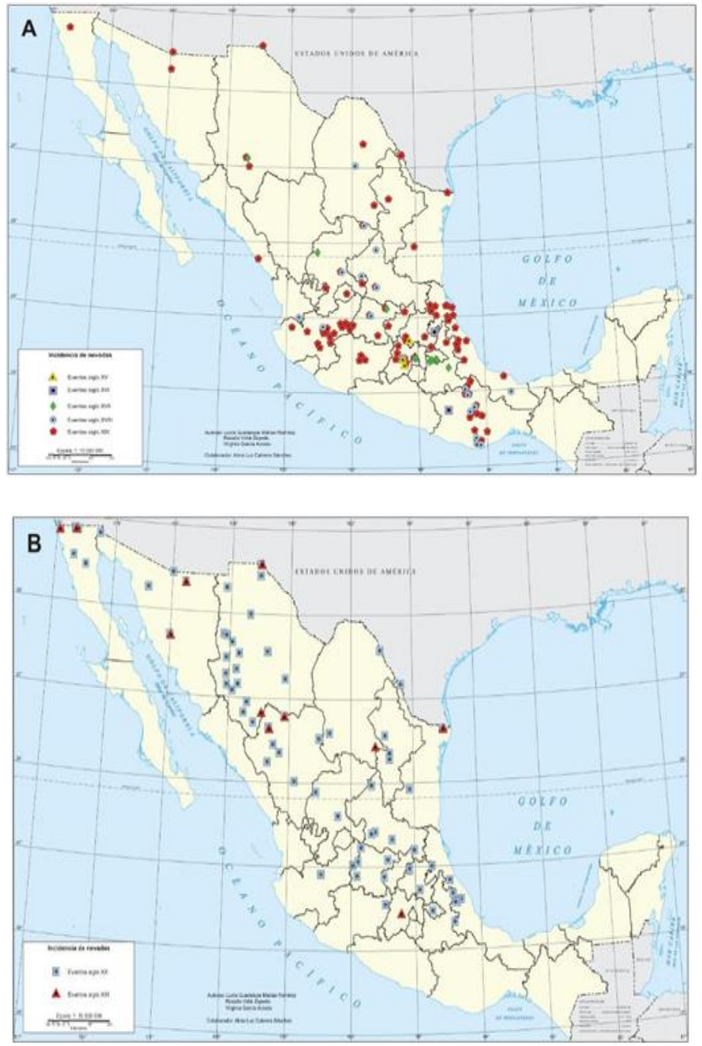
10.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Existen varias metodologías para realizar la delimitación de las zonas que poseen algún grado de peligro por tormentas de nieve, o bien, para conocer la probabilidad de que se presente uno de estos eventos en una zona dada. Para conocer dicha probabilidad se utiliza una función de peligro, donde la precisión de los resultados dependerá de la calidad y la cantidad de datos que se tengan para el área de estudio.

Por desgracia, en México no se cuenta con registros climatológicos de la ocurrencia de las nevadas, mucho menos con registros del tamaño de los copos de nieve, grosor de la capa precipitada de nieve o duración de las tormentas de nieve, por lo que no hay una variable en particular que se correlacione directamente con este fenómeno.

En este sentido CENAPRED utilizó una metodología para calcular un índice de peligro por nevadas (IPN) basado en los sitios donde han ocurrido estos fenómenos en el país a nivel localidad durante las épocas prehispánica, colonial y del siglo XIX, así como por registros de otras fuentes de información como notas periodísticas, reportes de las unidades estatales de Protección Civil, reportes de CONAGUA y de SAGARPA que cubren hasta los eventos de 2011, pero a nivel municipal (CENAPRED, 2012).

Imagen HDR-A-3. Nevadas históricas en México. (A) siglos XV a XIX, (B) siglos XX y XX I



Fuente: Vidal et al, 2007.

El IPN se calculó con base en la frecuencia del fenómeno, que implica contar el número de veces donde han ocurrido eventos a nivel municipal para posteriormente ser dividido entre el dato más alto (CENAPRED, 2012). Una vez obtenido el índice, se estableció una caracterización basada en el número total de eventos la cual se muestra en la siguiente tabla.

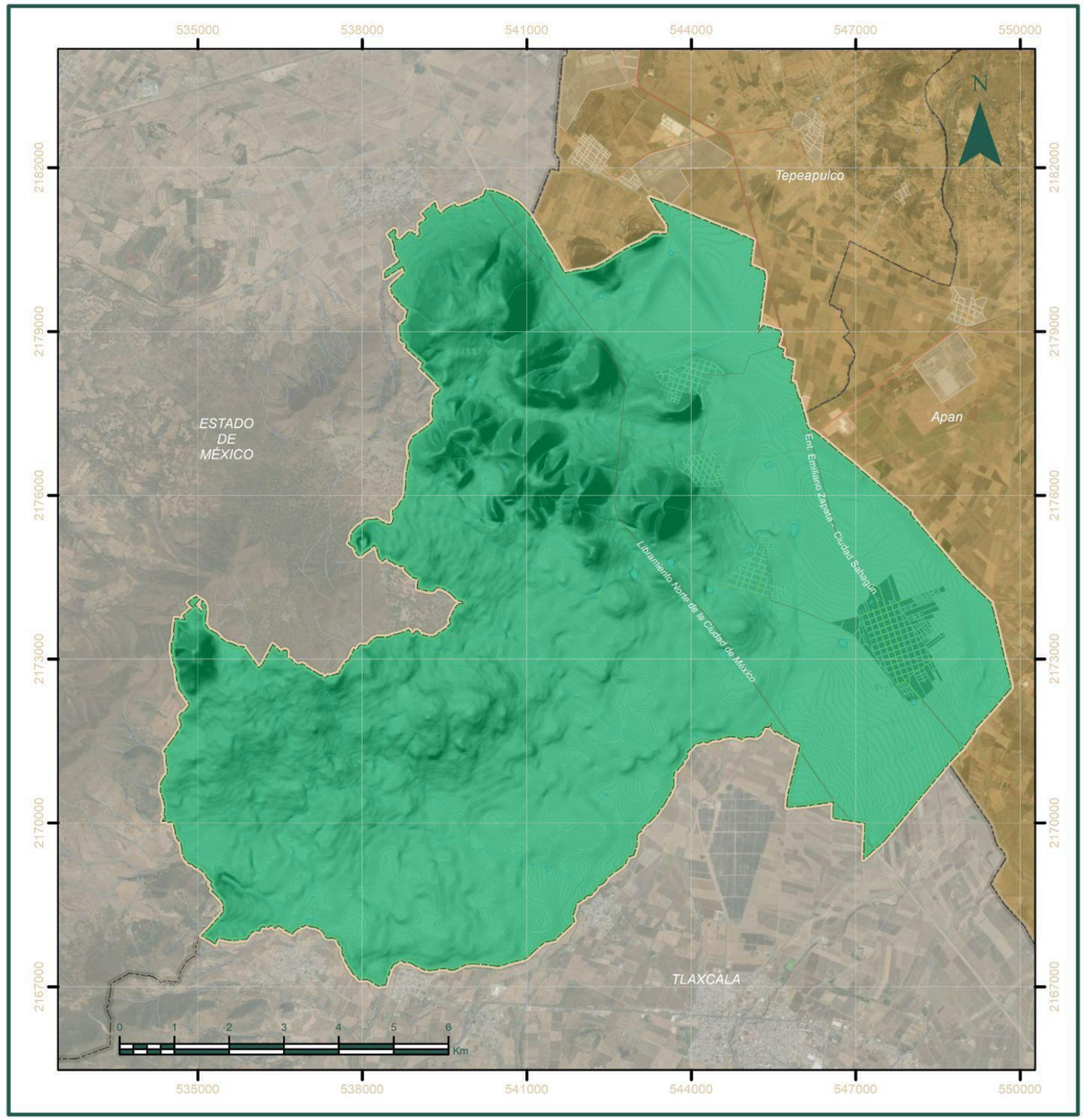
Tabla HDR-A-1. Valores del índice de frecuencia por nevada

Valor	Índice	Intervalo
1	Muy bajo	0.00 – 0.03
2	Bajo	0.03 – 0.13
3	Medio	0.13 – 0.33
4	Alto	0.33 – 0.63
5	Muy alto	0.63 – 1.00

Fuente: CENPARED, 2012.

10.6.3. Peligro

De acuerdo a la metodología mencionada anteriormente, el Atlas Nacional de Riesgos presenta una capa con información del peligro de las Tormentas de Nieve a nivel Nacional y municipal, para el municipio de Emiliano Zapata se presenta un peligro Muy bajo, que va del intervalo 0.00 al 0.03, como se muestra en el mapa.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Tormentas de Nieve
HDR - F - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Muy bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

10.7. Tormentas de granizo

10.7.1. 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-B-1. Formación del granizo

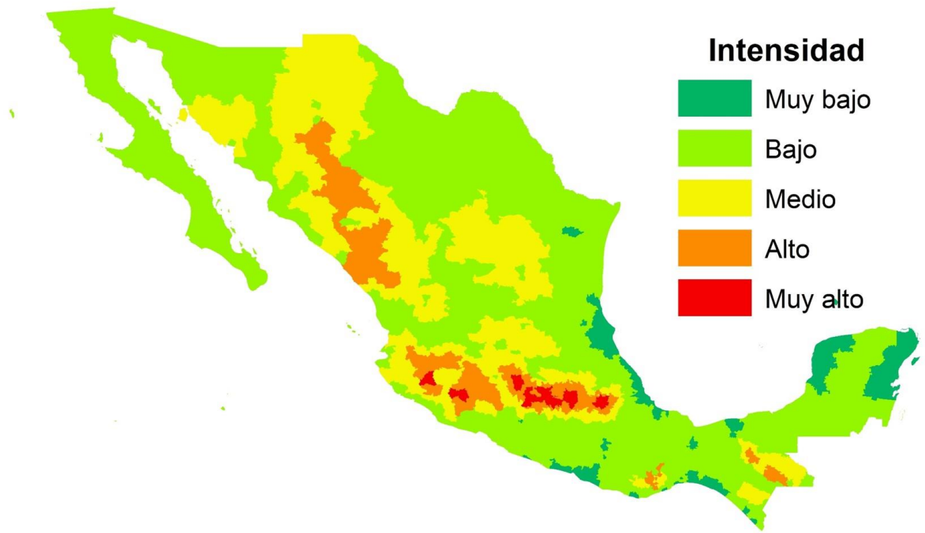


Fuente: gob.mx/Conagua, 2023.

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-B-2. Intensidad de las granizadas en México



Fuente: CENAPRED, 2010.

10.7.2. 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 y a la periferia del municipio, ya 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 municipio de Emiliano Zapata.

Para poder elegir las estaciones con las que se trabajó para el análisis, se tomaron en cuenta que tuvieran datos de al menos 30 años, ya que esto ayuda con el acercamiento a resultados más certeros. En la tabla HDR-G-1 se desglosan las estaciones que se utilizaron para este estudio, así como su respectiva clave, nombre y los meses con sus registros en días.

Tabla HDR-G-1. Estaciones meteorológicas periodo 1981 – 2010

Clave estación	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13138	Emiliano Zapata	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.1	0.3	0.1	0.1	0
15135	Xochihuacán	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0
13024	Potrerito	0	0.1	0.4	0.4	0.7	0.4	0.6	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2
29025	San Marcos Huaquilpan	0	0	0	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0
29035	Calpulalpan	0.1	0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.2	0.1	0	0.1
29034	Zoquiapan	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
13002	APAN (DGE)	0	0.2	0.1	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2	0	0.2	0	0.1
13027	San Jerónimo	0	0.1	0.4	0.7	1.1	0.8	1	1.1	0.5	0.2	0.1	0.1
15065	Otumba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15210	San Juan Totolapan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En la tabla HDR-G-2 se contabilizó el total de días de tormentas de granizo, del período 1981 al 2010 que se tiene anualmente.

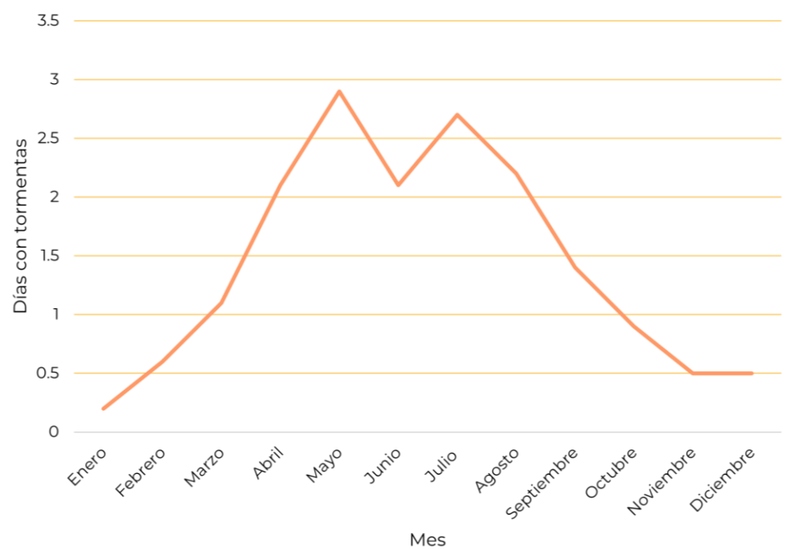
Tabla HDR-G-2. Total de días con granizo del periodo 1981 – 2010

Clave estación	Nombre	Días año
13138	Emiliano Zapata	1.9
15135	Xochihuacán	0.1
13024	Potrerito	3.6
29025	San Marcos Huaquilpan	1.1
29035	Calpulalpan	1.9
29034	Zoquiapan	0.5
13002	APAN (DGE)	1.9
13027	San Jerónimo	6.1
15065	Otumba	0
15210	San Juan Totolapan	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

En la gráfica HDR-G-1 se puede visualizar un acumulado de la ocurrencia del fenómeno por cada mes, para entender cómo es que se distribuyen las tormentas de granizo durante todo el año. De los 12 meses la distribución de granizadas va del mes de febrero a diciembre, siendo mayo, abril y junio los meses con mayor presencia del fenómeno en el municipio.

Gráfica HDR-G-1. Acumulado de Tormentas de granizo anual



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Una vez obtenidos los datos por cada estación, se trazaron isolíneas con valores del número de días con granizo anualmente mediante interpolación de datos utilizando sistemas de información geográfica.

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. CENAPRED establece un índice de peligro por tormentas de granizo (IPTG) el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con granizo del mapa del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007) donde se manejan los siguientes intervalos que se observan en la tabla HDR-B-3.

Tabla HDR-G-3. Número de días con granizo

Días
>5
2-5
1-2
0-1
Sin granizo

Fuente: CENAPRED, 2012.

A los valores anteriores se les asigno un valor, calculado a partir de las diferencias de los limites 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-B-4.

Tabla HDR-G-4. Índice de peligro por granizadas

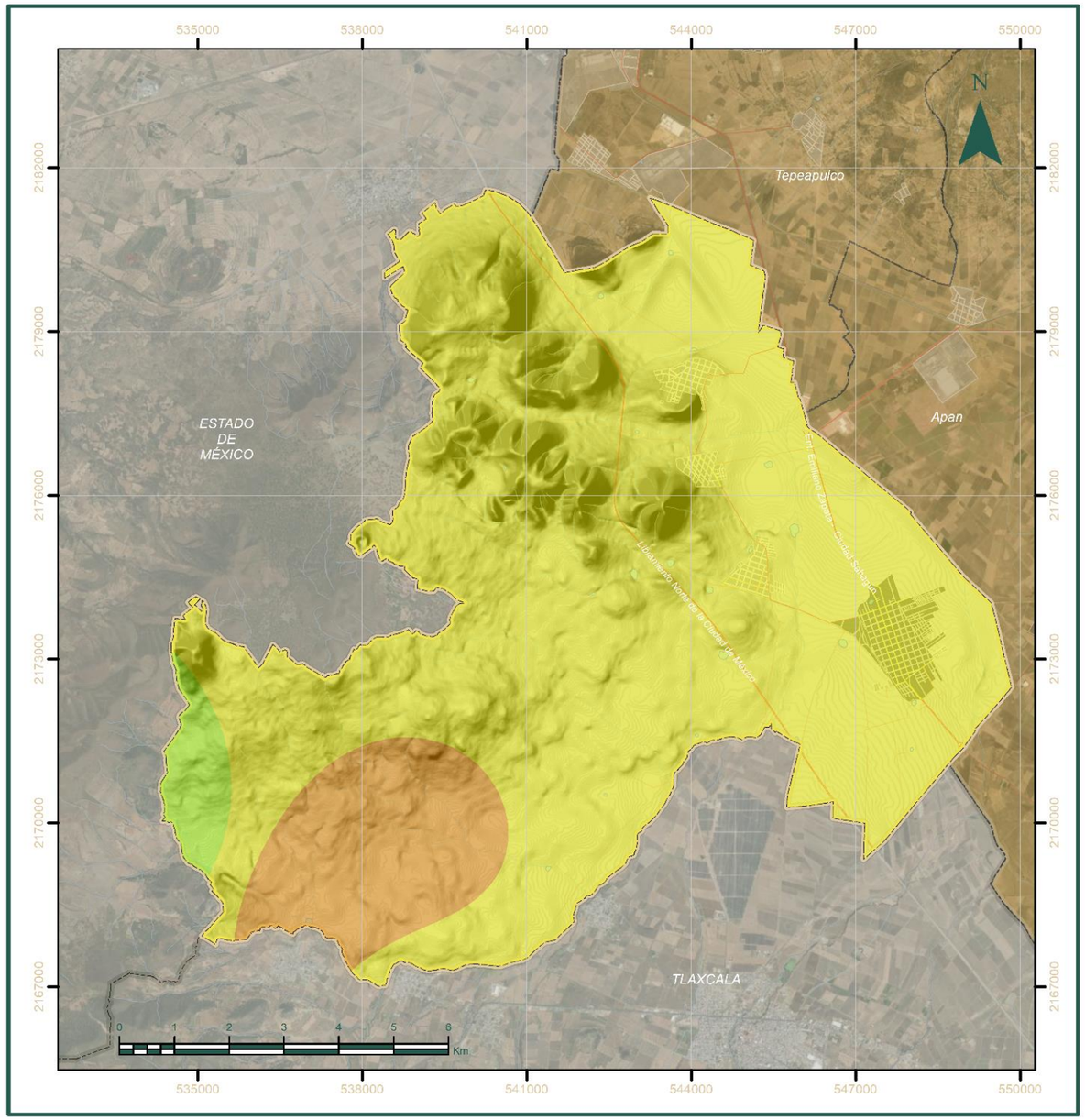
Número de días con heladas	Valor	índice	Categoría
>5	7.5	1.00	Muy alto
2-5	3.5	0.47	Alto
1-2	1.5	0.20	Medio
0-1	0.5	0.07	Bajo
Sin granizo	0	0	Muy bajo o nula

Fuente: CENAPRED, 2012

Con este índice se reclasificó el mapa de días con granizo al año para obtener el IPTG para el municipio de Emiliano Zapata.

10.7.3. Peligro

De acuerdo a la metodología realizada anteriormente se obtuvo que en el municipio de Emiliano Zapata presenta un Peligro Bajo, Medio y Alto. La mayoría del municipio presenta un peligro Medio, sobre todo en la zona norte, con 1 a 2 días de granizo al año. En la zona sur se presenta un peligro Alto con 2 a 5 días de granizo al año, y solo una pequeña parte en el suroeste se presenta un peligro Bajo con 0 a 1 días de granizo al año, en el siguiente mapa se representa lo ya mencionado.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Peligro por Tormentas de Granizo
HDR - G - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Bajo
- Medio
- Alto

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

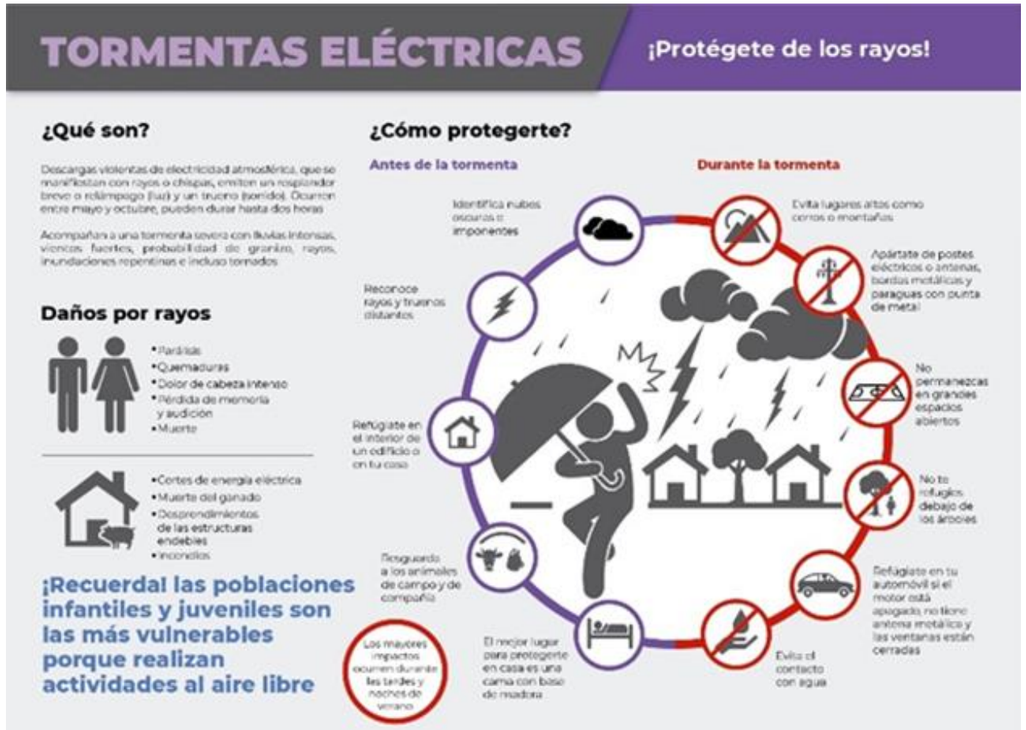
SIG

10.8. Tormentas eléctricas

10.8.1. 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).

Imagen HDR-C-1. Infografía de tormentas



Fuente: CENAPRED, 2021.

En México ocurren 30 días con tormentas en promedio anual, y el máximo es de 100 días. Con mayor frecuencia se presentan 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. Este fenómeno es peligroso, ya que puede causar incendios, heridos e incluso algunas muertes, así como dañar infraestructuras de la población, provocar muerte del ganado y hasta generar accidentes aéreos (CENAPRED, 2021).

10.8.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Para el análisis de Peligro de Tormentas de Eléctricas se utilizaron las Normales Climatológicas del periodo 1981 – 2010 de las Estaciones Meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional de CONAGUA. En dichas estaciones se cuenta con un registro mensual de ocurrencia del fenómeno, así como el promedio de los días anuales en el que se presentan estas tormentas.

La selección de las estaciones se realizó considerando que abarcaran los alrededores del municipio, además que se concentraran dentro del mismo, al igual fue necesario revisar que las estaciones contarán con datos completos (mínimo de 30 años) para tener un resultado más cercano a la realidad.

En la tabla HDR-C-1 se desglosan las estaciones meteorológicas que se utilizaron para este estudio, identificándose a partir de su clave, nombre y el promedio de días con registro tormentas de los 30 años por cada mes del año del período 1981 al 2010.

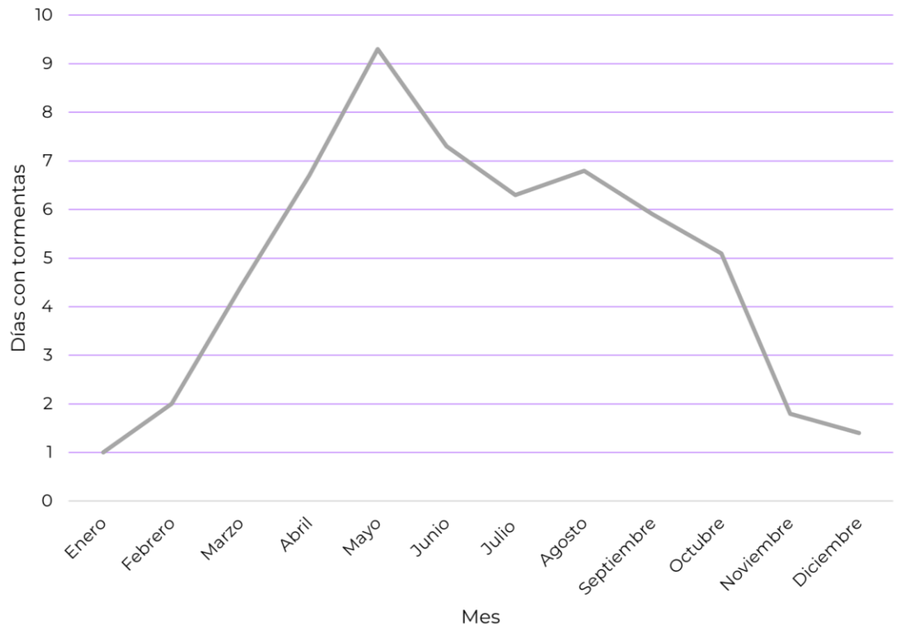
Tabla HDR-C-1. Estaciones meteorológicas periodo 1981 – 2010

Clave estación	Nombre	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
13138	Emiliano Zapata	0.2	0.3	0.9	1.2	2.2	1.9	0.8	0.9	0.5	0.5	0.1	0
15135	Xochihuacán	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0
13024	Potrerito	0.1	0.6	1.5	1.3	1.8	1	1.1	0.7	0.7	0.6	0.2	0.2
29025	San Marcos Huaquilpan	0.3	0.3	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	1.4	1.9	1.2	0.6	0.6
29035	Calpulalpan	0.1	0.2	0.5	1.2	2.2	1.1	1.5	1.5	1.3	1.2	0.6	0
29034	Zoquiapan	0.2	0.1	0.1	0.1	0	0.4	0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3
13002	APAN (DGE)	0.1	0.4	0.5	1.7	1.8	1.7	1.5	1	0.7	0.7	0.1	0.3
13027	San Jerónimo	0	0.1	0.4	0.7	0.3	0.3	0.4	1.2	0.7	0.3	0.1	0
15065	Otumba	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0	0
15210	San Juan Totolapan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

A partir de los datos anteriores se obtuvo un acumulado de la ocurrencia del fenómeno por cada mes, para entender cómo es que se distribuyen las tormentas eléctricas durante todo el año alrededor del municipio así como dentro de éste. Se entiende que para el periodo de 1981 – 2010 hay estaciones que mantienen un promedio de días con tormentas eléctricas casi todo el año, siendo las estaciones de Emiliano Zapata, Potrerito, San Marcos Huaquilpan, Calpulalpan, APAN (DGE) y San Jerónimo. Los registros se tienen en mayoría en los meses de abril a octubre. En la gráfica HDR-C-1 se observa el acumulado de días con tormentas del total de estaciones por mes.

Gráfica HDR-C-1. Acumulado de Tormentas eléctricas anual



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

De la tabla HDR-C-1 se muestra el promedio de días con tormentas eléctricas del periodo 1981 - 2010, de las estaciones que se tomaron para realizar el mapa de peligro por tormentas eléctricas.

Tabla HDR-C-2. Total de días con tormentas eléctricas del periodo 1981 – 2010

Clave estación	Nombre	Días año
13138	Emiliano Zapata	9.5
15135	Xochihuacán	0.2
13024	Potrerito	9.8
29025	San Marcos Huaquilpan	10
29035	Calpulalpan	11.4
29034	Zoquiapan	1.8
13002	APAN (DGE)	10.5
13027	San Jerónimo	4.5
15065	Otumba	0.3
15210	San Juan Totolapan	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Los datos recopilados se utilizaron para obtener el mapa de la distribución espacial de las tormentas eléctricas para el municipio de Emiliano Zapata. 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, el cual 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 un punto del centro de la celda que se está estimando o ponderando, más influencia o peso tendrá en el proceso de cálculo del promedio.

La ponderación es asignada a los puntos de muestreo mediante la utilización de un coeficiente de ponderación que controla cómo la influencia de la ponderación decae mientras la distancia hacia el punto nuevo se incrementa. Mientras más grande sea el coeficiente de ponderación menor será el efecto que los puntos tendrán si están lejos del punto desconocido durante el proceso de interpolación. Conforme el coeficiente se incrementa, el valor de los puntos desconocidos se aproxima al valor del punto de observación más cercano.

Con el resultado de la interpolación de los días con tormentas eléctricas de las estaciones se establecieron las categorías de peligro establecidos por CENAPRED a escala municipal, el cual fue elaborado con base en el mapa de número de días con tormentas eléctricas del Nuevo Atlas Nacional de México (Vidal, y otros, 2007) donde se manejan los siguientes intervalos.

Tabla HDR-C-3. 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-C-4. Asignación e valores para el número de días con tormentas eléctricas y categorías sugeridas para el índice de peligro por tormentas eléctricas

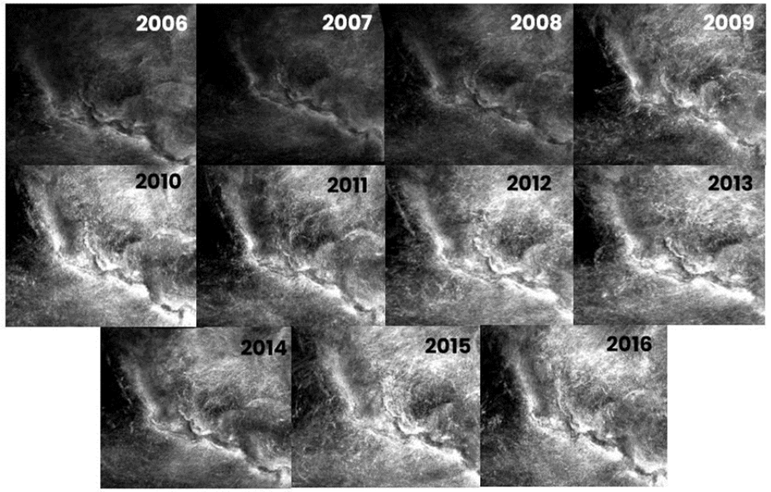
Número de días con heladas	Valor	índice	Categoría
Cero	0	0	Muy baja o nula
1-9	1	0.25	Baja
10-19	2	0.50	Medio
20-29	3	0.75	Alta
>30	4	1.0	Muy alta

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.

Imagen HDR-C-3. Imágenes satelitales de descargas eléctricas nube – tierra



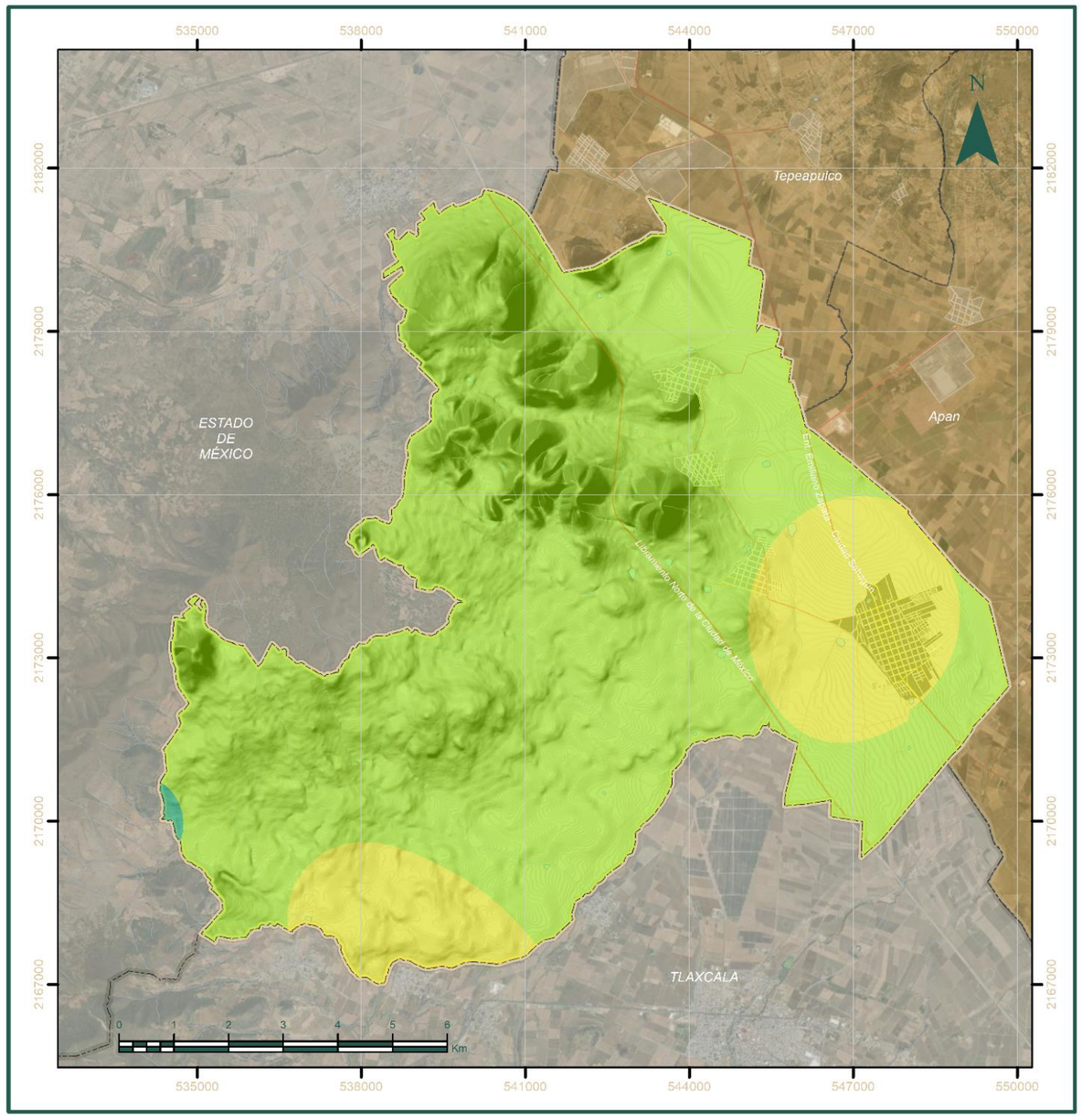
Fuente: Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas y Ambientales, UNAM.

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 municipio de Emiliano Zapata. 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.

10.8.3. Peligro

De acuerdo a la metodología elaborada se obtuvo que el municipio de Emiliano Zapata presenta un peligro Bajo y Medio, siendo la mayoría del municipio con peligro Bajo, teniendo de 1 a 9 días de tormentas eléctricas, abarcando localidades como Santa Clara, San José Morelos, Santa Bárbara, y la mayoría de la zona sur. El peligro Medio con 10 a 19 días de tormentas eléctricas en localidades como en centro del municipio y sus alrededores, así como una pequeña zona del sur, casi en el límite con el municipio de Calpulalpa.

En el mapa de Descargas nube - tierra de 0.25 a 0.28 descargas por km2, presentándose más en la parte norte y disminuyendo paulatinamente hacia la zona sur.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Peligro por Tormentas Eléctricas
HDR - H - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Muy bajo
- Bajo
- Medio

Ubicación



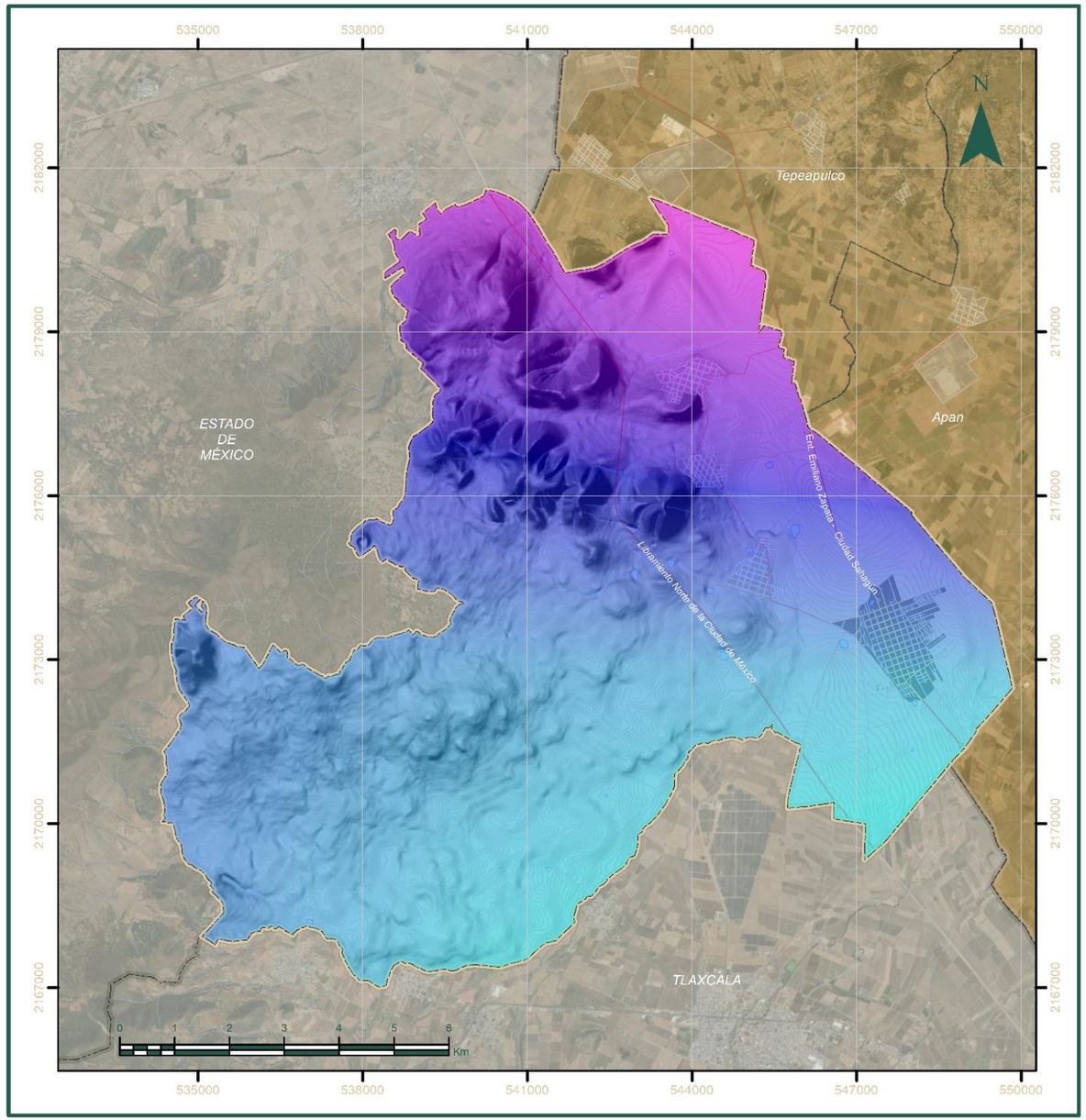
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Descargas Nube - Tierra
HDR - H - 02

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Descargas por Km2

Alto : 0.28

Bajo : 0.25

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

10.9. Sequías

10.9.1. 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

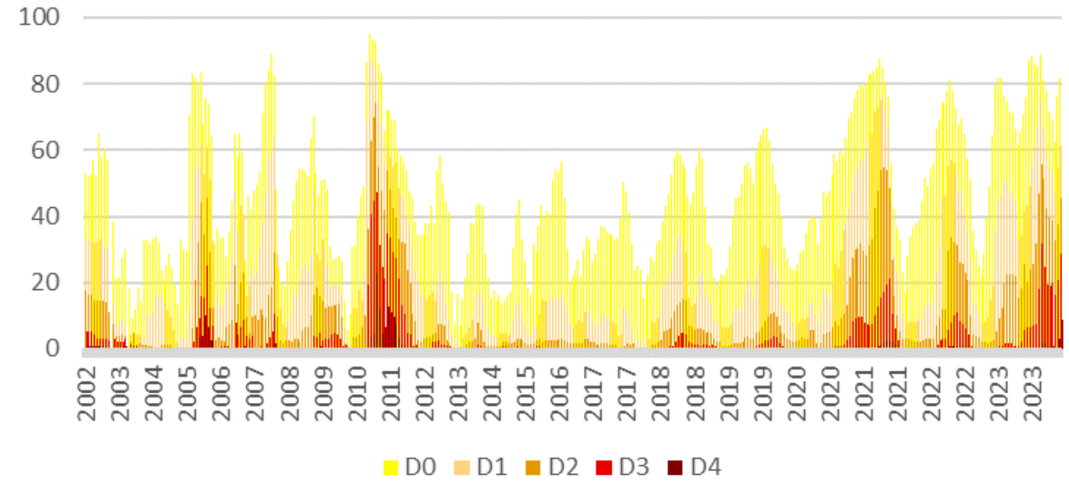
puede ocasionar reducción en la producción y estabilidad de alimentos, incrementando el riesgo en la seguridad alimentaria.

Imagen HDR-I – 1. Sequía en México



Foto tomada de (Centro Nacional de Prevención de Desastres, 2018)

Gráfica HDR-I – 1. Porcentaje de afectación por sequía en México (2002 - 2023)



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos proporcionados por (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014), con métodos estadísticos

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.

En el estado de Hidalgo durante el transcurso del tiempo ha presentado problemáticas derivados de la superación de la demanda con base en la cantidad disponible de agua que hay en la región, esto ha generado una exposición alta al estrés hídrico que de no tomarse medidas de adaptación frente las circunstancias consecuentes al cambio climático la población queda expuesta y vulnerable a la escasez definitiva de agua. Es evidente en el monitor de agua como se presenta la sequía extrema en un 33%, seguida la sequía severa en un 27% en el territorio para tan solo dos quincenas que se lleva el año 2024.

En la primera quincena de abril la sequìa se ha intensificado, esto debido a que aproximadamente la mitad del territorio estatal se encuentra en condiciones de estiaje muy alto y 41 municipios registraron sequìa excepcional.

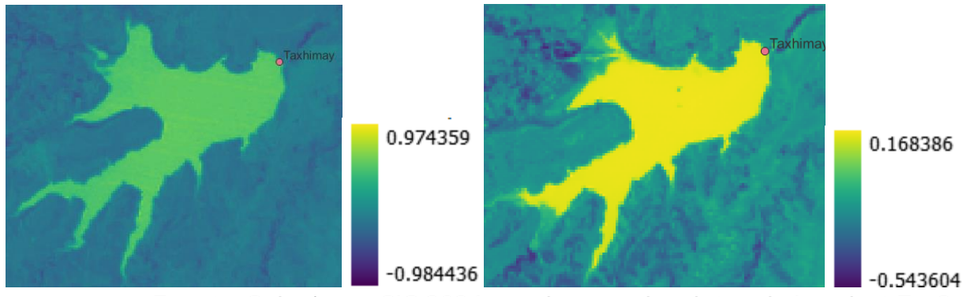
Así mismo las 5 presas administradas por Conagua reportan lo siguiente:

Imagen HDR-I –2 . Comportamiento de las variaciones porcentuales de capacidad de las presas.

Presa	(%Promedio de ls ùltimos 5 años)	%Actual	Diferencia respecto al promedio
Endhò	85.6	66 ↓	-19.6
Javier Rojo Gómez (La Peña)	86	72 ↓	-14
La Esperanza	95.1	100 ↑	4.9
Requena	63.7	30 ↓	-33.7
Vicente Aguirre	56.9	4 ↓	-52.9

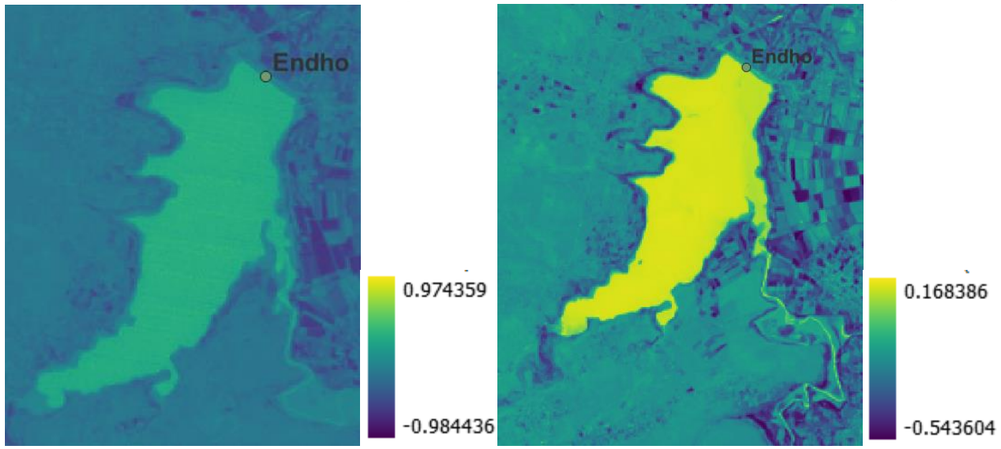
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de SIAP, 2024

Imagen HDR-I –3 .Comportamiento de la presa en los años 2011 y 2023



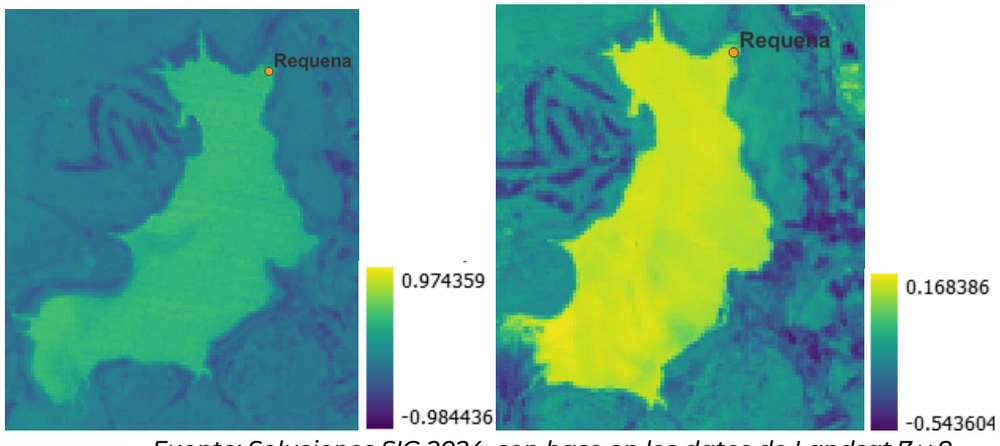
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de Landsat 7 y 8.

Imagen HDR-I –4 .Comportamiento de la presa en los años 2011 y 2023



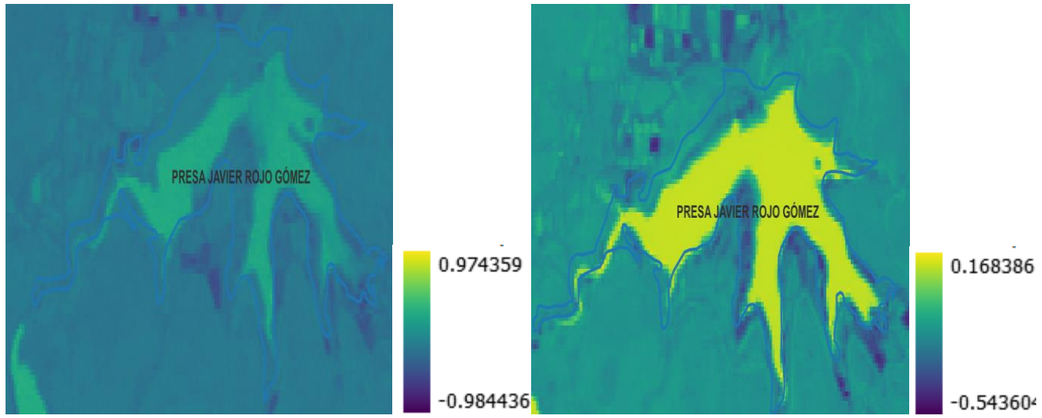
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de Landsat 7 y 8

Imagen HDR-I –5 .Comportamiento de la presa en los años 2011 y 2023



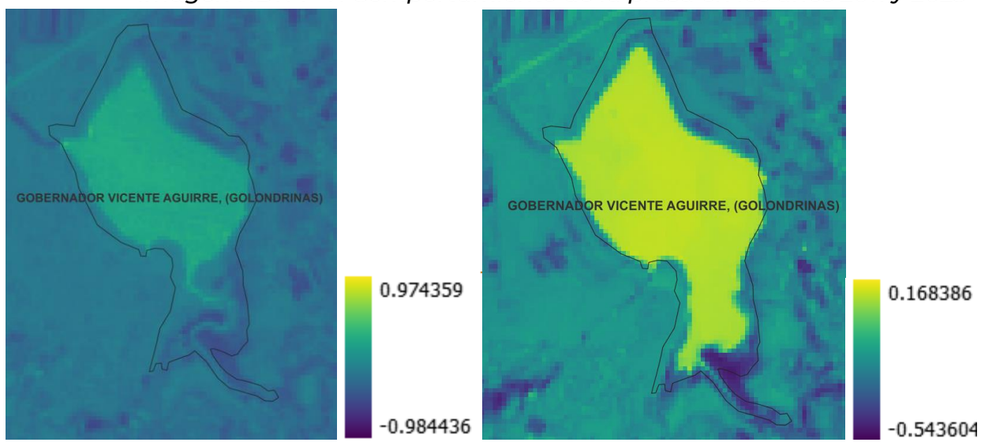
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de Landsat 7 y 8

Imagen HDR-I –6 . Comportamiento de la presa en los años 2011 y 2023



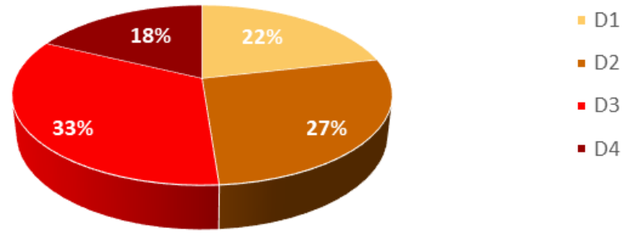
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de Landsat 7 y 8

Imagen HDR-I –7. Comportamiento de la presa en los años 2011 y 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de Landsat 7 y 8

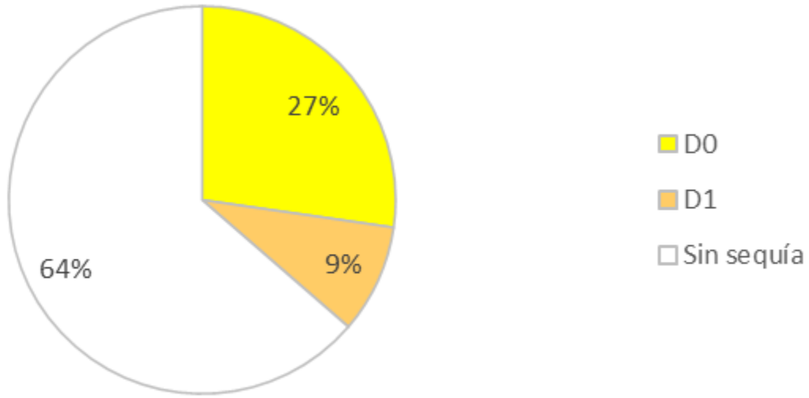
Gráfica HDR-I – 2. Distribución porcentual de la clasificación de la sequía de acuerdo con el monitor de sequía en los municipios de Hidalgo al 31 de enero del 2024.



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos proporcionados por (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014), con métodos estadísticos

Para el quince de enero del año 2024 el Monitor de Sequía en México (MSM) publicó su reporte nacional actualizado, para la fecha en mención; en el reporte se visualiza la información estadística para el estado de Hidalgo. El archivo en formato de hoja de cálculo Excel suministrado por el monitor contiene las diferentes afectaciones a lo largo del tiempo por alguna condición desde anormalmente seco (D0) hasta sequía excepcional (D4). Cabe resaltar que para el periodo 2003 a 2015 se asignó la categoría de sequedad o sequía (D0 a D4) cuando la categoría cubría al menos el 40% de la superficie de dicho municipio. Sin embargo, debido a retroalimentación recibida, a partir de 2016 se asigna la categoría de sequía a la de mayor intensidad observada en algún municipio. Los datos correspondientes para el municipio se visualizan en la Gráfica HDR-I – 3.

Gráfica HDR-I – 3. Porcentaje de presencia sequía de acuerdo con la categorización del monitor de sequía en Emiliano Zapata, Hidalgo desde el 2003 hasta el 2024



Clasificación de la sequía de acuerdo con el monitor de sequía	
Anormalmente Seco	D0
Sequía Moderada	D1
Sequía Severa	D2
Sequía Extrema	D3
Sequía Excepcional	D4
Sin Sequía	

Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos proporcionados por (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014), con métodos estadísticos

De acuerdo con noticias locales las actividades más afectadas en el municipio son la producción de cultivos de maíz y ganadería. Además, presentan actividades del sector terciario con prestación de servicios principalmente el turismo, pilar económico que caracteriza al municipio y que representa su principal eje de generación de empleos.

En la Tabla HDR-I - 1 se presenta un breve análisis con los datos históricos evidenciados en la base de datos del Monitor de Sequía en México (MSM), en donde estadísticamente se calculó la moda anual de clasificación con base en la frecuencia de ocurrencia de cada una de las categorizaciones en el conjunto de datos y como resultado se obtuvo por año la sequía más recurrente en el transcurso del año. Predominando la clasificación anormalmente seca (D0) y sequía moderada (D1), última la cual se presenta en los inicios del año 2024, respondiendo a factores de cambio climático.

Tabla HDR-I – 1. Sequía predominante por año en Emiliano Zapata, Hidalgo. Entre los años 2003 y 2024

Año	Clasificación
Año 2003	Sin sequía
Año 2004	Sin sequía
Año 2005	Sin sequía
Año 2006	D0
Año 2007	Sin sequía
Año 2008	Sin sequía
Año 2009	D1
Año 2010	Sin sequía
Año 2011	Sin sequía
Año 2012	Sin sequía
Año 2013	Sin sequía
Año 2014	Sin sequía
Año 2015	Sin sequía
Año 2016	Sin sequía
Año 2017	Sin sequía
Año 2018	D0
Año 2019	D0
Año 2020	D0
Año 2021	Sin sequía
Año 2022	D0
Año 2023	D0
Año 2024	D1

Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos proporcionados por (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014), con métodos estadísticos.

10.9.2. 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.

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.

Los datos de temperatura de superficie pueden impactar de la siguiente forma:

- Mayor demanda de agua por las plantas, esto por el proceso de transpiración por medio del cual liberan vapor de agua a través de sus hojas, tienden a aumentar el calor. Esto puede agravar la sequía al agotar aún más la humedad disponible del suelo.
- La reducción de las infiltraciones debido a altas temperaturas pueden causar que el suelo se seque y se compacte, lo cual dificulta la infiltración de agua de lluvia en el suelo.

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.

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.

Tabla HDR-I – 2. 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)

10.9.3. Peligro

Los datos fueron analizados desde 1951 a 2023 en dos temporalidades de cálculo diferente, el primero SPI 6 y SPI 9, con la finalidad de realizar una comparativa y análisis en cuanto a tendencias y pautas de precipitación. Cabe mencionar que el SPI 9 da una indicación de pauta de precipitación Interestacional en escalas temporales medias, es decir que, si se tiene en cuenta que una sequía normalmente tarda una estación o más en desarrollarse, los valores del SPI 9 por debajo de -1.5, para esta escala temporal generalmente se considera un buen indicio de que la sequedad está teniendo un impacto significativo en la agricultura y otros sectores. (Organización Meteorológica Mundial, 2012)

Estas temporalidades fueron elegidas ya que en la guía del usuario realizada por la Organización Meteorológica Mundial (2012) recomienda la franja de aplicación más práctica entre 6 y 9 meses, siendo el corte de 9 meses recomendado por el autor para el tipo de análisis a realizar.

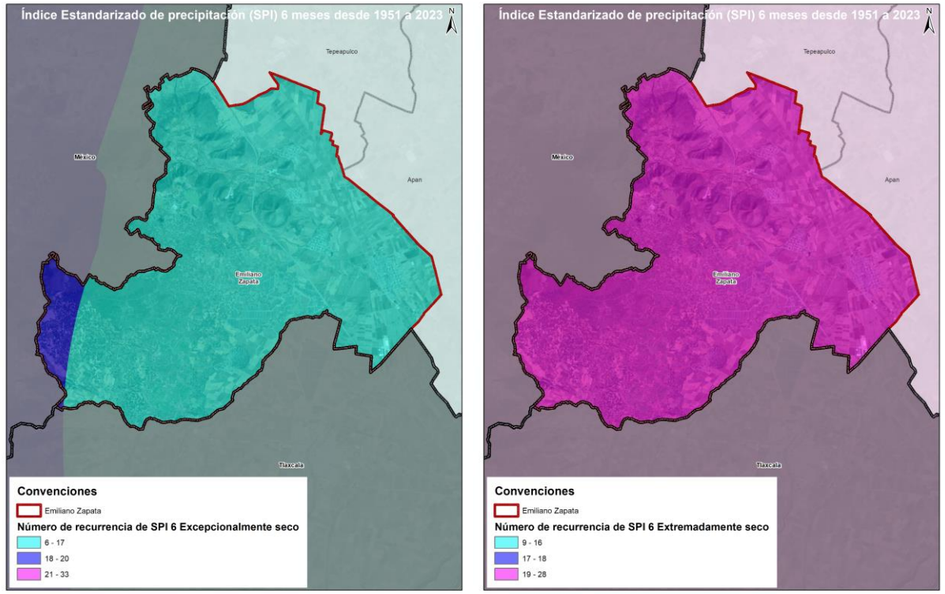
Es importante mencionar que esta ventana temporal fue elegida teniendo en cuenta la limitante de faltante de datos para cada estación, a continuación, se calculó el porcentaje de faltantes de datos por estación que contenían el cálculo de SPI. Se encuentran estaciones de estados colindantes con Hidalgo con el fin de obtener un estudio regional del fenómeno y obtener mejores resultados cartográficos.

Tabla HDR-I – 3. Porcentaje de faltante de datos en estaciones con SPI calculado

Estación	Faltante de datos SPI 6	Faltante de datos SPI 9
13013	5.6%	8.3%
13018	13.5%	17.8%
13041	47.7%	50.5%
13042	2.6%	4.0%
13060	10.3%	12.3%
13068	7.6%	9.4%
13080	29.9%	31.3%
15044	37.6%	43.2%
15047	45.8%	51.5%
15059	23.2%	27.1%
15083	27.7%	32.2%
15127	26.5%	29.9%
15170	8.9%	11.5%
15193	13.5%	17.6%
21059	19.4%	23.6%
21118	10.8%	13.6%
21127	9.1%	12.6%
29003	15.6%	16.7%
29011	15.0%	19.1%
29035	19.9%	25.1%
30006	23.6%	21.8%

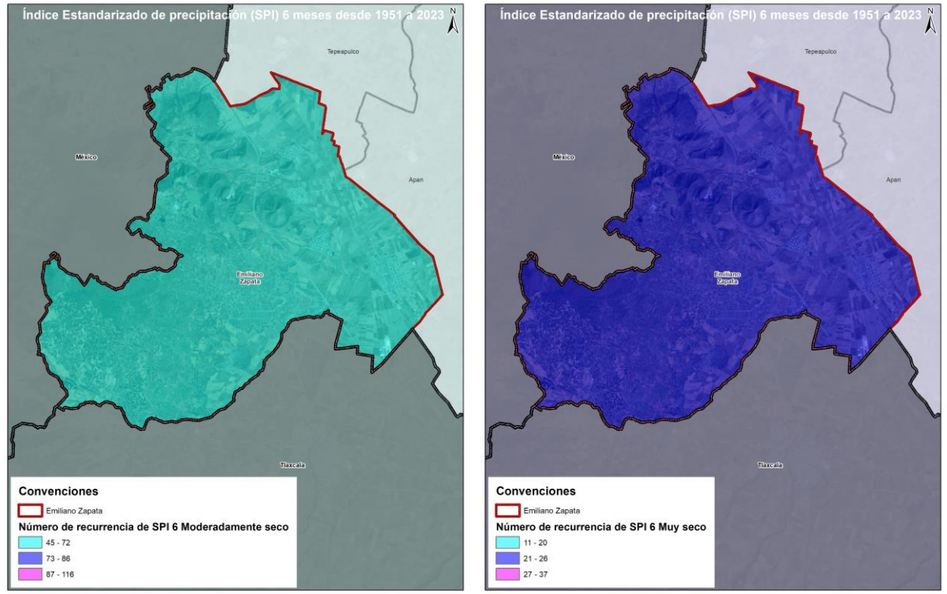
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

Imagen HDR-I – 8. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 6 meses desde 1951 a 2023



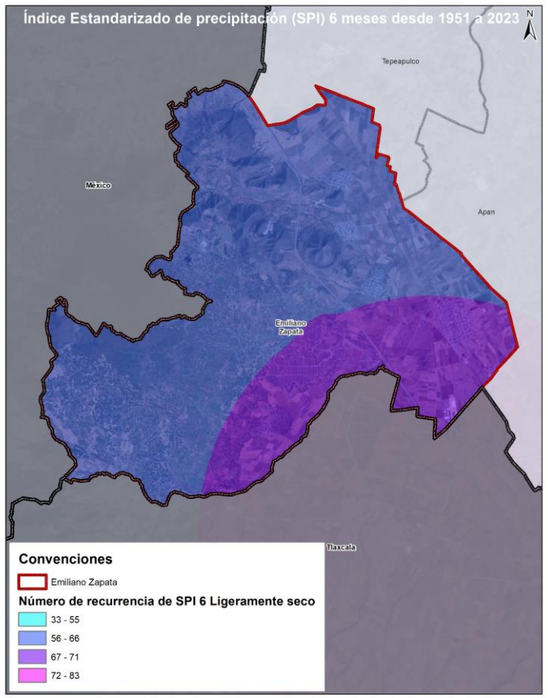
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

Imagen HDR-I – 9. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 6 meses desde 1951 a 2023



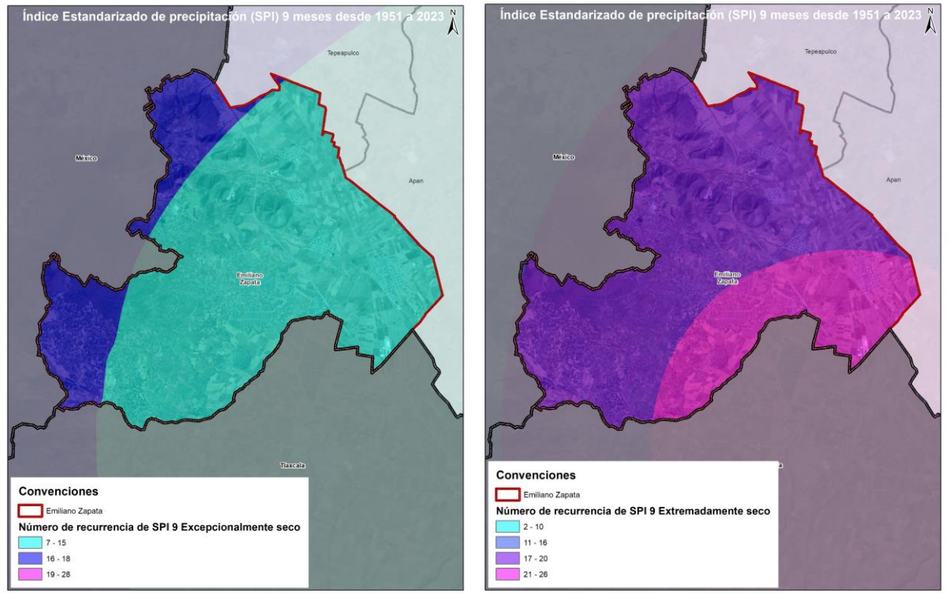
Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

Imagen HDR-I – 10. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 6 meses desde 1951 a 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

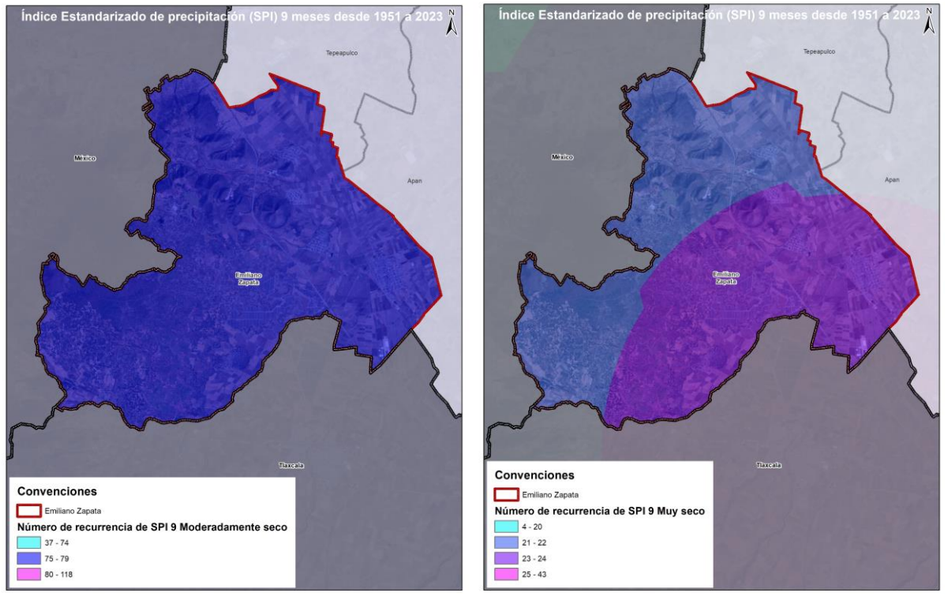
Imagen HDR-I – 10. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 6 meses desde 1951 a 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

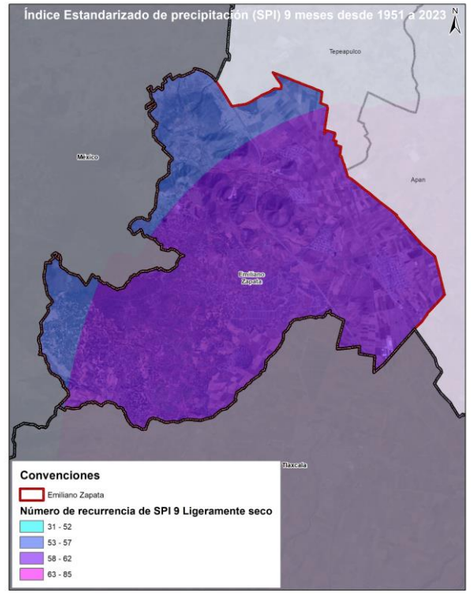
Este SPI compara la precipitación del periodo con el mismo de 6 meses del registro histórico, indicando la tendencia de precipitación entre estacionales y el medio plazo, considerando más sensible a las condiciones, visualizando un patrón de presencia de sequía con poca recurrencia en el municipio.

Imagen HDR-I – 11. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 9 meses desde 1951 a 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

Imagen HDR-I – 12. Índice Estandarizado de precipitación (SPI) 9 meses desde 1951 a 2023



Fuente: Soluciones SIG 2024, con base en los datos de (CONAGUA & Servicio Meteorológico Nacional, 2014)

Este SPI da una indicación de pautas de precipitación interestacional en escalas temporales medias. Las sequías normalmente tardan una estación o más en desarrollarse, hay que tener en cuenta que los valores de este SPI por debajo de -1.5, para esta escala generalmente se consideran un buen indicativo de que la sequedad está teniendo un impacto significativo en la agricultura y otros sectores, este rango de datos corresponde dentro de la categorización de CONAGUA a muy seco, extremadamente seco y excepcionalmente seco, presentándose estas tres categorías con un número de recurrencia significativo en todo el territorio que comprende el municipio. Este SPI se introduce para pasar de una sequía estacional a corto plazo a sequías a más largo plazo que pueden por su carácter ser hidrológicas o plurianuales. (Organización Meteorológica Mundial, 2012)

De acuerdo con el número de recurrencia de los rangos categorizados por CONAGUA en el histórico de 1951 a 2023 los rangos de SPI para el municipio de Emiliano zapata se agrupan los datos en su mayoría en moderadamente seco de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (2012) con una probabilidad de recurrencia de 10 veces en 100 años con severidad de 1 en 10 años y presentándose una sequía leve.

Tabla HDR-I – 4. Probabilidad de recurrencia

SPI	Categoría	Número de veces en 100 años	Severidad del episodio
0 a -0.99	**Sequía leve**	**33**	**1 en 3 años**
-1.00 a – 1.49	Sequía moderada	10	1 en 10 años
-1.5 a -1.99	Sequía severa	5	1 en 20 años
< -2.0	Sequía extrema	2.5	1 en 50 años

Fuente: Soluciones SIG con base en los datos de la Organización Meteorológica Mundial (2012)

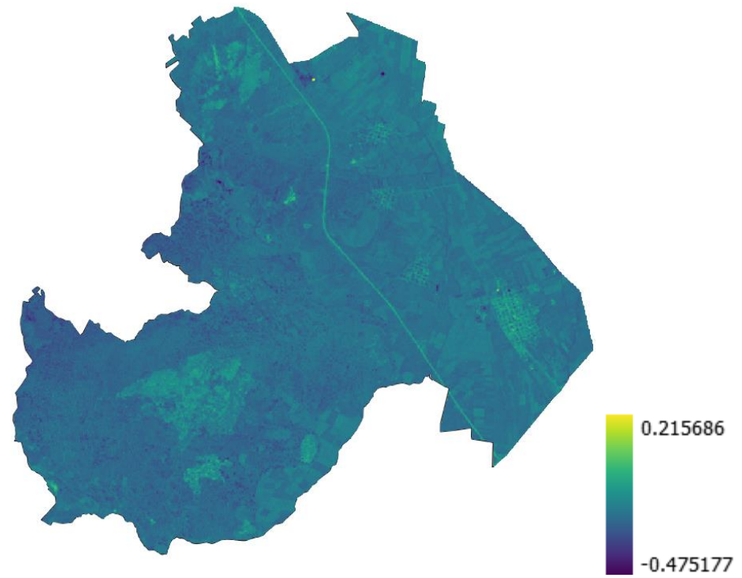
Análisis de la humedad del suelo

A continuación se muestran los resultados del análisis realizado mediante imágenes satelitales para la identificación de humedad del suelo con valores que van de -1 a 1. Los valores negativos indican ausencia de agua, mientras que los cercanos a 1 positivo se asocian a mayor presencia de humedad.
Dicho análisis se realizó para los años 2011, 2023 y 2024, estas temporalidades se eligieron con base a un análisis previo donde se identificó que estos años han sido donde se han presentado sequías que han afectado la regiòn.

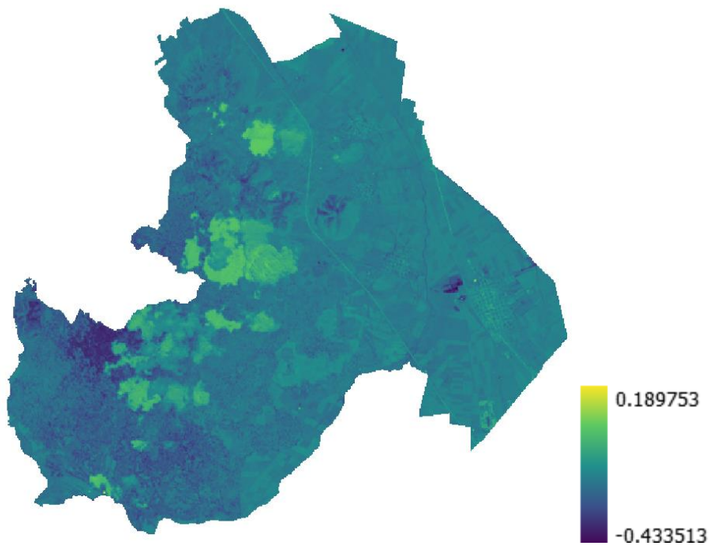
Los resultados obtenidos son los siguientes:

- En 2011: El rango de valores se muestra de -0.47 a 0.21
- En 2023: El rango de valores se muestra de -0.43 a 0.18

Imagen HDR-I-14– Índice diferencial de agua normalizado de mayo 2011



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 5 a 7
Imagen HDR-I-15 – Índice diferencial de agua normalizado de mayo 2023



Elaborado por Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

Con lo anterior se concluye que la humedad está disminuyendo si bien esto se puede deber a cambios de uso de suelo, factores climáticos entre otros de vital importancia el monitoreo de esta, ya que si la lluvia intraestival disminuye y las condiciones de humedad son bajas la sequía se agrava.

Análisis de la cobertura vegetal

Como se mencionó anteriormente la densidad de la vegetación está estrechamente relacionada con el monitoreo de la sequía debido a que la vegetación tiende a sufrir estrés hídrico y su densidad disminuye. Lo cual se refleja en los valores bajos de cobertura vegetal debido a que hay menos clorofila presente en las plantas. Por lo tanto, un descenso en los valores de NDVI en comparación con períodos normales puede indicar la presencia de sequía en la zona.

Se analizaron los meses de mayo ya que es cuando las plantas se encuentran en crecimiento, por lo que un valor bajo de ndvi pueden indicar sequía, ya que la falta de humedad limita el crecimiento de la vegetación.

A continuación se presentan los resultados, de igual forma como los análisis de humedad se tomaron los años 2011, 2023 y 2024.

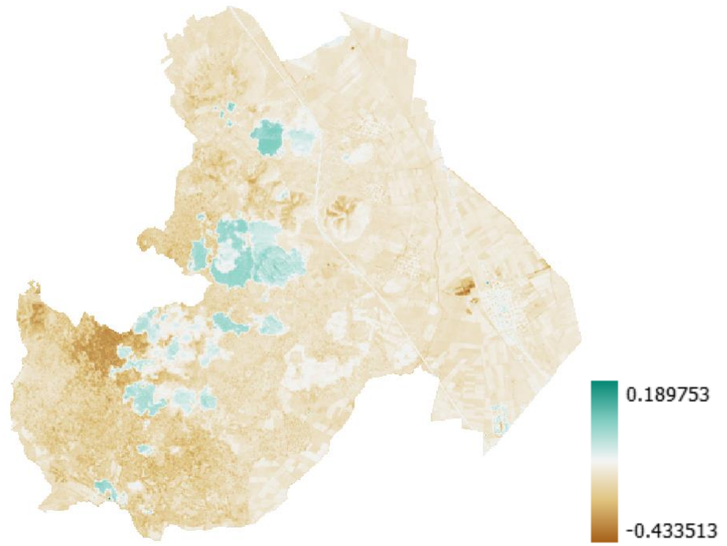
- En 2011 el rango de valores se muestra de -0.24 a 0.44
- En 2023 el rango de valores se muestra de -0.43 a 0.18

Imagen HDR-I-16 – Índice estandarizado de vegetaciòn de mayo 2011



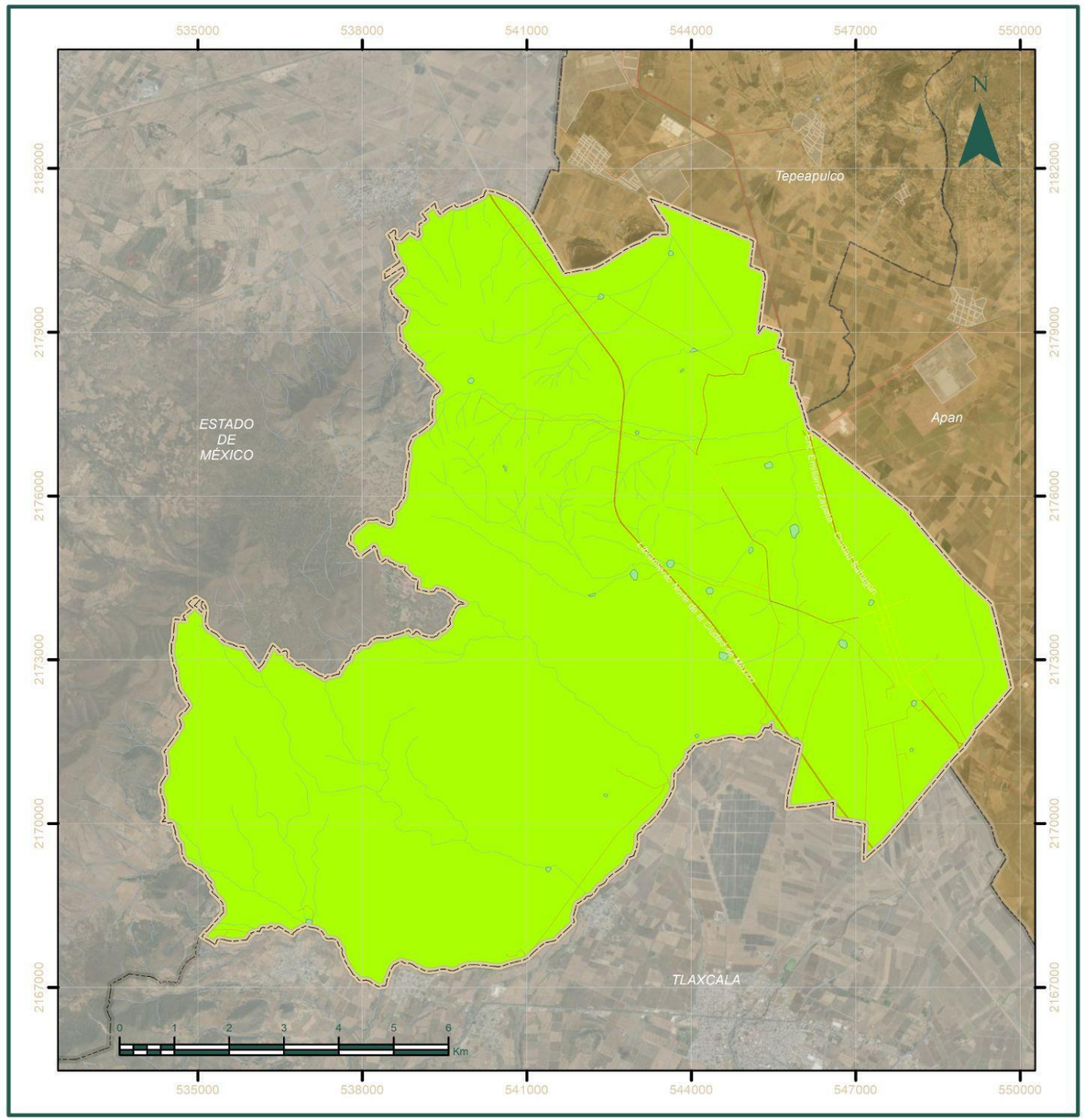
Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 5 a 7

Imagen HDR-I-17 – Índice estandarizado de vegetaciòn de mayo 2023



Elaborado por Soluciones SIG, 2024, con datos de Landsat 8

La vegetación también ha presentado afectaciones ya que si observamos los valores han tenido una disminución de 0.44 en 2011 a 0.18 para 2023, lo cual podría indicar una reducción en la densidad de la vegetación en la zona durante ese periodo. Esto puede ser causado por factores como el cambio de uso de suelo, deforestación, sequías o degradación ambiental.
El NDVI es un factor clave para darle seguimiento a los cultivos ya que durante estas fechas es cuando se encuentran en la etapa de floración y podemos observar si realmente se está llevando a cabo dicho proceso.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Peligro por Sequia HDR-I

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

10.10. Ondas cálidas

10.10.1. Introducción

La definición de ondas cálidas puede tener variaciones dependiendo del contexto y las características de la región geográfica de la que se estudie. En un contexto nacional, la CENAPRED, dictamina que las ondas cálidas son el periodo de más de tres días consecutivos con temperaturas por arriba del promedio, se consideran las temperaturas máximas registradas entre las 14:00 y 16:00 horas, así como las mínimas registradas entre las 05:00 y 07:00 horas (CENAPRED, 2020).

Según Herrera-Alanís (2012), se consideran ondas de calor aquellas temperaturas máximas y mínimas registradas que sobrepasan el percentil 90 (P90) en al menos dos días consecutivos. Este fenómeno se presenta por la llegada de masas de aire tropical continental a latitudes medias. Estas ondas ocurren con mayor frecuencia durante los meses de mayo a julio (Jiménez et al., 2018).

Las ondas de calor conllevan a riesgos significativos para la salud pública, bajo este escenario, la población se encuentra expuesta a infecciones que van desde sarpullidos por calor, edemas, síncope, calambres, agotamiento, hasta golpes de calor que les podrían llevar a la muerte (OPS, 2021). Por ello, el conocimiento y divulgación de este fenómeno hidrometeorológico es fundamental para planificar medidas de preparación y respuesta ante la presencia de estos eventos.

Imagen HDR-J-1. Infografía sobre las ondas de calor



Fuente: CENAPRED, 2020.

10.10.2. Metodología y Memoria de Cálculo

La metodología utilizada para la detección y cartografía de Ondas Cálidas es la elaborada por Herrera-Alanís (2012), que es la indicada por el Anexo 17b, de la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos por CENAPRED. Esta metodología consiste en realizar un análisis estadístico de las temperaturas, al calcular umbrales en la temperatura que establecerán cuáles son los eventos que están asociados a una onda cálida. Para este estudio, se tomó en cuenta el parámetro de umbral relativo que determina los efectos fisiológicos, es decir, aquellos relacionados con la salud pública y los efectos psicológicos, que se refieren al comportamiento de los individuos ante la exposición a estas temperaturas.

El umbral relativo, según indica la metodología consultada, se deriva del cálculo P90 para las temperaturas máximas y mínimas diarias. Los insumos utilizados fueron obtenidos de las Estaciones Meteorológicas, pertenecientes a la Comisión Nacional del Agua. Se revisaron los datos disponibles de las estaciones del municipio y de estaciones aledañas, que cuenten con un registro mínimo de 30 años. Dicho parámetro de tiempo fue establecido de 1988 - 2018.

Las estaciones que cumplieron con el 80% de datos efectivos fueron las siguientes:

Tabla HDR-J-1. Estaciones meteorológicas para el análisis de ondas de calor

Clave estación	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Temp máxima promedio (°C)	Temp máxima extrema (°C)
13002	Apan (DGE)	19.7070	-98.4490	2496	23.7	25.6
13027	San Jerónimo	19.8150	-98.4840	2535	21.8	26
13129	San Agustín Zapotlán	19.8730	-98.7180	2370	24.5	23.9
15055	Maquixco	19.7842	-98.8322	2530	22.7	26.5
15135	Xochihuacan	19.6240	-98.6750	1355	21.4	23.6
29025	San Marcos Huaquilpan	19.5970	-98.6320	2601	23	28.1

Fuente: SMN.

De cada una de las estaciones anteriores se tomaron los datos diarios de temperaturas máximas y mínimas registradas para realizar el cálculo del P90. De este modo, aquellos valores que sobrepasen el umbral en ambas temperaturas en al menos dos días consecutivos se consideran como una onda de calor. Una vez calculado el umbral relativo, se obtiene lo siguientes resultados:

Tabla HDR-J-2. P90 para cada estación

Clave estación	Nombre	P90 Temp máxima (°C)	P90 Temp mínima (°C)
13002	Apan (DGE)	28	10
13027	San Jerónimo	26	10
13129	San Agustín Zapotlán	29	10
15055	Maquixco	27	11
15135	Xochihuacan	25	9.5
29025	San Marcos Huaquilpan	28	9.5

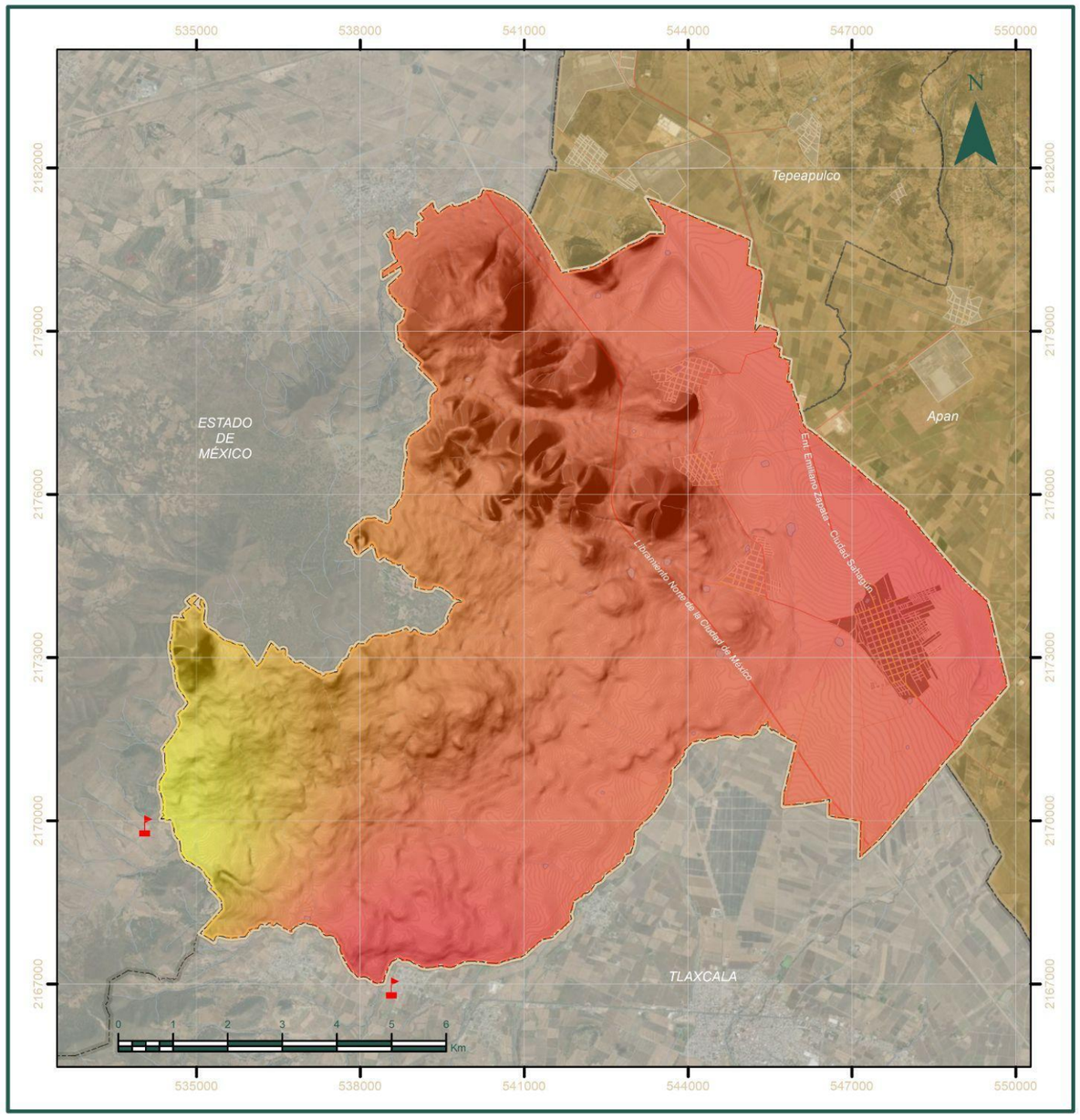
Fuente: Soluciones SIG con método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo.

Con estos datos de temperatura y con la implementación de un sistema de información geográfica se obtuvo la cartografía que representa la espacialidad de las ondas de calor, su extensión, duración (días) y número de eventos de este fenómeno. Los datos que fueron implementados para la realización de la cartografía se muestran en la siguiente tabla:

Tabla HDR-J-3. Resultados

Clave estación	Nombre	Total de ondas cálidas	Días con presencia de ondas cálidas	Máxima duración en días de una onda cálida
13002	Apan (DGE)	25	75	10
13027	San Jerónimo	17	38	3
13129	San Agustín Zapotlán	4	9	3
15055	Maquixco	84	300	13
15135	Xochihuacan	19	62	9
29025	San Marcos Huaquilpan	6	15	4

Fuente: Soluciones SIG con método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Temperatura máxima anual

Alto : 23°C

Bajo : 21.4°C

Estaciones meteorológicas

Ubicación



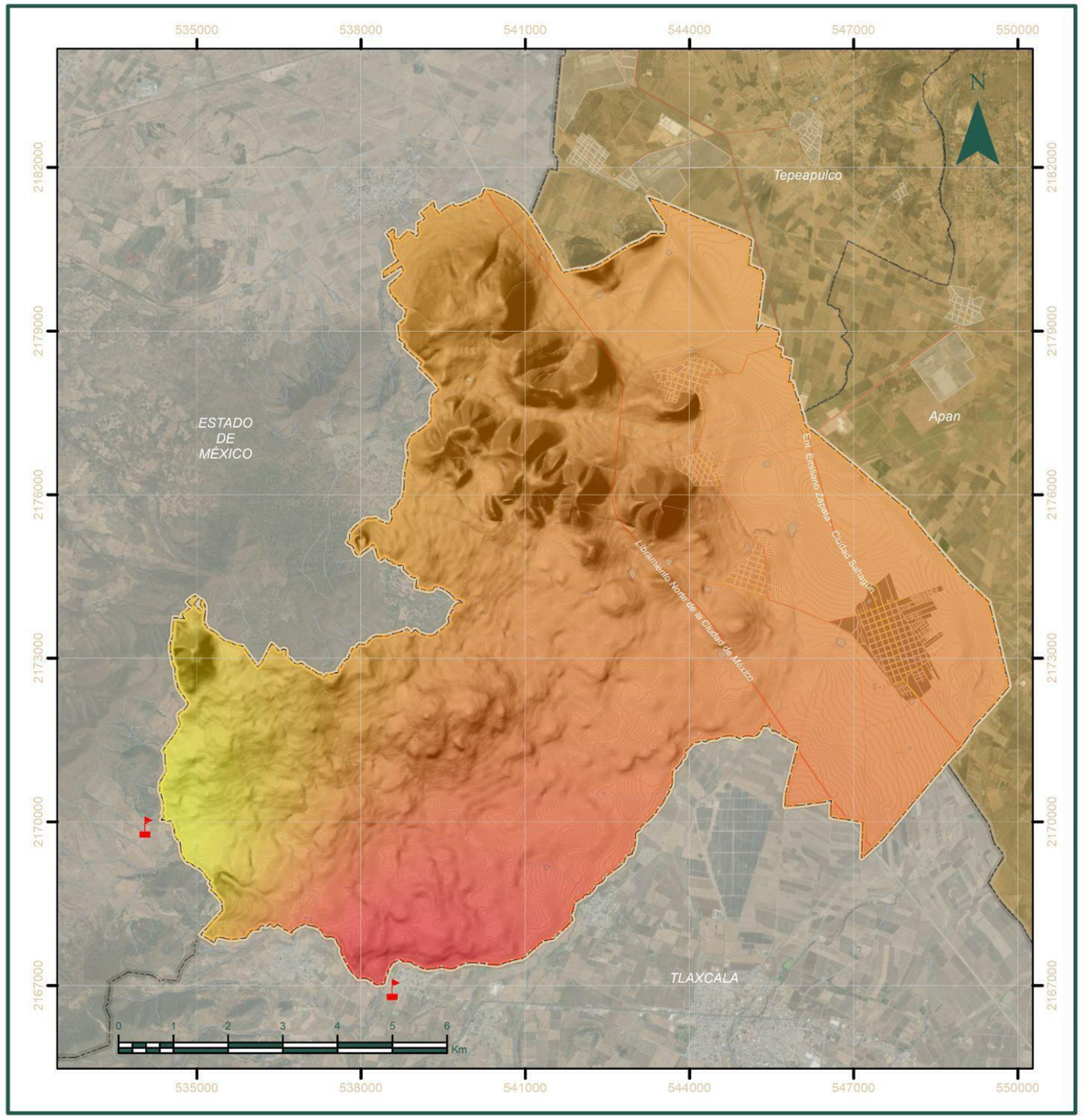
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Temperatura máxima extrema

- Alto : 28°C
- Bajo : 23°C
- Estaciones meteorológicas

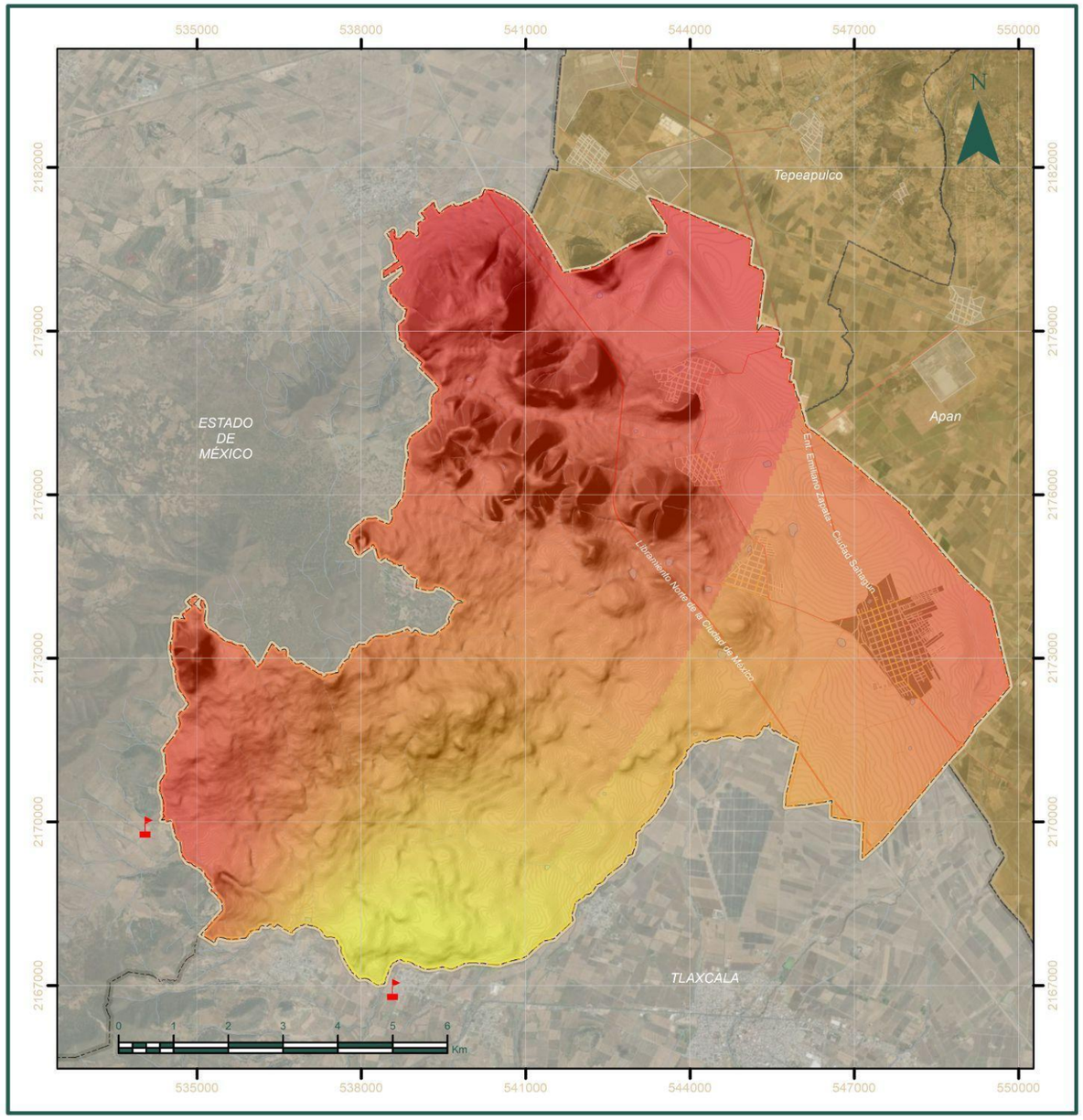
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 02

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Total de ondas cálidas

6 - 10
10 - 13
13 - 15
15 - 18
18 - 21

Estaciones meteorológicas

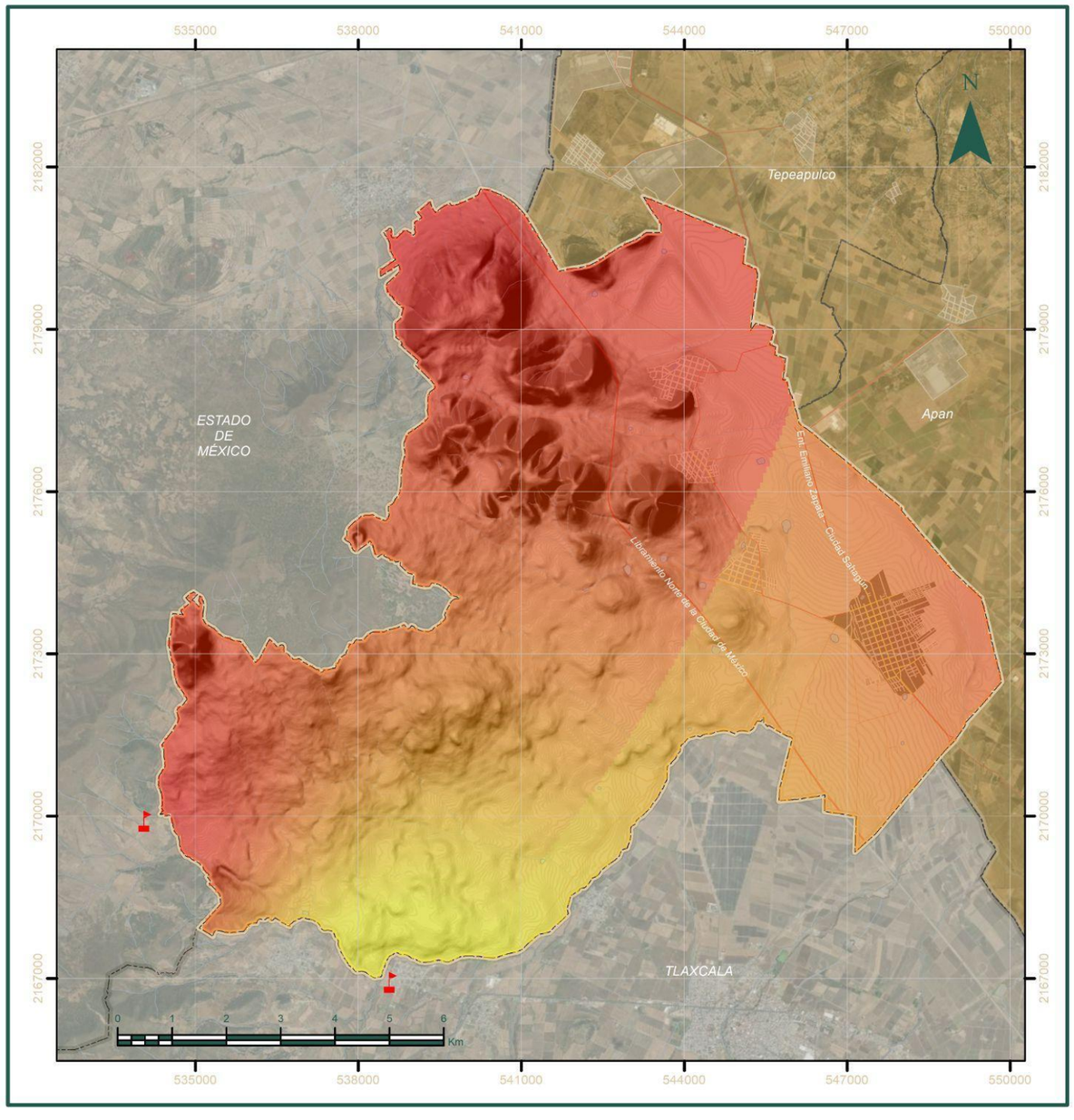
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 03

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Días con presencia de ondas cálidas

- 15 - 28
- 28 - 38
- 38 - 46
- 46 - 54
- 54 - 65

Estaciones meteorológicas

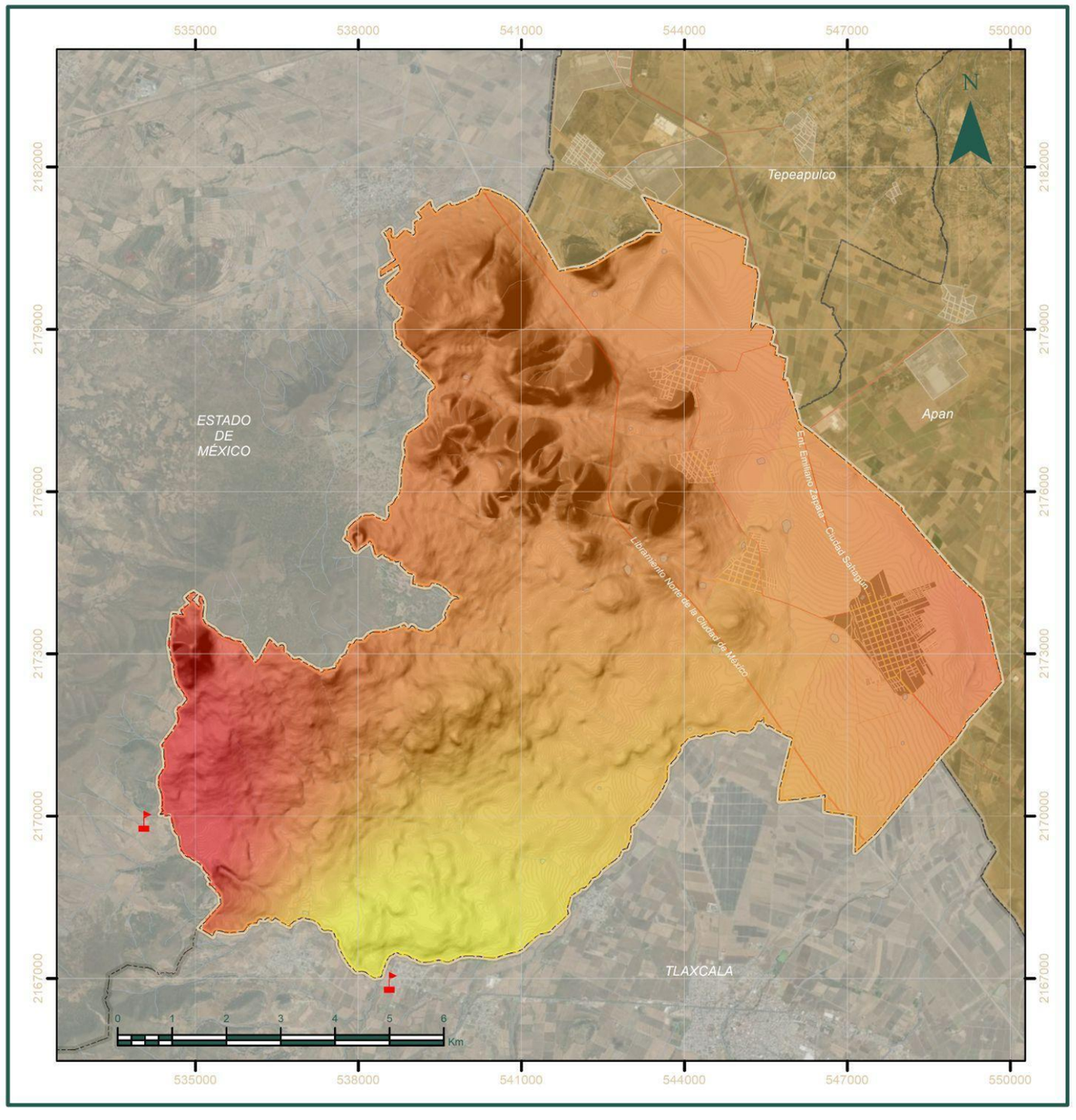
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 04

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Máxima duración en días de una onda de calor

- 4 - 6
- 6 - 7
- 7 - 9

Estaciones meteorológicas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

10.10.3. Peligro

Las ondas cálidas 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 del aumento de casos de insolación (Notimex, 2018).

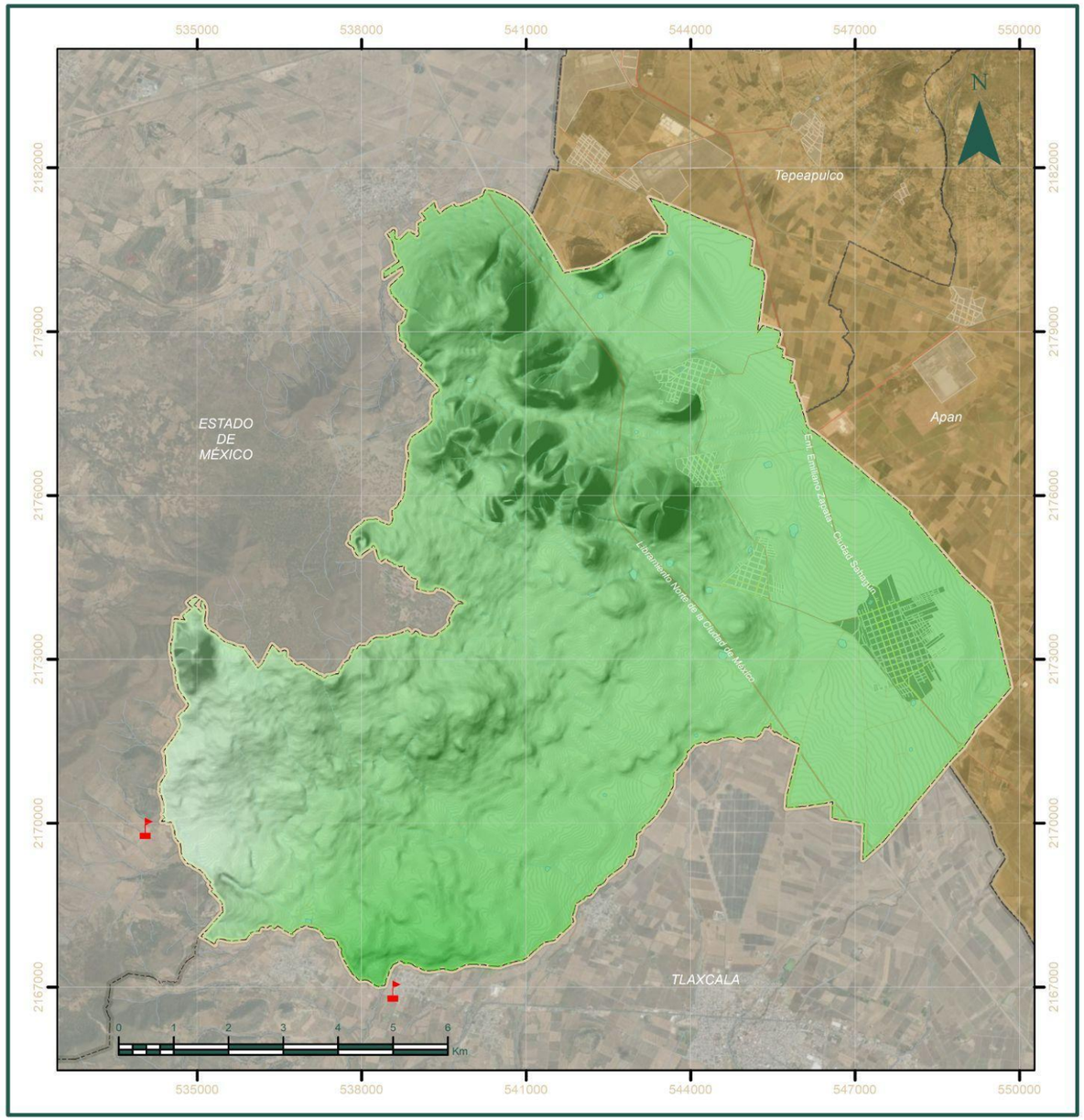
La estimación del peligro por ondas cálidas se llevó a cabo continuando con la metodología marcada por el Anexo 17b para los fenómenos hidrometeorológicos de la Guía de Contenido Mínimo (2016), el cual está en función del percentil 90 de las temperaturas máximas, para cada una de las estaciones meteorológicas que fueron seleccionadas para el sitio de estudio, las cuales, como se mencionó anteriormente, cuentan con los requisitos necesarios para realizar el fenómeno.

Los resultados se pueden apreciar en la tabla *HDR-J-2. P90 para cada estación*, los cuales oscilan entre los 25°C a los 28°C, lo que, con base en la clasificación de ondas cálidas del Cenapred (*Tabla HDR-J-4. Niveles de severidad de temperaturas máximas*), su peligro se encuentra en Bajo, siendo la zona norte y la correspondiente a la zona urbana en donde se registran las temperaturas más altas, por lo que se exhorta a la población a tomar medidas que ayuden a sobrellevar las temporadas de altas temperaturas y seguir las indicaciones de autoridades competentes.

Tabla HDR-J-4. Niveles de severidad de temperaturas máximas

Temperatura	Peligro
26 a 29.9°C	Bajo
30 a 33.9°C	Medio
34 a 39.9°C	Alto
>40°C	Muy Alto

Fuente: CENAPRED, 2021.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Cálidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - J - 05

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Peligro por onda de calor (P90)

Bajo

28°C

25°C

Estaciones meteorológicas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

10.11. Ondas gélidas

10.11.1. Introducción

Las ondas gélidas o de frío son fenómenos meteorológicos producidos por el avance de masas de aire polar sobre el territorio nacional, que crean tormentas de nieve en el norte del país. La permanencia de estas masas provoca el descenso significativo de la temperatura; este evento puede durar varios días, incluso semanas. Sus impactos suelen ser considerables en la salud pública, agricultura, la infraestructura y el medio ambiente (CENAPRED, 2023).

Imagen HDR-K-1. Infografía sobre las ondas gélidas y temporada invernal



Fuente: CENAPRED, 2020.

10.11.2. Metodología y Memoria de Cálculo

La metodología usada para generar datos acerca de las Ondas Gélidas y para la elaboración de cartografía se estableció con base a la propuesta por Herrera-Alanís (2012), que se encuentra dentro del Anexo 17b. Aunque originalmente se diseñó para Ondas de Calor, se ha podido adaptar para escenarios con temperaturas bajas, tal como se establece en el Anexo 15 y 16 de los anexos relacionados con los Fenómenos Hidrometeorológicos de la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos por CENAPRED.

Las estaciones que fueron implementadas para la realización de este fenómeno , que cuentan con el 80% de datos efectivos, son las siguientes:

Tabla HDR-K-1. Estaciones para el análisis de las ondas gélidas

Clave estación	Nombre	Latitud	Longitud	Altitud	Temp mínima promedio (°C)	Temp mínima extrema (°C)
13002	Apan (DGE)	19.7070	-98.4490	2496	5.3	1.1
13027	San Jerónimo	19.8150	-98.4840	2535	4.3	1.7
13129	San Agustín Zapotlán	19.8730	-98.7180	2370	4.6	2.3
15055	Maquixco	19.7842	-98.8322	2530	7.5	3.2
15135	Xochihuacan	19.6240	-98.6750	1355	6	2.3
29025	San Marcos Huaquilpan	19.5970	-98.6320	2601	5.1	3.3

Fuente: SMN.

El método para seguir fue el mismo utilizado para las Ondas Cálidas. Sin embargo, para este caso, se consideró usar los umbrales relativos por la AEMET (2023), que considera determinar para cada estación meteorológica de la región, el percentil 5 (P5) de las temperaturas mínimas registradas diarias. Este cálculo se aplicó también para temperaturas máximas, cuando ambas temperaturas eran menores o iguales a sus P5 en por lo menos dos días consecutivos se consideraba una onda gélida.

Los datos obtenidos de las estaciones meteorológicas del municipio fueron los siguientes:

Tabla HDR-K-2. Resultados de P5 para las estaciones

Clave estación	Nombre	P5 Temp máxima (°C)	P5 Temp mínima (°C)
13002	Apan (DGE)	18	-2
13027	San Jerónimo	16	-4.5
13129	San Agustín Zapotlán	19	-3
15055	Maquixco	18	2
15135	Xochihuacan	16.5	0.5
29025	San Marcos Huaquilpan	17	0

Fuente: Soluciones SIG con método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo.

Para la generación de cartografía, de igual forma que en el apartado de Ondas Cálidas, 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-K-3. Resultados

Clave estación	Nombre	Total de ondas gélidas	Días con presencia de ondas gélidas	Máxima duración en días de ondas gélidas
13002	Apan (DGE)	14	32	4
13027	San Jerónimo	3	9	4
13129	San Agustín Zapotlán	4	8	2
15055	Maquixco	27	70	5
15135	Xochihuacan	6	13	3
29025	San Marcos Huaquilpan	13	30	3

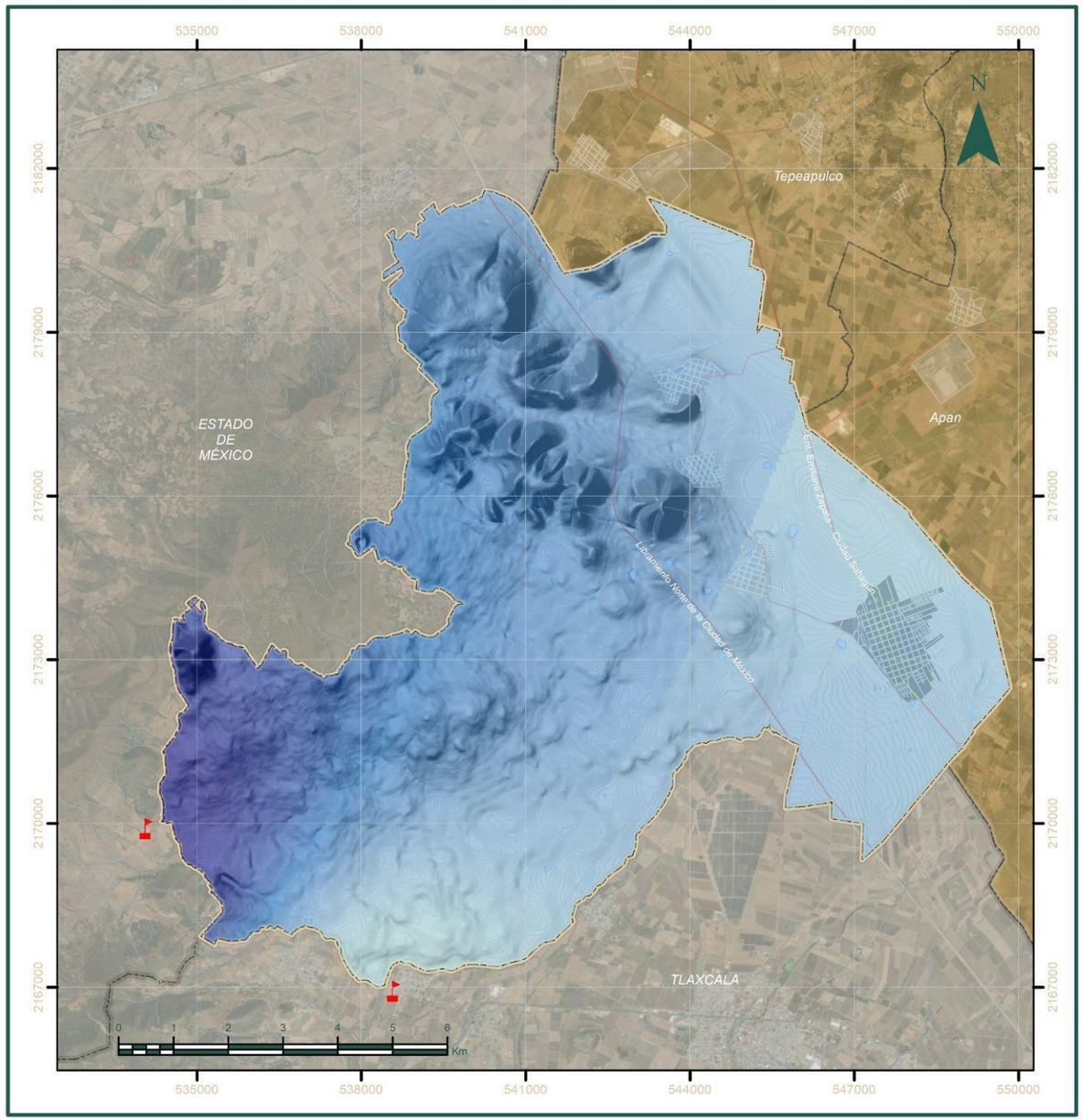
Fuente: Soluciones SIG con método geoestadístico alineado a la Guía de Contenido Mínimo.

10.11.3. Peligro

Para la estimación del peligro, se elaboró con base en el mismo lineamiento de la metodología establecida por el Anexo 17b, como se manejó para el fenómeno de ondas cálidas se consideraron los resultados obtenidos del P5 para el territorio municipal de cada una de las estaciones analizadas.

Con base en los resultados obtenidos del P5 para el territorio municipal, los valores oscilan entre los 0°C a los -4.5°C, lo que, con base en la clasificación de temperaturas mínimas del Cenapred, su peligro se encuentra en Bajo, siendo las zonas centro norte del municipio las que presentan dicha temperatura tan baja, sin embargo no se deben de exceptuar las zonas más altas del municipio ya que implica un riesgo para la población que habita en estas zonas durante la temporada de frío, que comienza a partir del mes de septiembre a marzo.

Se deben de considerar dichos periodos invernales para las zonas agrícolas, ya que pueden dar paso a la presencia del fenómeno de heladas meteorológicas que suceden a partir de los 0°C a nivel del suelo, sin embargo, dentro de las heladas agroclimáticas, este valor no siempre es el estándar, dependerá del tipo de cultivo que se encuentra sembrado, ya que algunos cultivos dependiendo de la fase fenológica en la que se encuentren son propensos a morir si la temperatura se encuentra a los 5°C (por ejemplo).



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Temperatura mínima anual

Alto : 6°C

Bajo : 5°C

Estaciones meteorológicas

Ubicación



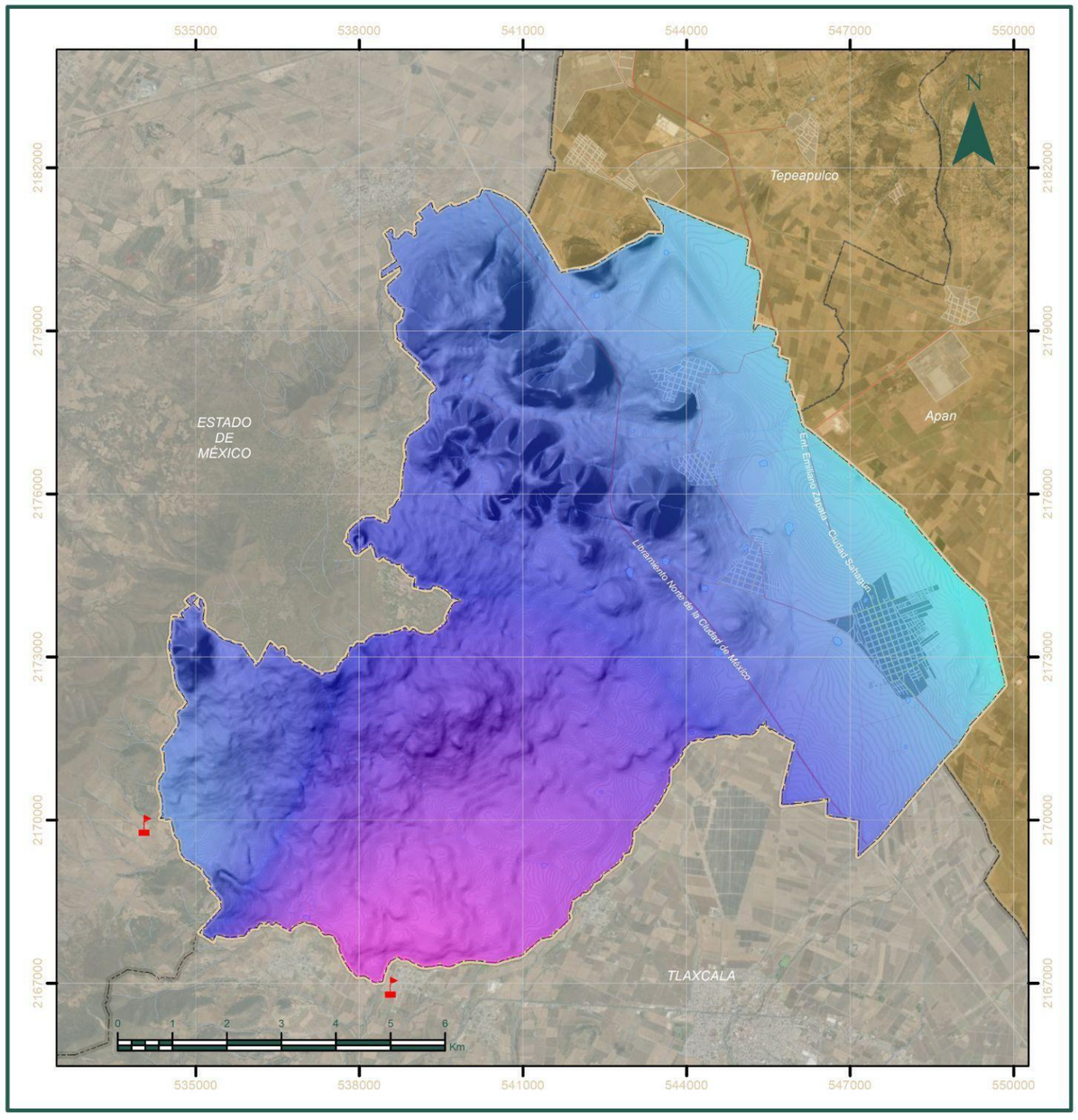
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Temperatura mínima extrema

3.2°C

1.9°C

Estaciones meteorológicas

Ubicación



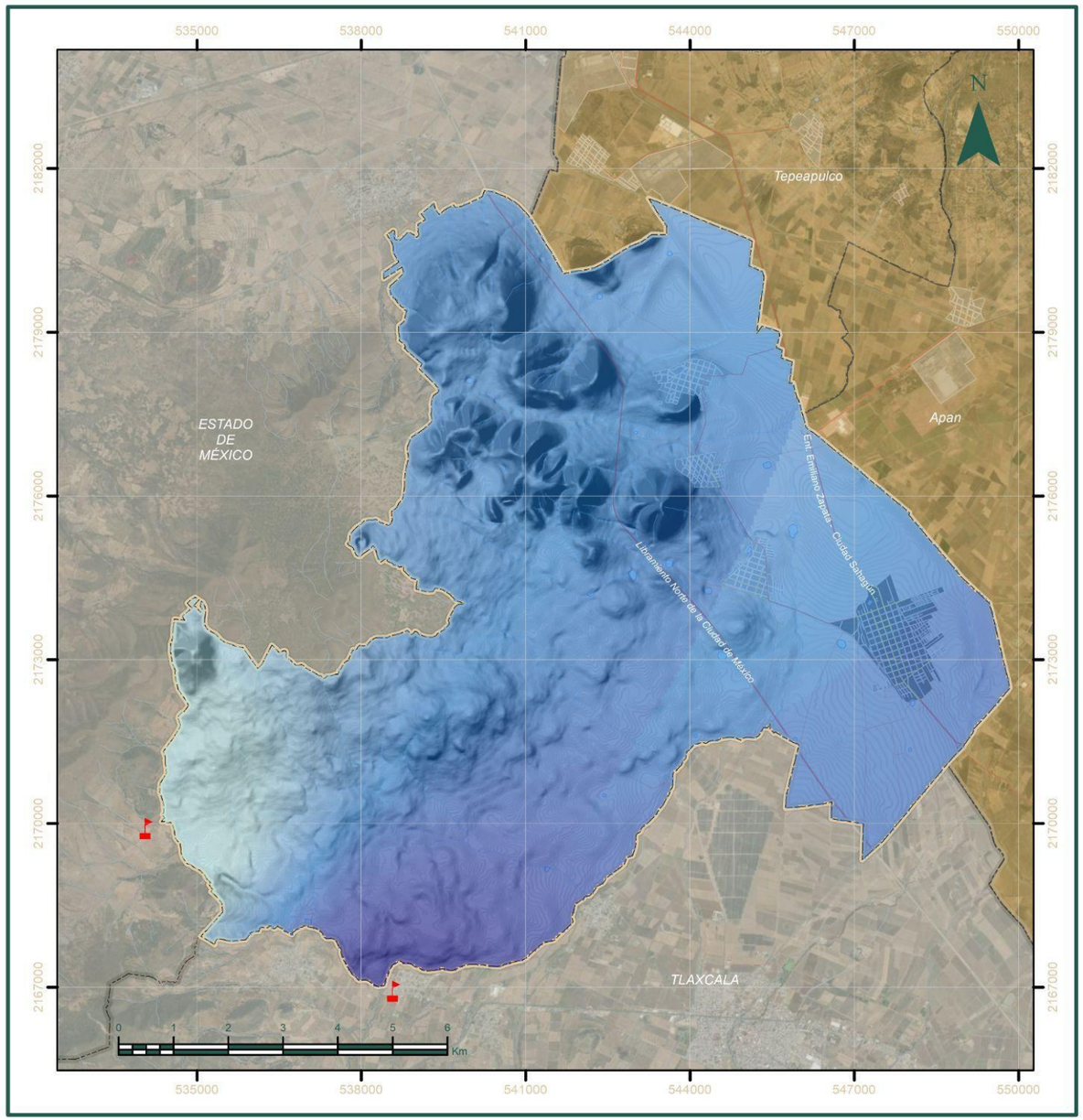
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 02

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Total de ondas gélidas

6 - 8
8 - 10
10 - 12

Estaciones meteorológicas

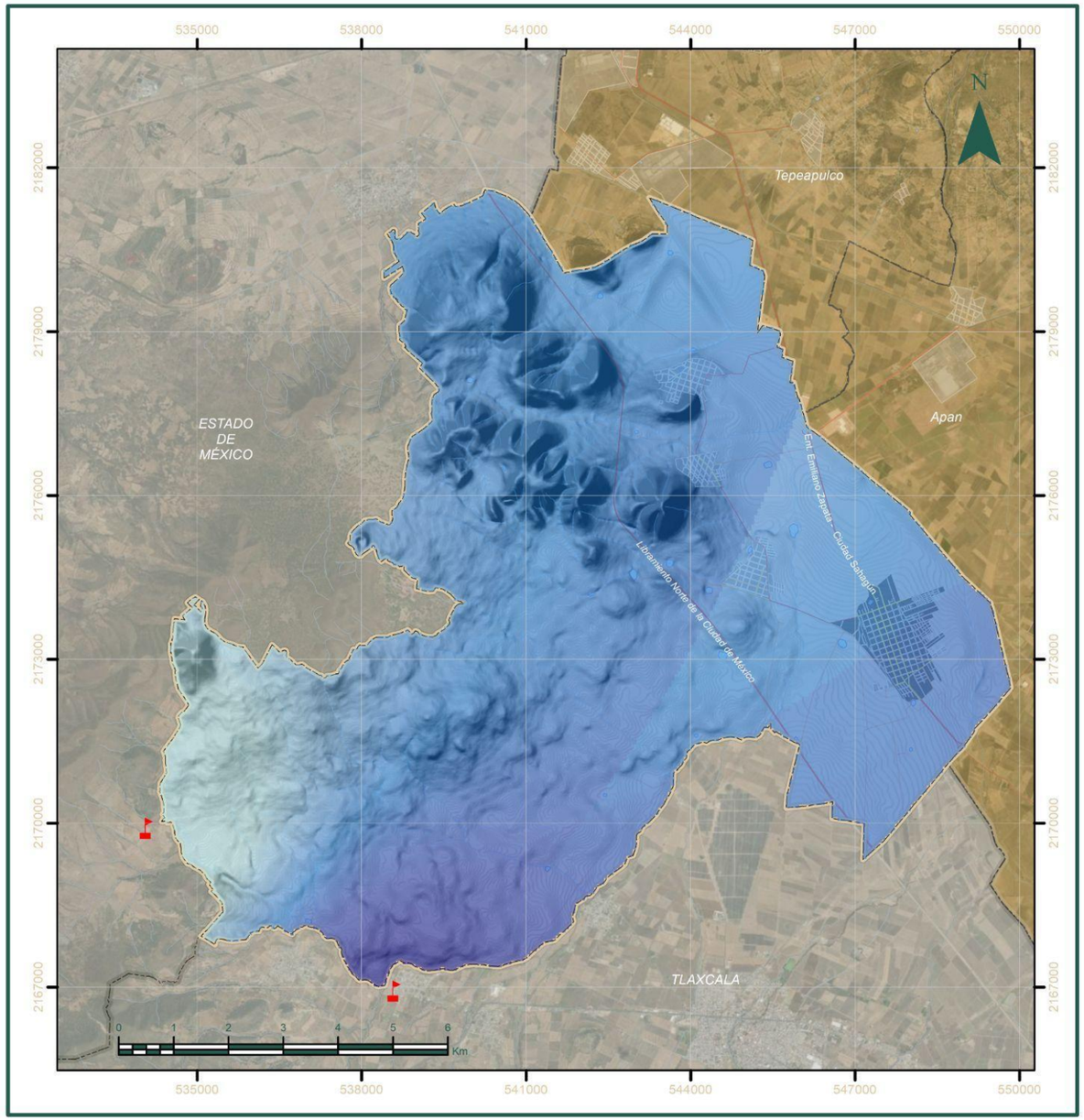
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 03

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Días con presencia de ondas gélidas

13 - 17
17 - 21
21 - 24
24 - 26
26 - 30

Estaciones meteorológicas

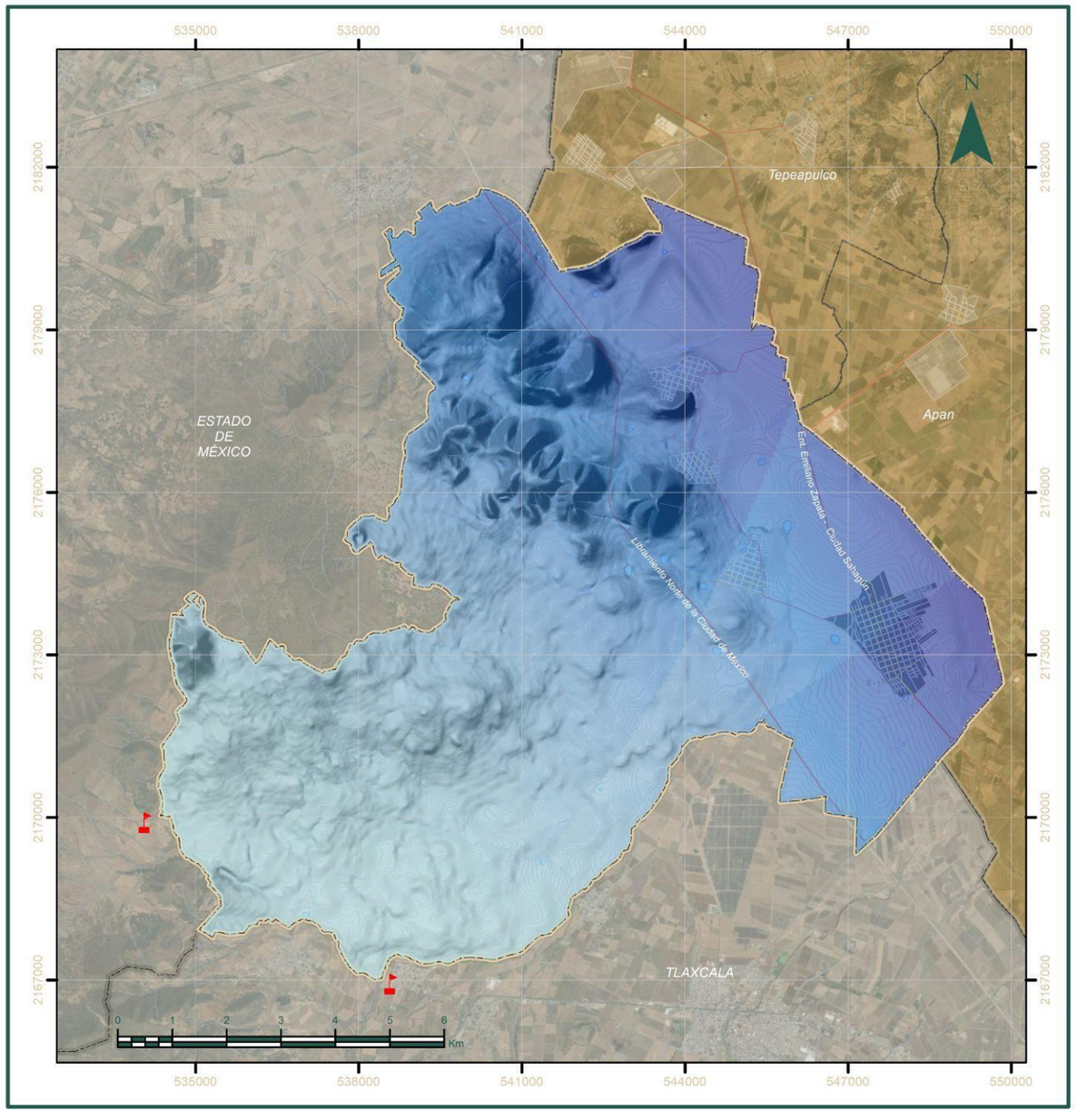
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 04

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Máxima duración en días de una onda gélida

3
4

Estaciones meteorológicas

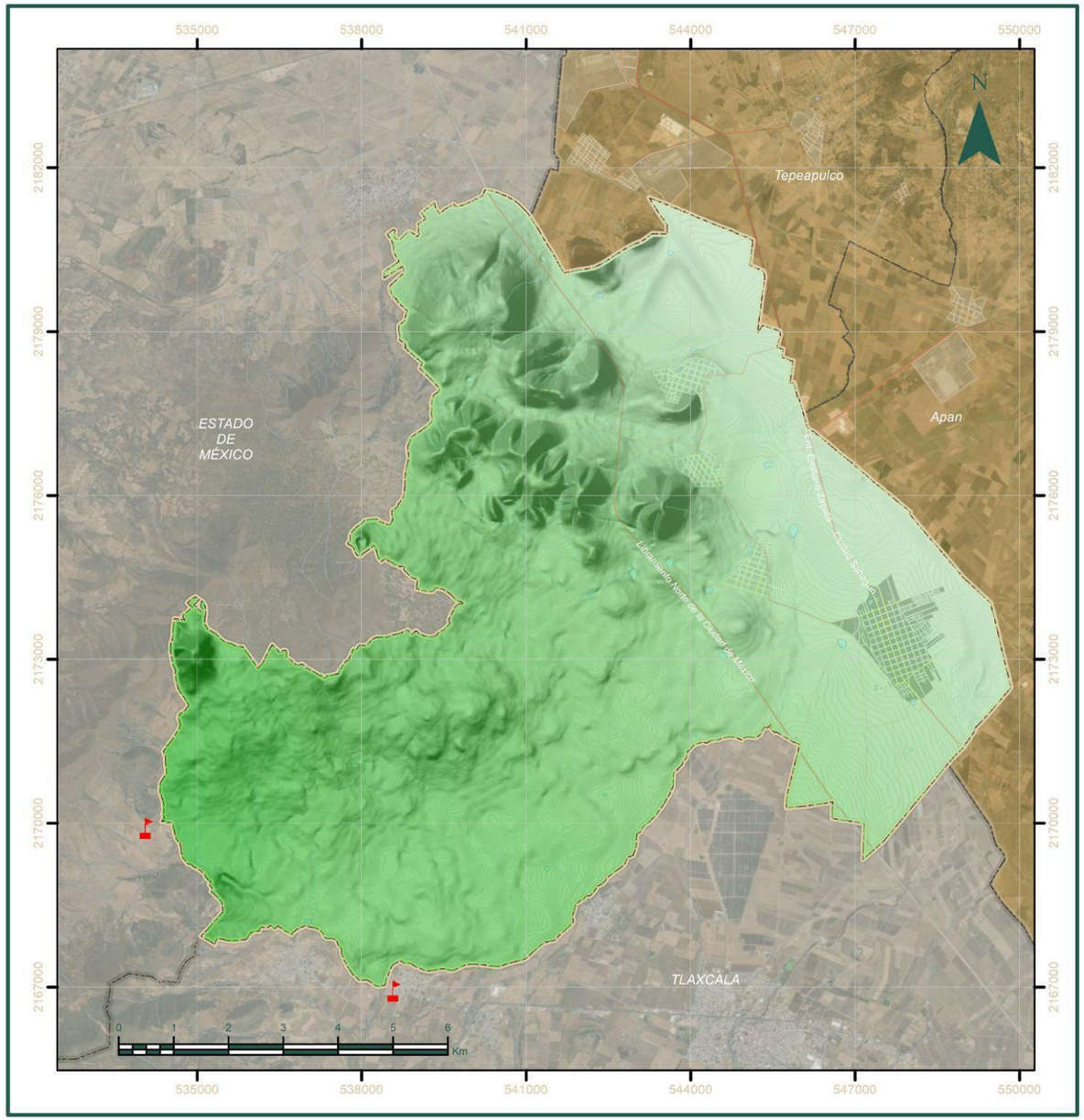
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ondas Gélidas
Periodo 1988 - 2018
HDR - K - 05

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Peligro por onda gélida (P5)
Bajo

0.5°C
-1.6°C

Estaciones meteorológicas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

11. Fenómenos químico tecnológicos

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.

11.1. Almacenamiento de sustancias peligrosas

11.1.1. 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 provoca lesiones, invalidez, intoxicación o enfermedad, a corto o mediano plazo. También provoca contaminación del suelo, aire, agua superficial y subterránea. Además, ocasiona daños en construcciones, ocasionando danos a equipos, instrumentos, instalaciones industriales, casas y comercios. Todo esto ocasiona una perdida 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.

11.1.2. 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 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. Esta distribución de actividades se proyectó en el programa Arcmap 10.7 para entender las concentraciones de cada una de estas actividades dentro del municipio.

Para una segunda etapa se simuló un accidente tipo Pool Fire del autotanque que reparte el combustible en gasolineras, ya que en estos sitios es más común que ocurran estos accidentes, y no una explosión del tanque de almacenamiento en el lugar, debido a que los tanques de almacenamiento se encuentran en el subsuelo, y es inusual que se tengan problemas con éstos.

Para las gaseras identificadas en el municipio se simularon un Fire Ball del taque de almacenamiento de gas LP, debido a la falta de einformación se decidieron tomar datos hipotéticos para generar el escenario de accidente.

Para las modelaciones se utilizó la herramienta SCRI-FUEGO, que es un software que simula escenarios de Flash fire, 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 (Toxic Catastrophe Prevention Act de EPA-New Jersey).

En el apartado de Fichas de Campo se encuentran los datos atmosféricos, los datos de las fuentes, así como algunas características del fuego, estos se introdujeron al programa para obtener las modelaciones.

11.1.3. Fichas de Campo

Pool Fire en Gasolineras

Pool Fire en Gasolinera	
Datos meteorológicos Temperatura: 24 °C Velocidad del viento: 2.5 m/s Humedad relativa: 0%	**Datos de la fuente** Área tanque/dique: 1,431.6 m^2 Altura de base de la flama: 1 m Fracción radiante: 0.40
Características de fuego Tasa de combustión total: 78.738 kg/s Tasa de combustión por área: 0.055 kg/(m^2*s) Altura de flama: 43.37 m	

Fire Ball en Gaseras

Fire Ball en Gaseras	
Datos meteorológicos Temperatura: 24 °C Velocidad del viento: 2.5 m/s Humedad relativa: 0%	**Datos de la fuente** Masa del combustible: 12,500 Kg Fracción radiante: 0.40
Características de fuego Diámetro de la bola de fuego: 134.61 m Altura al centro de la bola de fuego: 100.95 m Duración de la bola de fuego: 10.4 s	

11.1.4. Peligro

En la Tabla QTC-A-1 se desglosan las actividades identificadas a partir del anexo 18 que implican un peligro debido al manejo de sustancias peligrosas en el municipio.

Tabla QTC-A-1. Actividades peligrosas por el manejo de sustancias peligrosas

Código de actividad	Nombre de actividad	Personal ocupado
621511	Laboratorios medicos y de diagn	0 a 5 personas
621511	Laboratorios médicos y de diagnóstico	0 a 5 personas
468413	Comercio al por menor de gas L. P. en estaciones de carburación	0 a 5 personas
331210	Fabricación de tubos y postes de hierro y acero	11 a 30 personas
621511	Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas
621511	Laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado	0 a 5 personas
212321	Mineria de arena y grava para la construcción	6 a 10 personas
311520	Elaboración de helados y paletas	0 a 5 personas
311520	Elaboración de helados y paletas	0 a 5 personas
468411	Comercio al por menor de gasolina y diésel	6 a 10 personas
325130	Fabricación de pigmentos y colorantes sintéticos	11 a 30 personas

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

De acuerdo con las actividades económicas del DENUE, 2020, el municipio de Acaxochitlán presenta 11 sitios catalogados con el manejo de sustancias peligrosas, una pertenece a la Minería, cuatro a las Industrias Manufactureras, dos al Comercio al por menor, y tres a los Servicios de salud y de asistencia social, la mayoría se encuentran en la zona urbana de Emiliano Zapata.

Para la modelación en gasolineras se obtuvieron tres rangos de afectación, el primero es desde el origen del accidente hasta los 90.82 m con una radiación de 12.5 Kw/m2, el segundo radio de afectación se encuentra entre los 91 m a los 114.79 m con una radiación de 8 Kw/m2, y finalmente en el tercer radio de afectación se encuentra desde 115 m a los 163.91 m con una radiación de 4 Kw/m2

Las radiaciones implican diferentes daños, estos se explican a continuación:

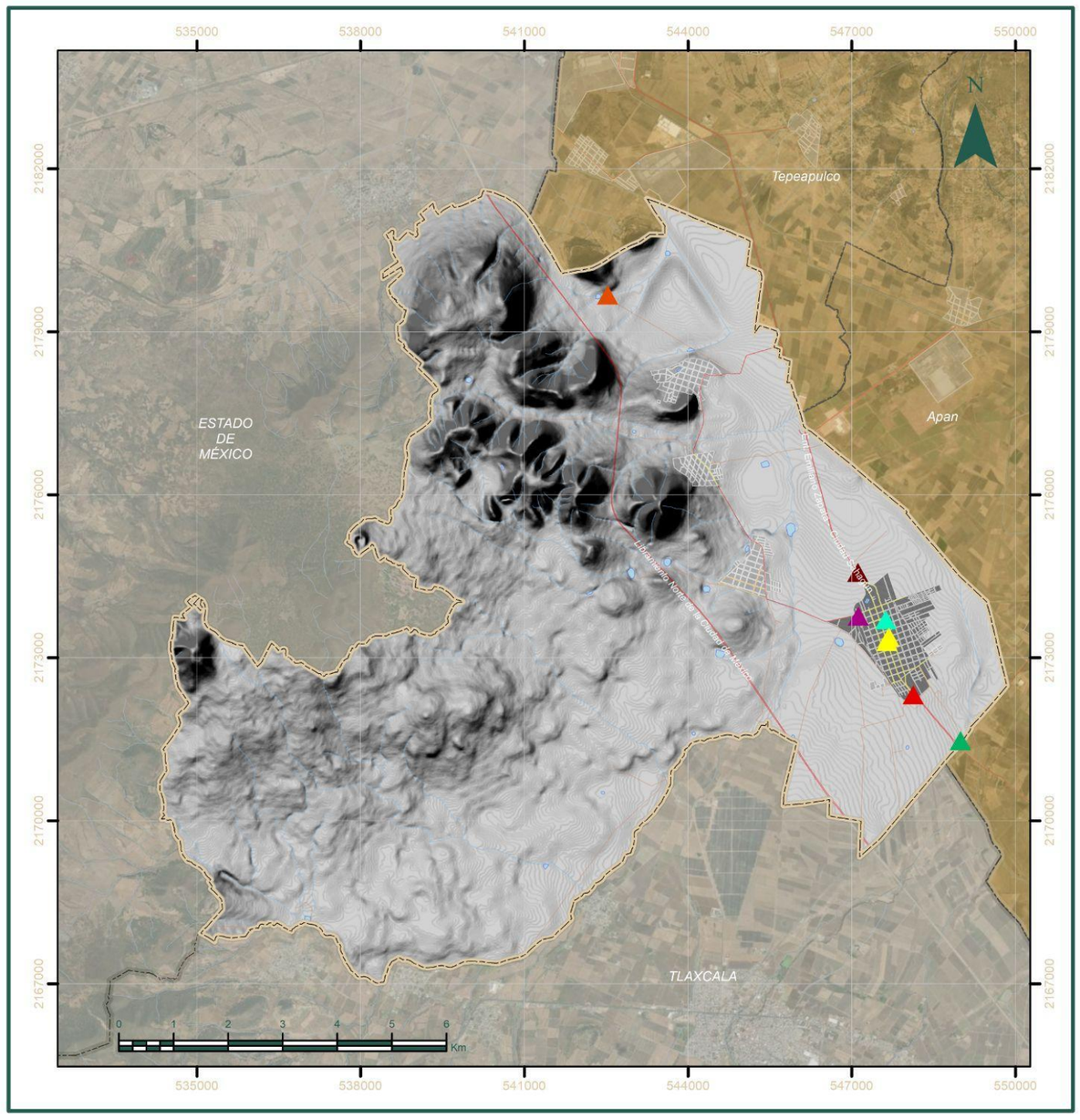
12.5 kW/m2, es una ZONA DE INTERVENCIÓN, máximo soportables protegido con trajes especiales, por tiempo limitado (ejemplo bomberos). Es más que conveniente, de todos modos, refrigerar a la persona expuesta a esta dosis. Sin trajes especiales, 1% de mortalidad en 1 minuto, quemaduras de 1er grado en 10 seg.

8.00 kW/m2, es un umbral de letalidad (1 % de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min.
4.00 kW/m2, implica una ZONA DE ALERTA, suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.

Para la modelación en gaseras se obtuvieron cuatro rangos de afectación, el primero es desde el origen del accidente hasta los 153.34 m con una radiación de 51.48 Kw/m2, el segundo radio de afectación se encuentra entre los 154 m a los 291 m con una radiación de 18.2 Kw/m2, el tercer radio es desde los 292 m a los 387.58 m con una radiación de 10.82 kW/m2, finalmente en el cuarto radio de afectación se encuentra desde 388 m a los 591.67 m con una radiación de 4.82 Kw/m2.

Las radiaciones implican diferentes daños, estos se explican a continuación:

51.48 Kw/m2, máximo tolerable por el acero estructural y el hormigón prensado. Destrucción de equipos y tanques.
18.2 Kw/m2, 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 seg.
10.82 kW/m2, es un umbral de letalidad (1 % de afectación) por incendio, para un tiempo de exposición de 1 min.
4.82 Kw/m2, zona de alerta, suficiente para causar dolor si la exposición es suficiente para causar dolor si la exposición es mayor de 20 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Actividades Peligrosas
QTC - A - 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Actividad

- Comercio al por menor de gas L.P. en estacionarios de carburación
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Fabricación de pigmentos y colorantes sintéticos
- Fabricación de tubos y postes de hierro y acero
- Minería de arena y grava para la construcción
- Comercio al por menor de gasolina y diesel
- Elaboración de helados y paletas

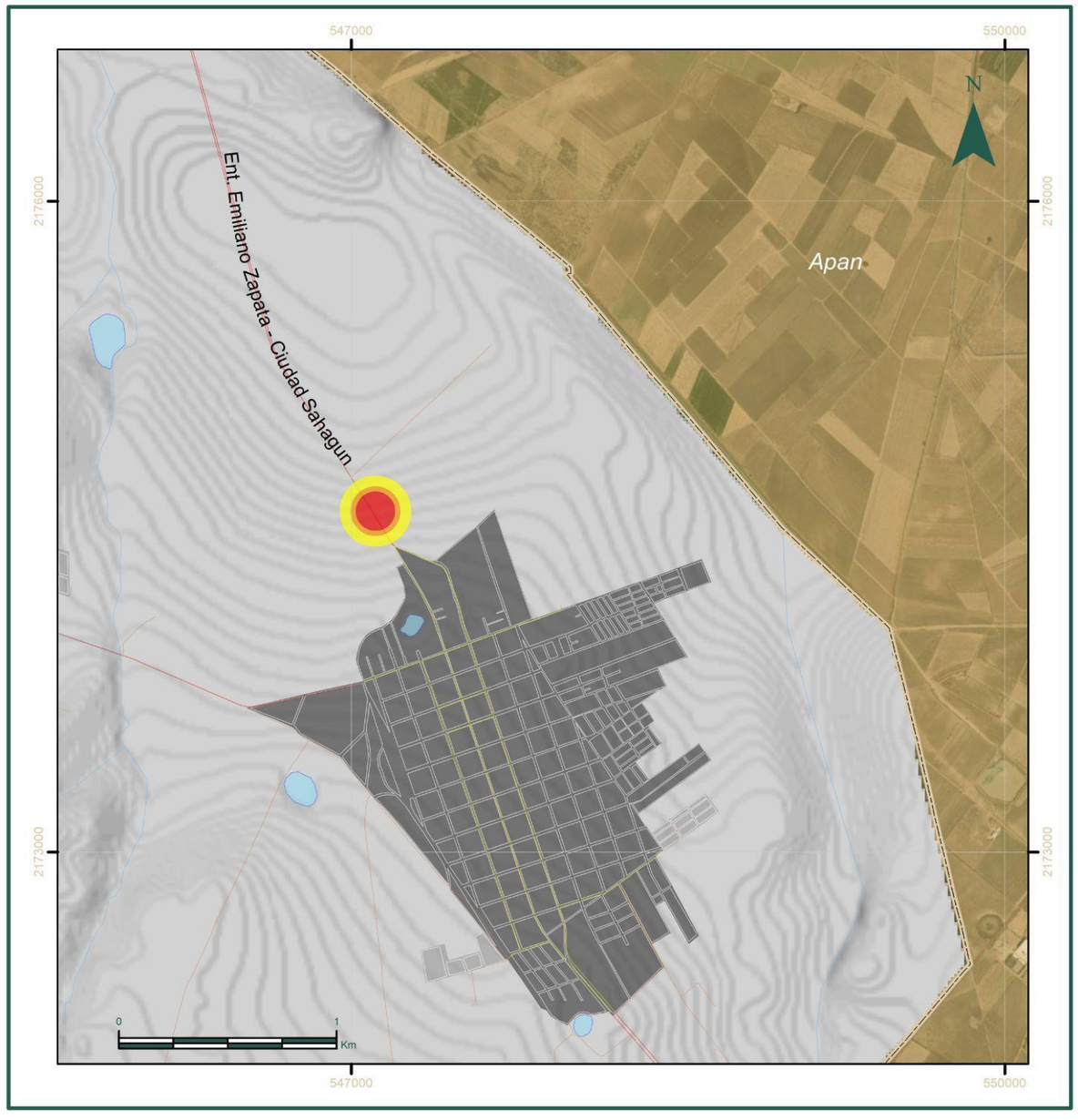
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Pool Fire Gasolineras
QTC - A - 02

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Distancia de radiación

- 12.5 Kw/m2 a 90.82 m
- 8 Kw/m2 a 114.79 m
- 4 Kw/m2 a 163.91 m

Ubicación



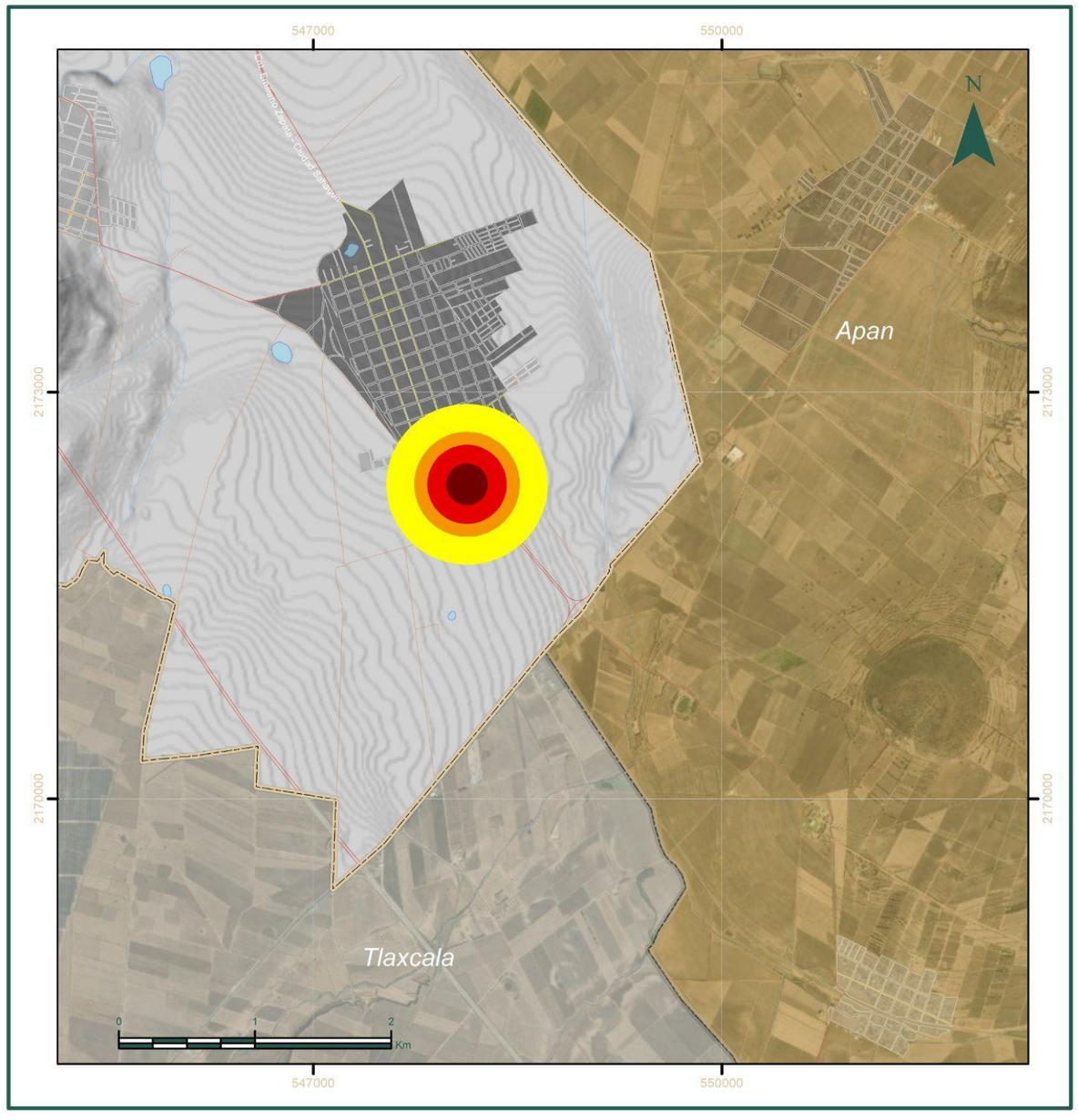
Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:25,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Fire Ball Gaseras
QTC - A - 03

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Distancia de radiación

- 51.48 kW/m2 a 153.34 m
- 18.2 kW/m2 a 291 m
- 10.82 kW/m2 a 387.58 m
- 4.82 kW/m2 a 591.67 m

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:40,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

11.2. Transporte de sustancias peligrosas

11.2.1. 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 estás 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.

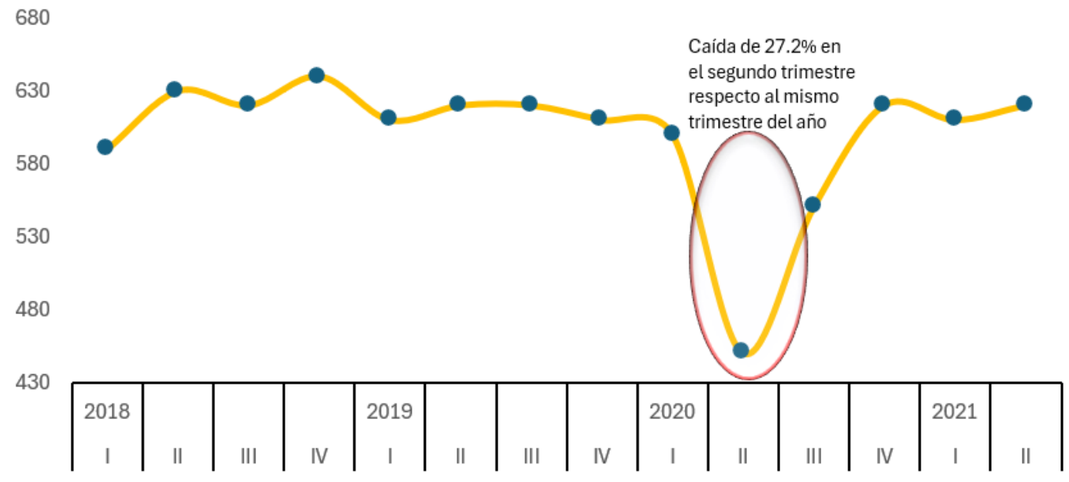
El transporte de materiales y residuos peligrosos es una actividad productiva que involucra una amplia gama de productos y de vehículos para su traslado.

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 la concentración 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.

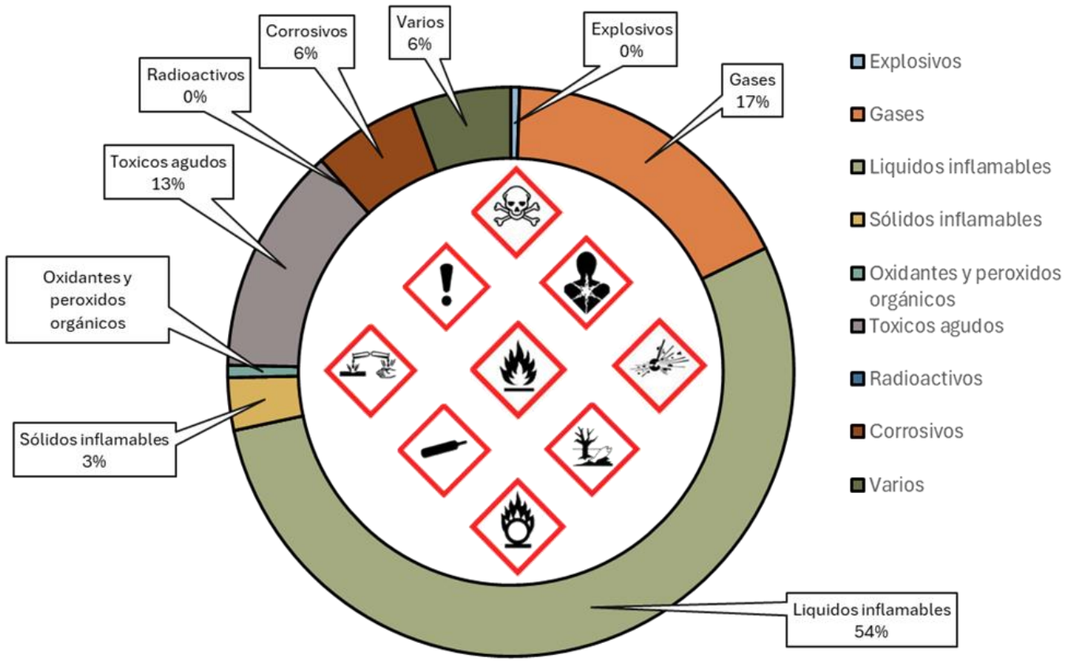
La clase 9 y última es a la que pertenecen las substancias llamadas “varios”, en esta clasificación entran aquellas substancias que durante el transporte presentan un riesgo diferente a las demás clases, pero siguen requiriendo un manejo especial para su transporte, esto derivado de que presentan un 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 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....).

11.2.2. 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 sustancias y materiales peligrosos empieza desde la identificación de la sustancia o material sobre el auto tanque o carrotanque, 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).

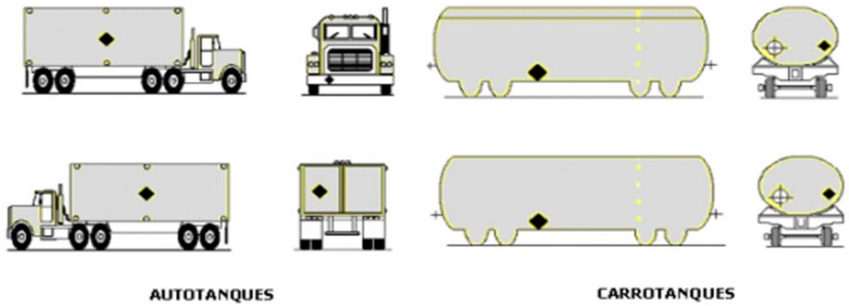
Imagen QTC - B - 01. GUÍA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA



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.

Imagen QTC - B - 03. Rombo para la identificación de transporte de substancias peligrosas



Fuente : Anexo 20 DOF Guía de contenido mínimo para la elaboración de Atlas Nacional de Riesgos.

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 ó 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 ó 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).

11.2.3. Fichas de Campo

Durante la visita a campo se determinó una muestra del número de unidades que transportan sustancias 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 3 de abril de 2024, para lo cual se transitaron las siguientes carreteras, calles, comunidades y caminos:

- Av. Emiliano Zapata
- Carretera Corregidora
- Av. 2 de abril
- Av. Felipe Angeles
- Cabecera municipal
- Av. Santos Lugares
- Av. San Luis
- Av. Teodoro Roldán
- Comunidad Santa Clara
- San José Morelos
- Carretera Arco Norte

Se consideró que las única sustancia que se transporta en grandes cantidades es el gas Lp en pipas de 12,000 lts para distribución de uso domiciliario a casa habitación

*Tabla QTC - B - 05. Muestra obtenida en campo, conteo de vehículos que transportaban sustancias peligrosas*S/C = Sin Código o Rombo para la identificación*

NIP o Código	Nombre del Material	Cantidad	No. de Guía a la cual pertenece
1075	Gas Lp o Gas licuado	4	115

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 debe de considerarse que solo es representativo y es posible que otras sustancias hayan sido transportadas durante ese periodo de tiempo en otros sitios.

Imagen QTC - B - 4. Señalamiento del gas Lp de acuerdo con la guía de respuesta en caso de emergencia



Fuente: Elaboración propia de acuerdo con la guía de respuesta en caso de emergencia

11.2.4. 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 seg.
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 seg.
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 seg. Quemadura de 1er grado. Improbable formación de ampollas.

Elaboración Propia de Soluciones SIG a partir del software SCRI Fuego.

Como ya se mencionó anteriormente la única sustancia que se identificó en el municipio en grandes cantidades fueron el gas Lp para la cual se propone hacer modelos de dispersión de gas Lp (nube inflamable tipo FLASH FIRE)

Las condiciones meteorológicas que se tomaron en cuenta son las condiciones promedio durante todo el año para el municipio.

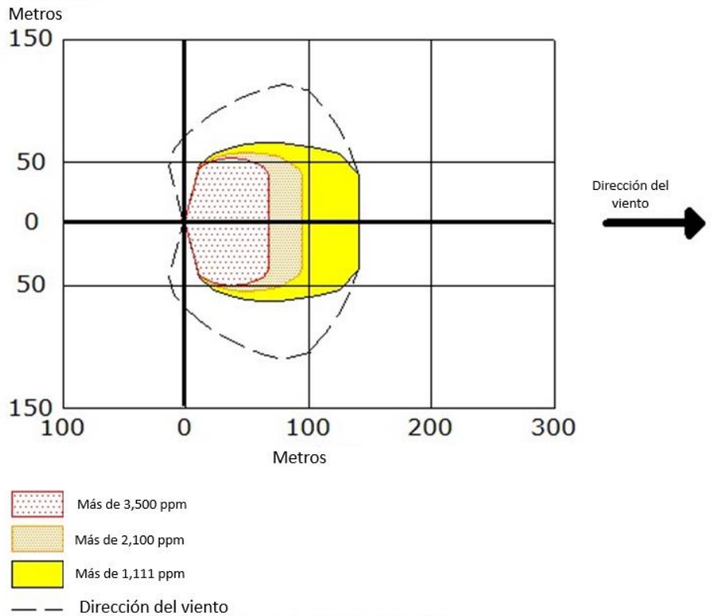
Como propuesta de nuestro escenario, se supondrá una fuga de gas Lp de una pipa de 12,000 lts en la zona centro del municipio ya que es donde se identificó la circulación de estos vehículos .

Tabla QTC - B - 07. Propuesta del escenario

No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Mapa al cual pertenece	Características del transporte
01	Flash fire Gas Lp	Cabecera municipal del municipio Emiliano Zapata	19° 39' 28.18" N 98° 32' 47.33" W	QTB-B-01	Pipa de gas Lp 12,000 lts a 120 psi de presión y al 80% de su capacidad

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

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 ALOHA.

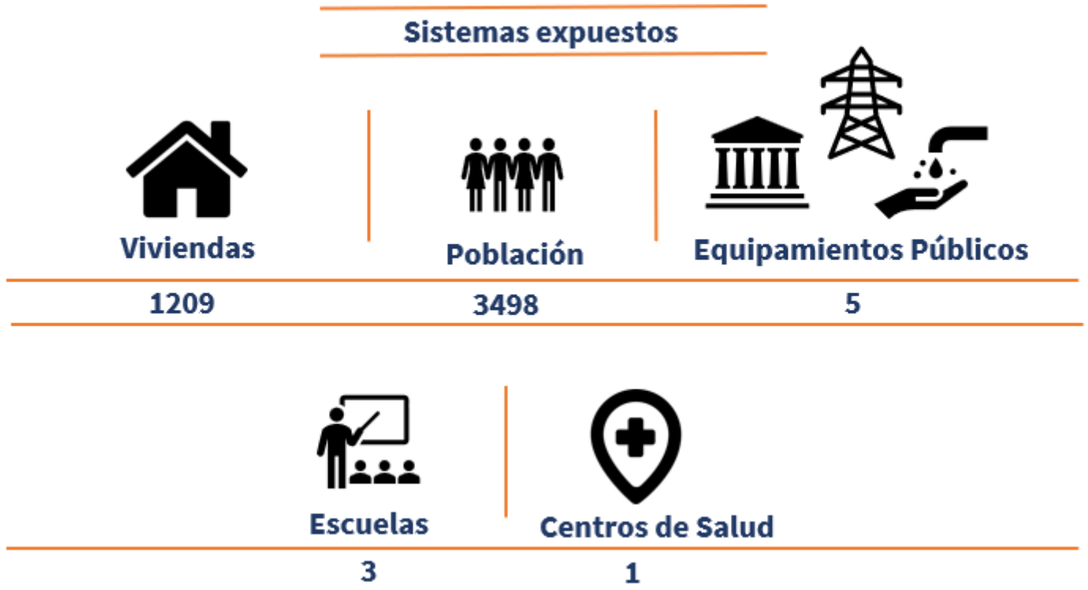
11.2.5. Riesgo

Tabla QTC - B - 07. Propuesta del segundo escenario

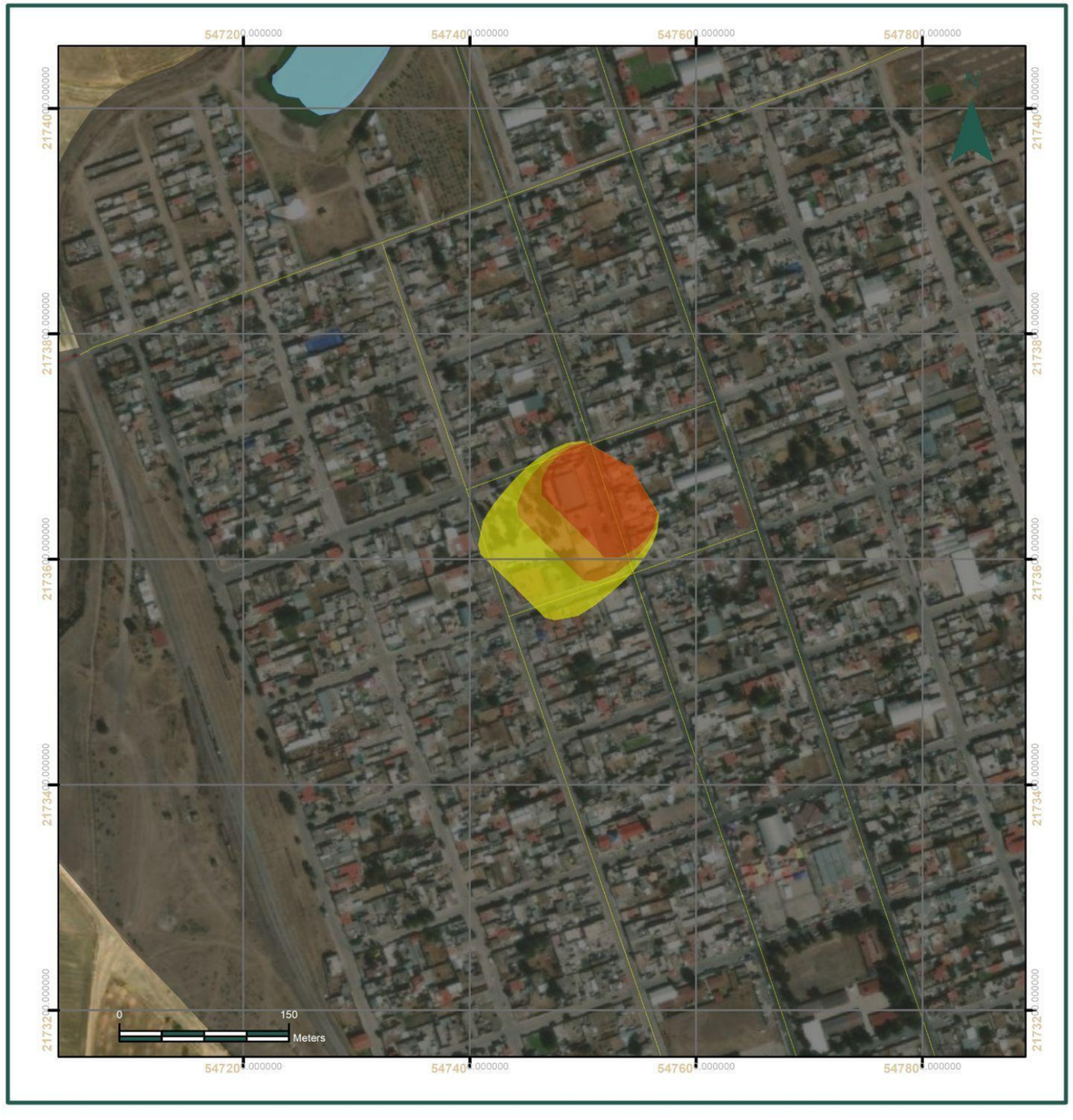
No.	Escenario	Lugar	Coordenadas	Aproximado de Personas afectadas en los alrededores	Nivel de riesgo
01	Flash fire Gas Lp	Cabecera municipal del municipio de Emiliano Zapata	19° 39' 28.18" N 98° 32' 47.33" W	3,498	**Muy Alto**

Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir de la simulación del evento a partir del software ALOHA.

Imagen QTC - B - 07 Síntesis de sistemas expuestos para el escenario no. 1



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG SA de CV.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Nube Explosiva - Fuga Gas Lp
QTC - B - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

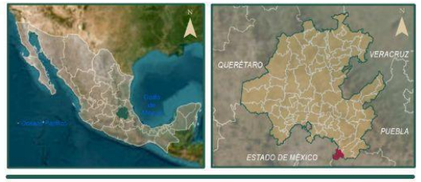
- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Nivel de riesgo

- Concentracion de la nube explosiva 3,500 pmm - Riesgo Alto
- Concentracion de la nube explosiva 2,100 pmm - Riesgo Moderado
- Concentracion de la nube explosiva 1,111 pmm - Riesgo Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

11.3. Transporte por ductos

11.3.1. 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 ductos 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.

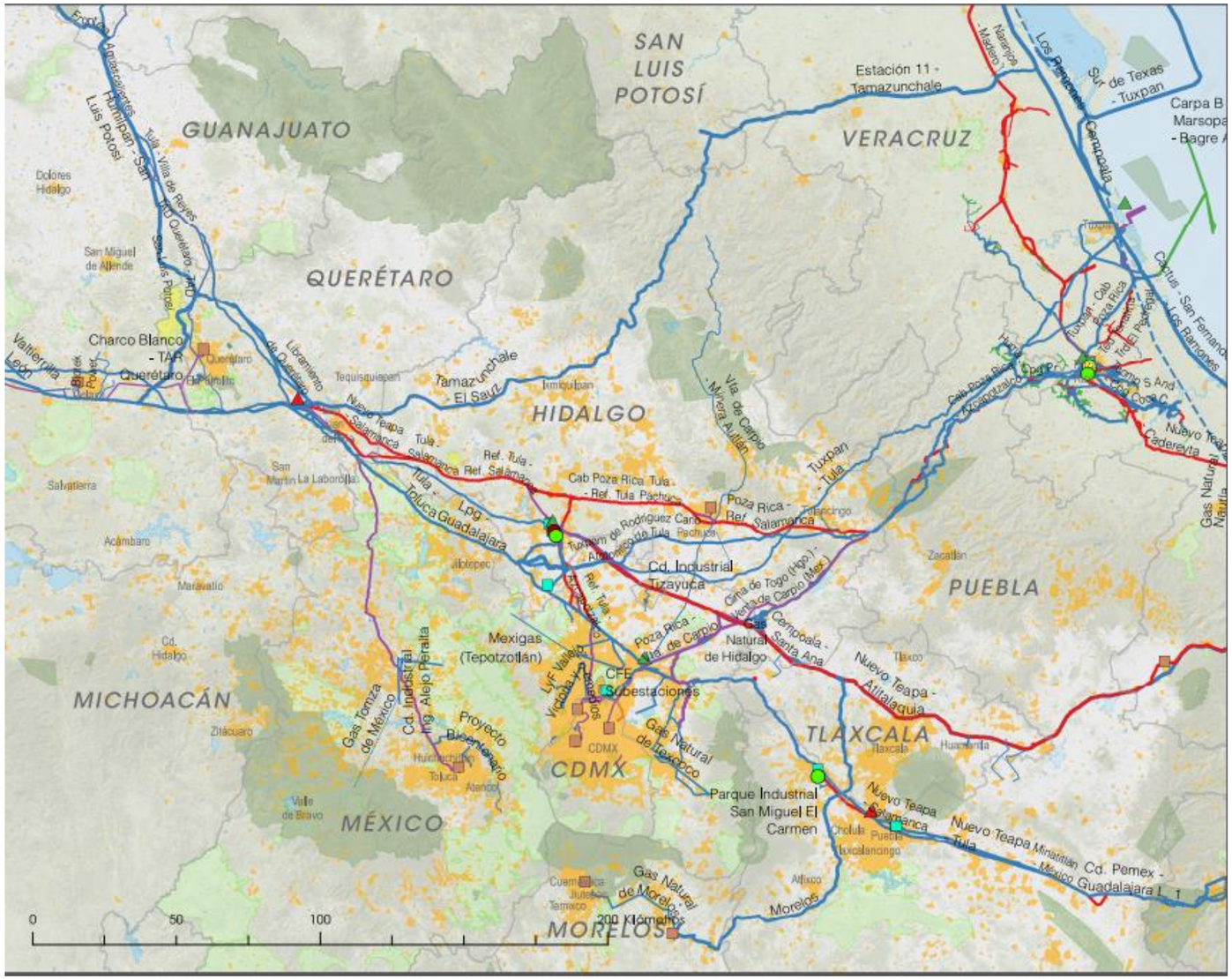
Los ductos pueden ser subterráneos, superficiales o elevados. Bajo tierra, son útiles en áreas ambientales sensibles y son importantes donde la congestión en la superficie hace los derechos de vía difíciles o muy costosos de obtener. Mucho derecho de vía potencial existe debajo de nuestros actuales sistemas de carreteras.

Imagen QTC-C-1. 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.

Imagen QTC-C-2. Mapa de ductos de la zona centro 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.

11.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo

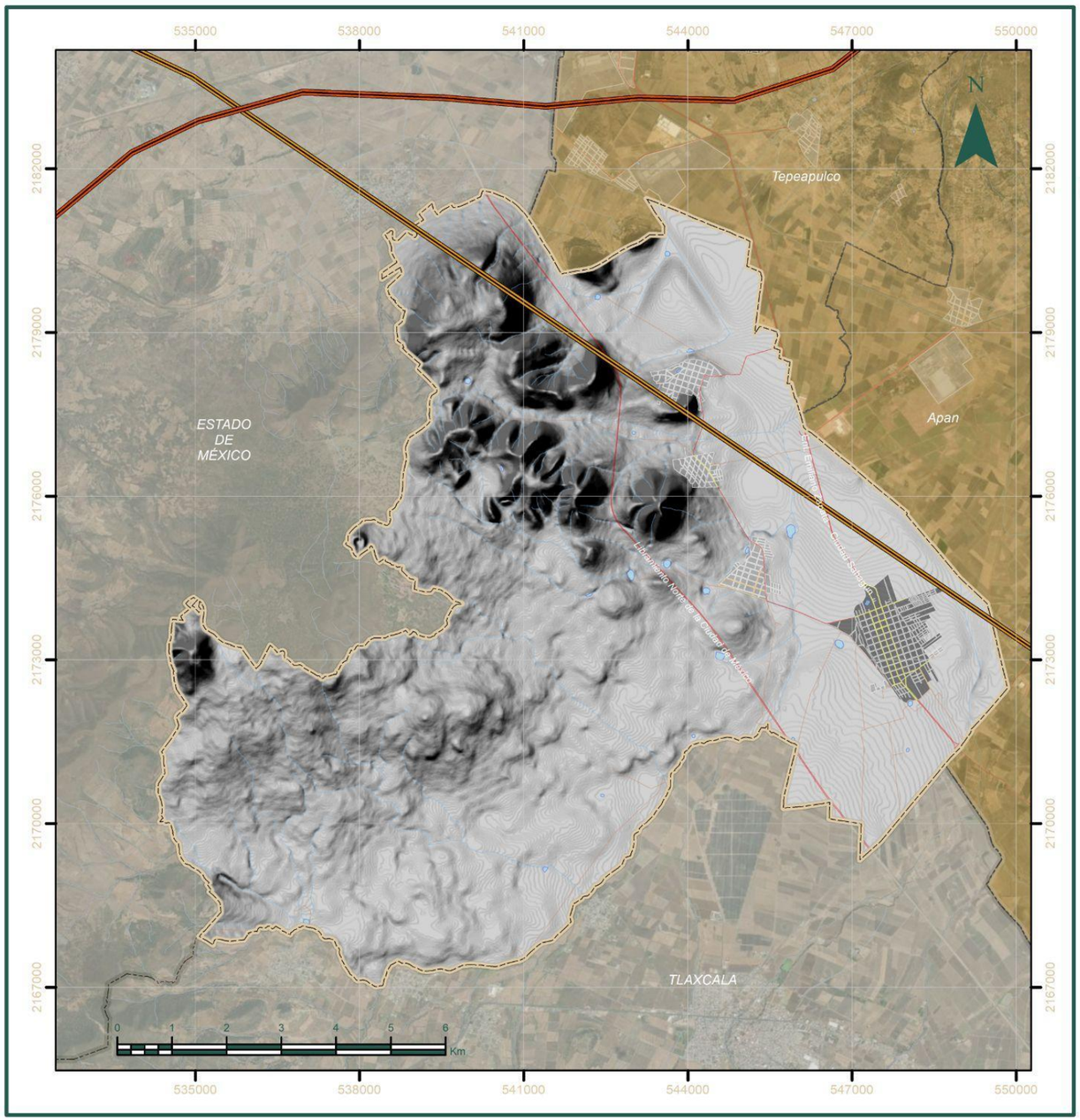
El procedimiento que se explica a continuación fue desarrollado considerando que existen las siguientes limitaciones:

- 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.

Tras un análisis exhaustivo de la información recopilada, se pudo concluir de manera definitiva que el único ducto que atraviesa el municipio es un gasoducto perteneciente a ducto CENEGAS sobre el tramo Tepeji - Cempoala, sin embargo fuera del municipio y muy cercano a él se encuentran el gasoducto también operado por CENEGAS del tramo Ecatepec - Tuxpan y el poliducto Tuxpan - Poza Rica - Azcapotzalco.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ductos Identificados en el Municipio
QTC - C - 01

Simbología

Hidrografía
- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades
- Avenida
- Camino
- Carretera

Localidades amanzanadas
- Rural
- Urbana

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Leyenda

- Poliducto Tuxpan-Poza Rica-Azcapotzalco
- Gasoducto Tepeji - Cempoala

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

11.3.3. 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.

Cabe mencionar que las modelaciones en este atlas proponen acercarse a un escenario real o lo más cercano a la realidad posible, sin embargo, las condiciones meteorológicas, condiciones de operación de los ductos o la infraestructura alrededor de los ductos puede variar a lo largo del tiempo.

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.

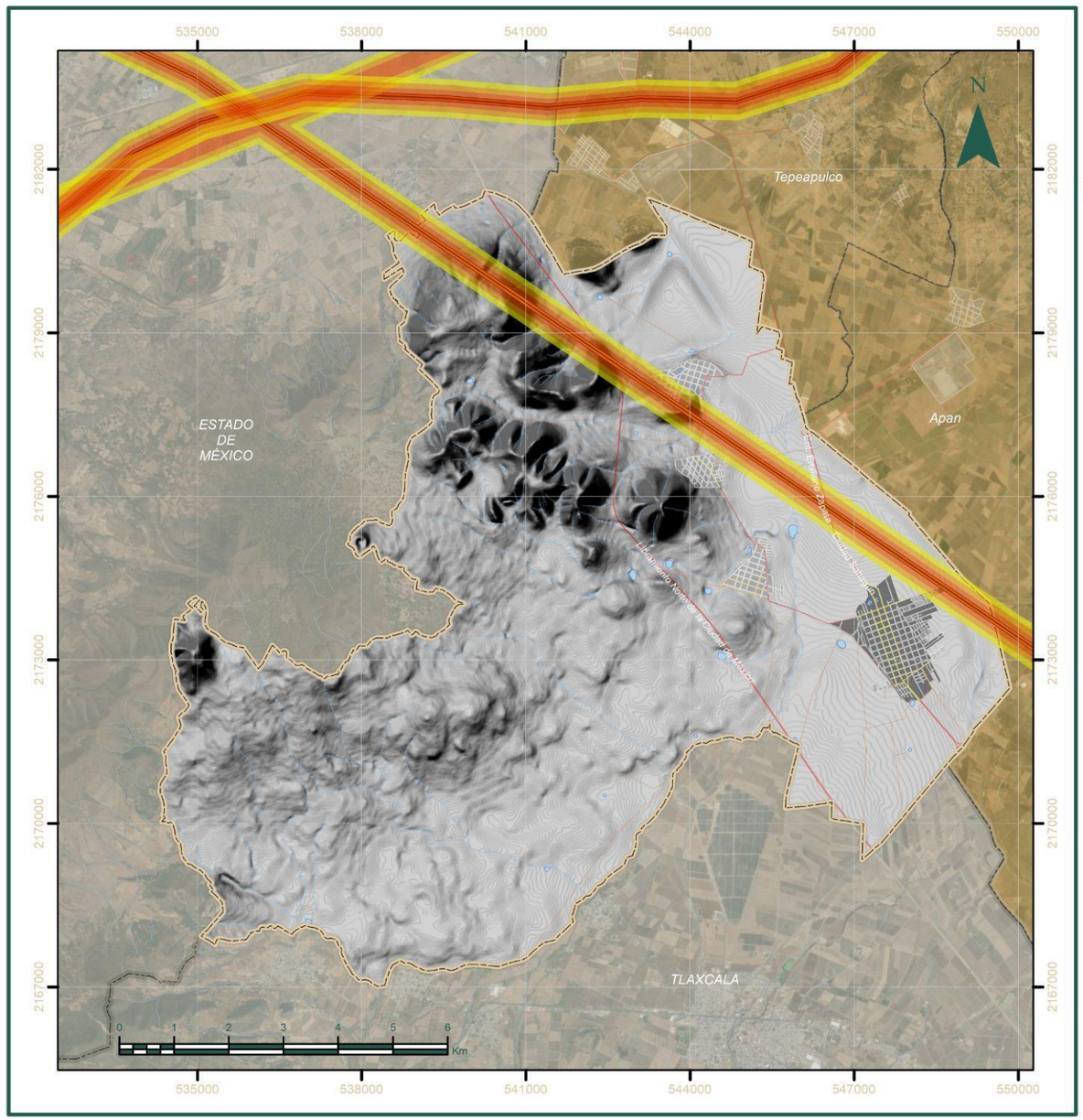
Imagen QTC-C-2. Mapa Distancias de seguridad en ductos de transporte de hidrocarburos

Diámetro, en pulgadas	Área de trampas de diablos	GASODUCTO		Oleoducto y gasolinoducto	GASODUCTO	
		100 > P ≥ 80 kg/cm²	80 > P≥50 kg/cm²		50 > P≥15 kg/cm²	P < 15 kg/cm²
48	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
36	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
30	250 m	200 m	150 m	150 m	100 m	50 m
24	200 m	150 m	150 m	100 m	100 m	50 m
20	200 m	150 m	100 m	100 m	100 m	50 m
18	150 m	100 m	100 m	100 m	75 m	35 m
16	150 m	100 m	100 m	75 m	75 m	35 m
14	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
12	150 m	100 m	75 m	75 m	75 m	35 m
10	100 m	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m
8	100 m	75 m	75 m	50 m	50 m	35 m
6	75 m	75 m	75 m	50 m	35 m	35 m
4	75 m	50 m	50 m	35 m	35 m	35 m
3	50 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m
2	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m	35 m

**m: metros*
**P: presión*
Fuente: Distancias de seguridad en ductos de hidrocarburos, Hernández Garia C., Hernández Ortega J. A., Contreras Cruz J. C. 7° Congreso Internacional de Ductos, Puebla, Pueb., noviembre, 2003.

11.3.4. Riesgo

Para los niveles de riesgo del gasoducto perteneciente al ducto CENEGAS sobre el tramo Tepeji - Cempoala y para el poliducto Tuxpan - Poza Rica - Azcapotzalco y de acuerdo a las distancias de seguridad desarrolladas en las modelaciones en ALOHA se observan en el mapa QTC - C - 02.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ductos Identificados en el Municipio
QTC - C - 02

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

- Poliducto Tuxpan-Poza Rica-Azcapotzalco
- Gasoducto Tepeji - Cempoala

Distancia de riesgo

- 150 Mts riesgo alto
- 250 Mts riesgo medio
- 350 Mts riesgo bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

11.4. Incendios forestales

11.4.1. Introducción

El fuego se define como el desprendimiento de calor y luz producido por la combustión de la materia vegetal viva o inerte. (CONAFOR, 2016)

Los incendios forestales o también llamadas conflagraciones se producen cuando el fuego (calor) afecta los combustibles vegetales naturales situados en gran elevación de terreno (monte). Los incendios forestales han causado daños ambientales ya que destruyen la cubierta vegetal, generan la muerte de seres vivos, pérdida del suelo fértil a consecuencia de la erosión. Además de que llegan a ocasionar pérdidas humanas, así como económicas y en respuesta de ello una baja resiliencia derivado de las grandes inversiones de recuperación que deben hacerse. Estos tienen un impacto en la contaminación atmosférica ya que producen una combinación de partículas de monóxido de carbono, así como otros contaminantes que afectan la salud de los seres vivos.

Imagen QTC – D – 1. Incendio Forestal



Fuente: (CONAFOR, 2016)

Un incendio forestal se produce por acciones humanas, que muchas veces son intencionales. El fuego puede recorrer grandes superficies generando daños a su paso. Una práctica muy común que detona los incendios forestales es la quema de pastos secos y en cultivos con el fin de quemar la hierba, sin embargo, estas prácticas no son controladas ni supervisadas causando la extensión hacia otras zonas llegando a afectar hectáreas enteras. Dentro de las causas naturales detonantes de un incendio se encuentran las descargas eléctricas y la erupción de volcanes.

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

Imagen QTC – D – 2. Triángulo de fuego



Fuente: (CONAFOR, 2016)

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

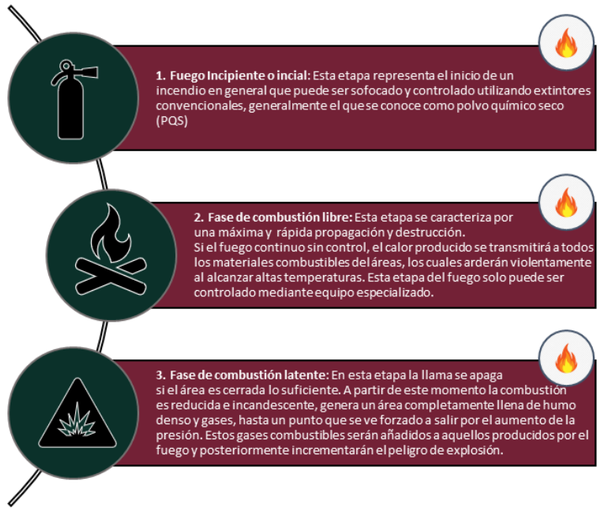
Permanentes	**Transitorias (De tipo Meteorológico)**
La composición de los combustibles (elemento principal que determina las características del incendio)	Temperatura
Las especies vegetales	Humedad relativa
La topografía	Velocidad y dirección del viento
	Precipitación pluvial (lluvias)

Fuente: Realizado por Soluciones SIG, con información de CONAFOR, 2024

Las variables meteorológicas más importantes que contribuyen a los incendios son la temperatura, dirección y velocidad del viento, la humedad relativa y la estabilidad atmosférica.

En las temporadas de mayor temperatura, disminuye la humedad relativa del aire, estos dos factores al entrar en contacto con combustibles secos dan lugar a la flamabilidad. El viento tiene un papel fundamental ya que favorece a la propagación de las llamas, las situaciones se vuelven más complicadas con la presencia de vientos fuertes.

Diagrama QTC – D – 1. Fases de un incendio

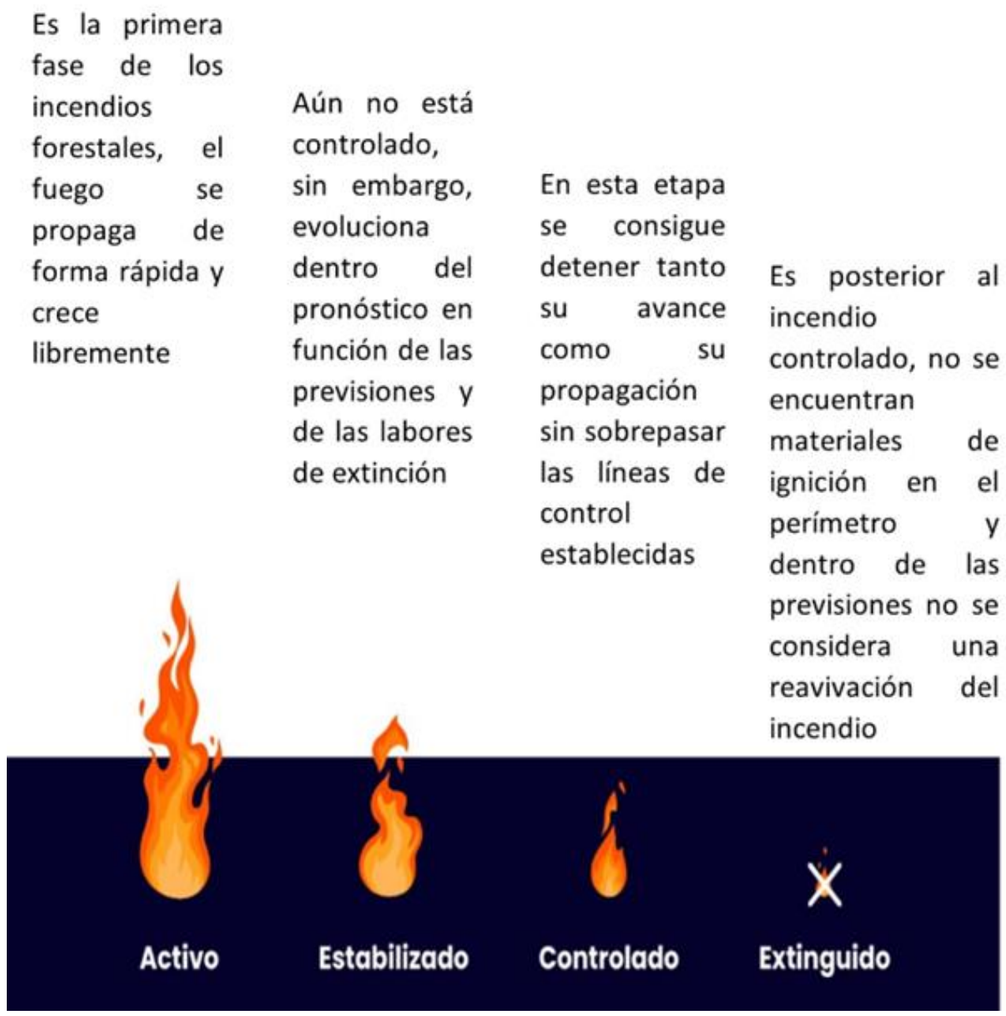


Elaborado por Soluciones SIG, a partir de: (Gobierno de la Ciudad de México, 2024)

Los efectos de un incendio forestal son:

- Pérdida de cobertura vegetal y suelo
- Destrucción del hábitat de la fauna silvestre y flora que es generador de oxigeno
- Aumento de la emisión de carbono y gases de efecto invernadero

Imagen QTC – D – 3. Fases de un incendio forestal



Elaborado por Soluciones SIG, a partir de: (Pérez, 2024)

11.4.2. 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) en función de su contribución al riesgo de incendio.

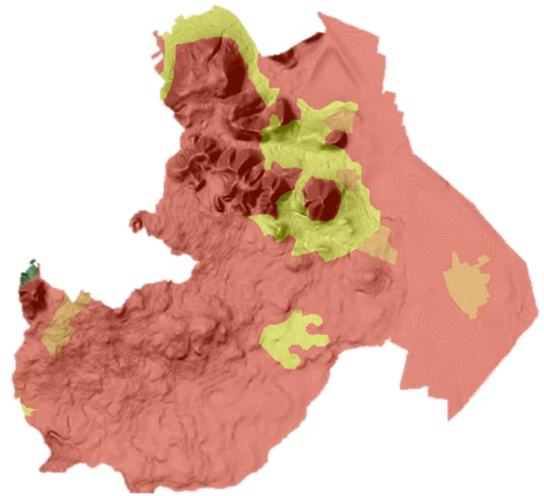
d. Desarrollar un índice de riesgo que combine estos factores de manera ponderada para cada ubicación dentro del área de estudio.

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.

Para el municipio de Emiliano Zapata, no se dispone de datos históricos sobre incendios pero se cuenta con la información proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) acerca del uso del suelo y la vegetación, han sido utilizados para desarrollar distintas categorías de riesgo.

El análisis de los registros históricos de incendios proporciona una visión detallada de los patrones de ocurrencia y la gravedad de los mismos en diferentes áreas del municipio a lo largo del tiempo. Esta información, complementada con los datos precisos sobre el uso del suelo y la distribución de la vegetación proporcionados por el INEGI, permite una evaluación más precisa del riesgo de incendios en cada región.

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.



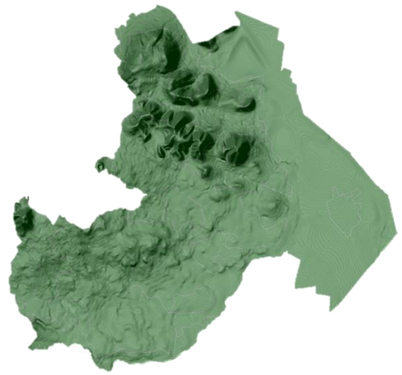
Categoría	Vegetación
1	Agricultura de Humedad Anual; Agricultura de Riego Anual y Permanente; Agricultura de Riego, Semipermanente; Agricultura de Riego; Semipermanente y Permanente; Agricultura de Temporal Anual y Semipermanente; Agricultura de Temporal Semipermanente; Bosque de Mezquite; Bosque Inducido; Cuerpo de Agua; Desprovisto de Vegetación; Pastizal Natural; Selva Alta Perennifolia; Selva Baja Caducifolia; Sin Vegetación Aparente; Tular; Vegetación Secundaria Arbórea de

	Selva Mediana; Subperennifolia; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Mezquite; Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Micrófilo; Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Desértico Rosetófilo; Vegetación Secundaria Arbustiva de Matorral Submontano; Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Baja Caducifolia; Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Mediana Subperennifolia; Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino; Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino-Pino; Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque Mesófilo de Montaña; Vegetación Secundaria Herbácea de Matorral Crasicaule; Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Alta Perennifolia; Vegetación Secundaria Herbácea de Selva Mediana Subperennifolia.
2	Agricultura de Riego Anual; Agricultura de Riego Anual y Semipermanente; Bosque Cultivado; Matorral Submontano; Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino; Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Pino-Encino; Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Táscate; Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque Mesófilo de Montaña; Vegetación Secundaria Arbórea de Selva Alta Perennifolia; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino-Pino; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Oyamel; Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Táscate.
3	Agricultura de Temporal Permanente; Agricultura de Temporal Semipermanente y Permanente; Bosque de Oyamel; Bosque de Táscate; Pastizal Cultivado; Vegetación Secundaria Arbórea de Bosque de Encino; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque Mesófilo de Montaña; Vegetación Secundaria Arbustiva de Selva Alta Perennifolia.
4	Asentamientos Humanos; Bosque de Encino-Pino; Bosque Mesófilo de Montaña; Matorral Crasicaule; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Táscate; Vegetación Secundaria Arbustiva De Matorral Crasicaule.
5	Agricultura de Temporal Anual; Agricultura de Temporal Anual y Permanente; Bosque de Encino; Bosque de Pino; Bosque de Pino-Encino; Matorral Desértico Rosetófilo; Pastizal Inducido; Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino.

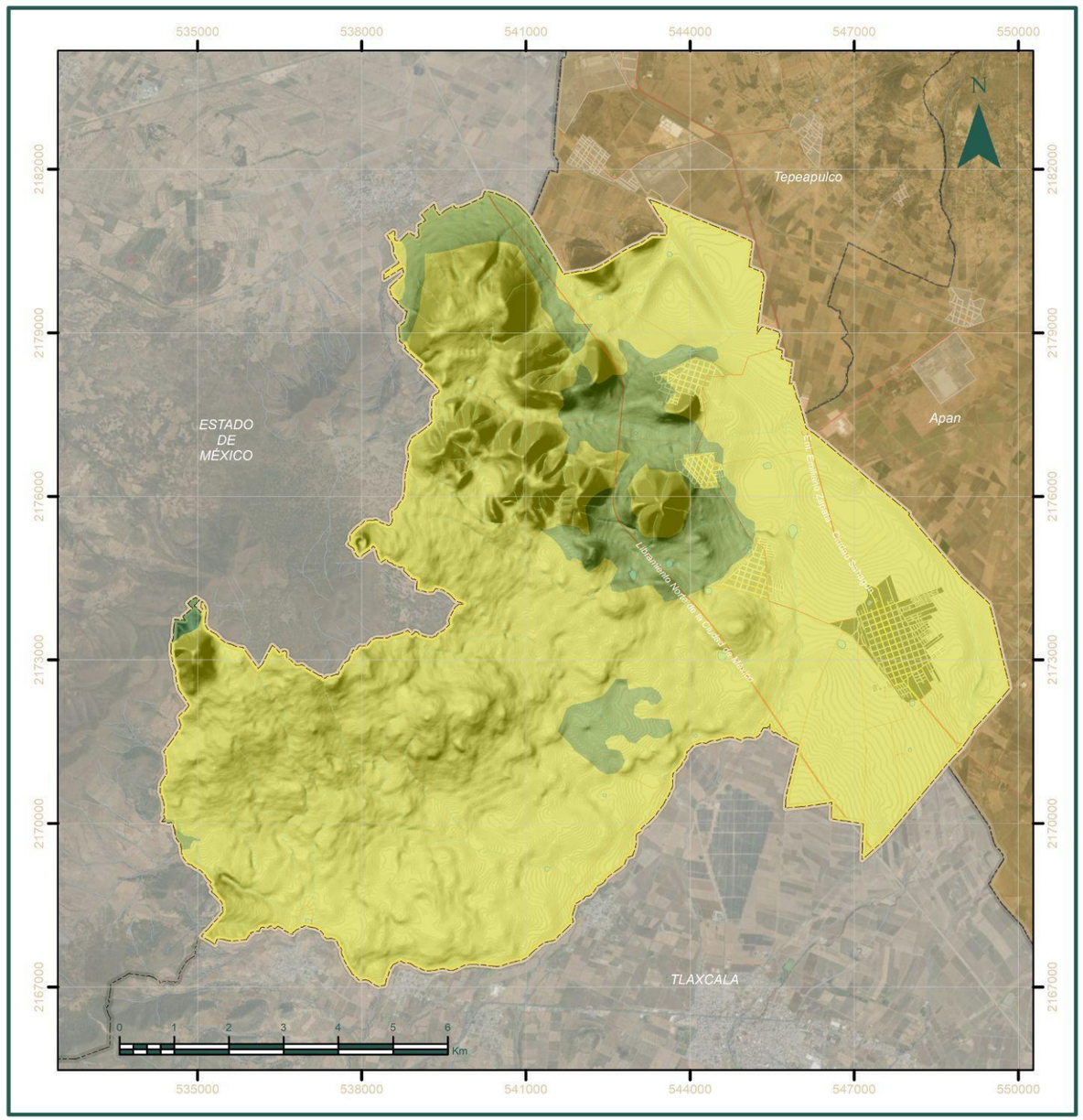
Categorización por cantidad de incendios.

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 incendio	Categoría
0-11	1
12-25	2
26-48	3
49-92	4
93-165	5



11.4.3. Peligro



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Incendios Forestales
QTC-D-01
Peligro por Incendios Forestales

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda
Peligro por Incendios Forestales

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy Alto

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

12. Fenómenos sanitario-ecológicos

Los fenómenos Sanitario-Ecológicos se deben a la actividad humana e industrial, ya que la ocupación del suelo y las actividades económicas son las que provocan directamente la incidencia de estos fenómenos con las consecuentes afectaciones físicas al territorio. Estos ocurren cuando se producen cambios drásticos en el equilibrio de los ecosistemas, los organismos no son capaces de adaptarse con la rapidez que exige el cambio, entonces se ven afectadas las especies más vulnerables y se presentan cambios drásticos en las relaciones de todo el ecosistema.

12.1. Contaminación de suelo

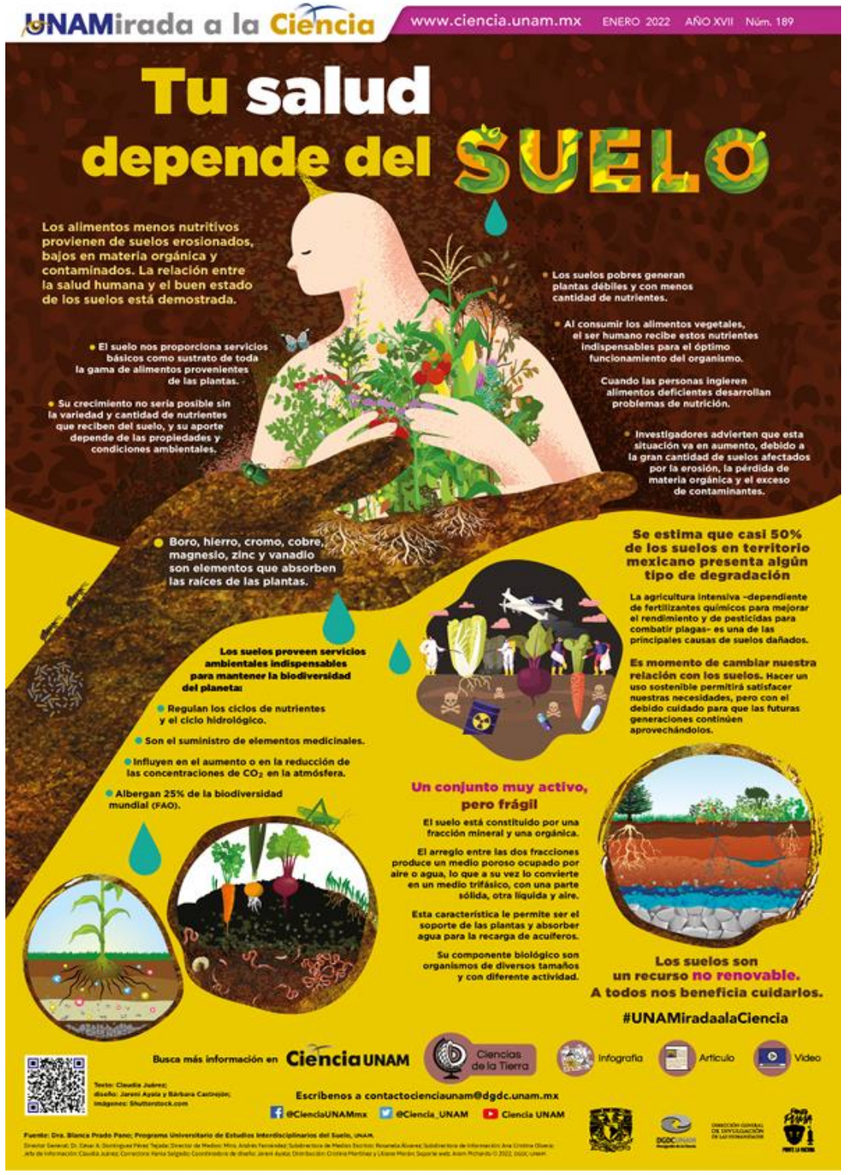
12.1.1. Introducción

El suelo es uno de los recursos naturales con mayor importancia ya que es donde nace la vida y es el sustento de esta para cada uno de los seres vivos que habitamos este planeta. El suelo está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Corresponde a una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento (FAO, 1996).

Constituye la base de la red trófica, sostiene la seguridad alimentaria y favorece servicios ecosistémicos, es por ello por lo que su conservación es primordial para el bienestar de generaciones futuras. Los cambios de uso, el manejo inadecuado, la deforestación y la contaminación, entre otros, afectan el suelo y alteran los ciclos biogeoquímicos, el balance hídrico y la calidad del agua, lo que acrecienta las limitaciones de poblaciones menos favorecidas frente a los fenómenos del cambio climático (Aguirre Forero, 2022).

Cuando se habla de contaminación de suelo se hace referencia a la presencia en el suelo de un químico o una sustancia fuera sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto (Rodríguez-Eugenio, McLaughlin, & Pennock, 2019).

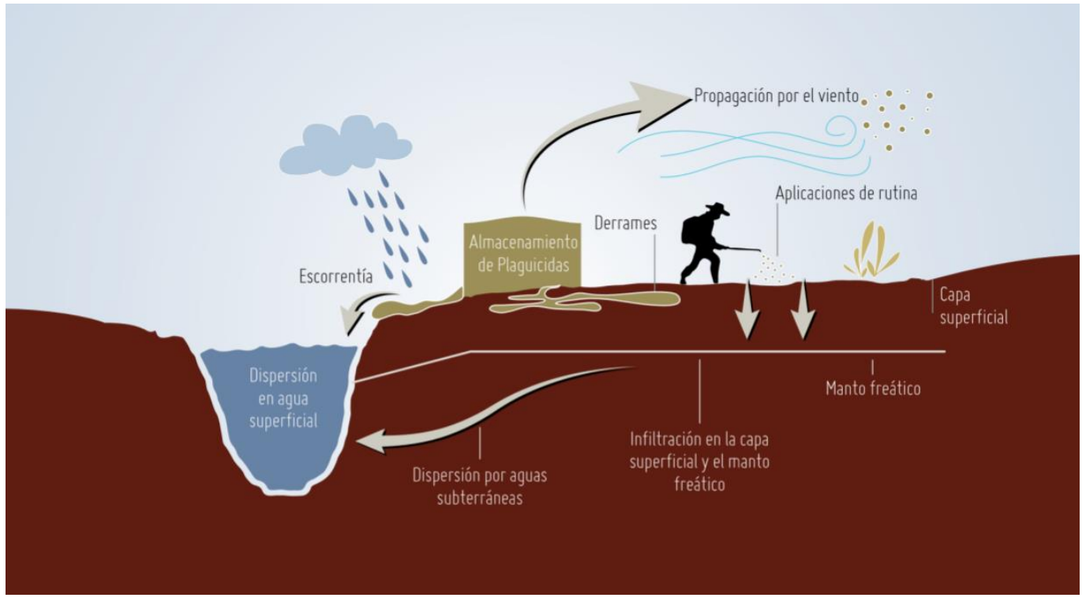
Imagen ECO-A-1. Infografía sobre contaminación del suelo



Fuente: CIENCIA, UNAM.

Las actividades antropogénicas representan las principales fuentes de contaminación de tipo puntual, como por ejemplo la inadecuada eliminación de desechos y aguas residuales, vertederos no controlados, aplicación excesiva de agroquímicos, derrames de muchos tipos, entre otros (FAO, 2019). Debido a estos tipos distintos de contaminación de diversas fuentes, es necesario un aumento en los esfuerzos científicos y técnicos para desarrollar nuevos métodos para medir, monitorear y comprender mejor los procesos de deposición atmosférica y el alcance de la contaminación difusa (FAO, 2019).

Imagen ECO-A-2. Ruta del transporte de plaguicidas por el medio ambiente



Fuente: FAO, 2019.

12.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Con base en lo establecido dentro de la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de atlas de riesgos de CENAPRED (2016), el análisis de la contaminación de sitios y cuerpos de agua contaminados recae en el Anexo 23 sobre los Estudios necesarios para determinar el peligro en sitios contaminados dentro del apartado número II sobre la Contaminación de suelo.

En dicho Anexo se estima la siguiente metodología a realizar:

Diagrama ECO-A-1. Requerimientos para el análisis de contaminación de suelos



Fuente: Guía de Contenido Mínimo para la elaboración de atlas de riesgos, 2016, Anexo 23.

12.1.3. Caracterización del fenómeno

El municipio de Emiliano Zapata se caracteriza por tener un uso de suelo mayormente agrícola de agostadero estando en resguardo de propiedad privada (pequeña) y ejidal. En los últimos años se han presentado quejas por parte de los vecinos derivadas a un cambio notable en la calidad del agua por descargas directas de una empresa de cebada (Vargas, 2023).

La forma de contaminación más notable dentro del municipio es la derivada de las descargas directas de aguas de desecho industrial a los campos o afluentes alejados, actividad que repercute de manera directa a los suelos en los que son vertidas, ya que pueden ingresar a los mantos freáticos del suelo y esparcirse por lo largo y ancho, afectando a las otras parcelas en donde se producen cultivos para consumo local de subsistencia o para su venta.
Para llevar a cabo el análisis de este fenómeno se consultaron fuentes oficiales sobre los sitios contaminados y denominados pasivos ambientales que son propiedad de la Dirección General

de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas (DGGIMAR) de la SEMARNAT y de la Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos (ASEA). Se consultaron los listados siguientes:

- Sitios contaminados considerados pasivos ambientales en actividades competencia de la ASEA;
- Sitios contaminados remediados según tipo de contaminante, competencia de la ASEA;
- Sitios contaminados remediados según causas de contaminación, competencia de la ASEA;
- Sitios contaminados remediados según responsable, competencia de la ASEA.

Para el mes de abril de 2021, se identificaron 1,025 sitios contaminados en el país, entrando en la actualización del inventario de sitios remediados. Una vez que en un sitio contaminado se alcanzan los niveles de remediación autorizados, lo cual se evalúa en el trámite de conclusión del programa de remediación que se ingresa a la DGGIMAR o a la ASEA, dicho sitio se elimina del inventario de sitios contaminados y se registra en el inventario de sitios remediados. Para abril de 2021, se identificaron 858 sitios remediados en el país, de los cuales, los siguientes forman parte de los registros para el Estado de Hidalgo.

Tabla ECO-A-1. Sitios contaminados por emergencias ambientales, según responsables involucrados

Año	Ferrocarril	PEMEX	Transportista	Otras industrias	Total de sitios identificados
2008	-	1	2	-	3
2009	-	1	4	-	5
2010	-	2	4	-	6
2011	-	1	2	-	3
2012	-	4	3	-	7
2014	-	3	-	-	3

Fuente: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Gestión Integral de Materiales y Actividades Riesgosas, Marzo, 2017.

Sin embargo, el Inventario Nacional de Sitios Contaminados no ha sido publicado por dicha dependencia, por lo que se desconoce con precisión la ubicación de los sitios contaminados, por lo que para llevar a cabo el análisis de este fenómeno se tomaron en cuenta datos relacionados con el municipio de Emiliano Zapata que se obtuvieron a través de fuentes de información digitales como notas de periódico, también se tomaron en cuenta las observaciones realizadas por las autoridades correspondientes del municipio al momento de realizar la visita de trabajo de campo. Sin embargo, debido a la inexistencia de una base georreferenciada de reportes de incidencias por contaminación de suelos por parte de las autoridades correspondientes al momento de la realización de este instrumento, y, considerando que dentro de las notas periodísticas encontradas la localización de aquellos sitios en los que se han presentado tiraderos clandestino carecen de precisión en la ubicación geográfica, no se incluye un mapa de dichos sitios, se realiza la caracterización del fenómeno señalando aquellas problemáticas a las que se enfrenta el estado actual del antiguo basurero y se exhorta a las instancias correspondientes a llevar a cabo un mejor monitoreo y gestión de los reportes ciudadanos, así como contar con actualizaciones del manejo y gestión de los residuos que quedaron en el antiguo basurero.

Con base en las fuentes de información hemerográfica digital, se hace del conocimiento de la clausura oficial del basurero municipal por parte de la Dirección de Servicios Municipales en coordinación con Ecología. Fue clausurado debido a que su ubicación representa un foco de infección para la población, dicho cierre fue encabezado por el alcalde Héctor García Aguilera. Informó que los desechos que se generen del municipio (alrededor de 50 toneladas semanales) se depositarán en el Relleno Sanitario Regional, el cual se encuentra en los límites de Apan con el municipio de Almoloya (El Sol de Hidalgo, 2022).

Imagen ECO-A-3. Clausuran basurero municipal de E. Zapata



Fuente: El Sol de Hidalgo.

El cierre del basurero fue debido a que no se encontraba bajo la NOM-083 de la SEMARNAT, identificando derrame de lixiviados que son una fuente de contaminación altamente peligrosa para el medio ambiente y para la población en general. Es importante dar a conocer los impactos que tienen los lixiviados tanto en la salud como en el medio ambiente y que por ende, son catalogados como residuos peligrosos y que existen sanciones graves por su mal manejo. Los lixiviados se forman a raíz de los residuos, son líquidos que se originan por la descomposición de los desechos orgánicos, el derrame de los líquidos que se encuentran dentro de envases o a la mezcla de lluvia con residuos solventes y claro, también se forman la mayor de las veces por la mezcla de todos los anteriores (Cedeño, 2022).

Los lixiviados contienen propiedades contaminantes, por lo que su contacto directo con el suelo causa su degradación, lo que hace que estos suelos pierdan la capacidad de sostener sus ecosistemas y cuando comienzan a evaporarse estos lixiviados, se liberan gases que generan malos olores, contribuyendo de esta manera a la contaminación atmosférica y al cambio climático (Cedeño, 2022).

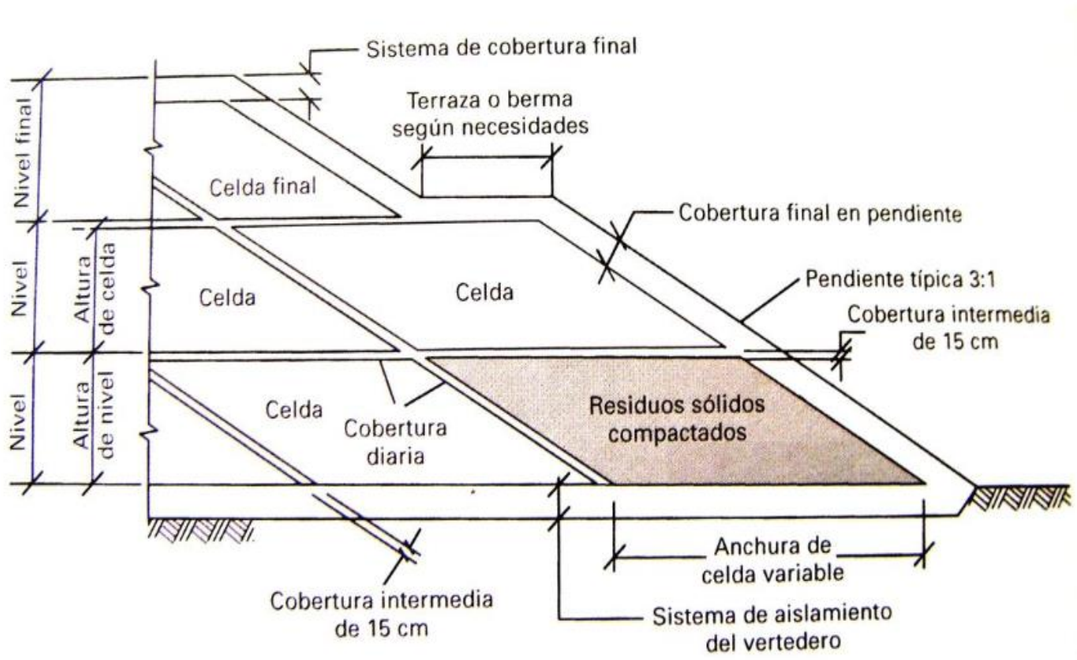
Por otra parte, para poder evitar la creciente aparición de basura en zonas boscosas y demás, las autoridades municipales correspondientes si planean darle un nuevo destino a lo que anteriormente era el tiradero, deben de contemplar lo establecido bajo los requisitos de la NOM-083-SEMARNAT-2003 que menciona las especificaciones para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial, tomando como parte importante lo estipulado dentro de la función del tonelaje diario recibido, quedando de la siguiente manera:

- Tipo A: de más de 500 ton/día o más;
- Tipo B: de 100 a 500 ton/día;
- Tipo C: de 50 a 100 ton/día;
- Tipo D: menor a 50 ton/día.

Considerando la clasificación de estos sitios conforme al impacto económico que representa contar con sitios de mayor capacidad volumétrica, lo cual es directamente proporcional a la rentabilidad del mismo (DOF, 2021).

También se pueden configurar los rellenos sanitarios controlados, que son la forma más barata en términos de aprovechamiento y costo capital para eliminar los residuos sólidos urbanos. Un relleno sanitario minimiza el daño ambiental y otras inconveniencias y permite a los residuos descomponerse en condiciones controladas hasta su eventual transformación a un material relativamente inerte y estable. Es en resumen, una instalación ingenieril para la evacuación de los RSU, diseñada y explotada para minimizar los impactos ambientales y sobre la salud pública (Tchobanoglus et al., 1996).

Imagen ECO-A-4. Secciones de un relleno sanitario controlado



Fuente: Tchobanoglus et al., (1996) en Chávez, Montes (2011).

Lo anterior es de suma importancia debido a que se cuenta con la información acerca del destino actual que tiene el antiguo basurero, por lo que es importante tener presente el estado en el que se encuentra.

Además, el saber el origen de lo que provoca la aparición de los lixiviados da pie a que se pueda prevenir su formación como por ejemplo, aquella en la que se cubre la superficie del terreno donde serán depositados los residuos con diferentes capas, que van desde la capa superficial que estará constituida por vegetación y suelo natural seguida de la capa impermeable que corresponderá de materiales sintéticos. Aunque en realidad, hay que recordar que la verdadera solución es la correcta separación y tratamiento de los residuos, ya que con los residuos orgánicos se pueden separar para generar composta, reciclaje para los inorgánicos y así puedan convertirse en materiales de segundo uso (Barbosa Segundo, et. al., 2021).

Imagen ECO-A–7. Reciclaje



Fuente: WWF.

12.2. Contaminación de agua

12.2.1. Introducción

Se define como contaminación ambiental cuando una o más sustancias ajenas al medio se incorporan provocado un desequilibrio en el ambiente, espacio, suelo, cuerpos de agua o cualquiera combinación de estos, generando un entorno inseguro o no apto para su uso, influyendo negativamente en la calidad de vida de los seres vivos (animales, plantas y personas).

Imagen ECO-B-1. Contaminantes emergentes



Fuente: UNAM, 2023.

De acuerdo con La Organización de la Salud (OMS) el agua contaminada es aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible. En otras palabras, los cuerpos de agua contaminados se producen cuando los contaminantes se vierten directa o indirectamente sin un tratamiento adecuado para eliminar sus compuestos nocivos, provocando que no sea apta para actividades esenciales como para el consumo humano ni óptima para actividades económicas.

Los principales contaminantes incluyen agentes patógenos, sustancias químicas, plásticos, descarga de aguas negras con alto contenido de materia orgánica, contaminación térmica, siembra de cultivos, desarrollo pecuario, explotación de bosques y tala inmoderada, mal diseño en las infraestructuras, aguas residuales con tóxicos de origen industrial y hasta sustancias radiactivas. Algunos de estos elementos no son visibles ya que no pigmentan el agua.

Imagen ECO-B-2. Contaminantes emergentes



Fuente: UNAM, 2023.

12.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Metodología

1. Se utilizó la metodología desarrollada por Pérez & García (2004) que consiste en el análisis de la contaminación de agua con la ayuda de herramientas de percepción remota que permiten diferenciar cuerpos de agua con o sin contaminantes por la presencia de actividad fotosintética de algas que proliferan en la eutrofización.

Memoria de cálculo

1. Para el desarrollo de la metodología se usó una imagen satelital Sentinel 2 para obtener el NDVI (Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada) e identificar los cuerpos de agua, la imagen fue adquirida por la plataforma Sentinel del día 21 de marzo del 2024, considerando también un bajo porcentaje de nubosidad.

El NDVI es el más común de varios índices de vegetación derivados de observaciones en imágenes de percepción remota. 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 reflejada en el color rojo, combinados con alta reflexión en el infrarrojo, indican una mayor actividad fotosintética o cantidad y densidad de plantas verdes.

El NDVI tiene múltiples aplicaciones, sobre todo si se cuenta con observaciones en distintas fechas (series de tiempo). Mediante el análisis de estas series de tiempo se facilita el monitoreo de la vegetación y detección de cambios en la cobertura/uso del suelo, el seguimiento de estado de los cultivos agrícolas, caracterización de la fenología de la vegetación y el seguimiento de fenómenos como la sequía" (INEGI, 2022).

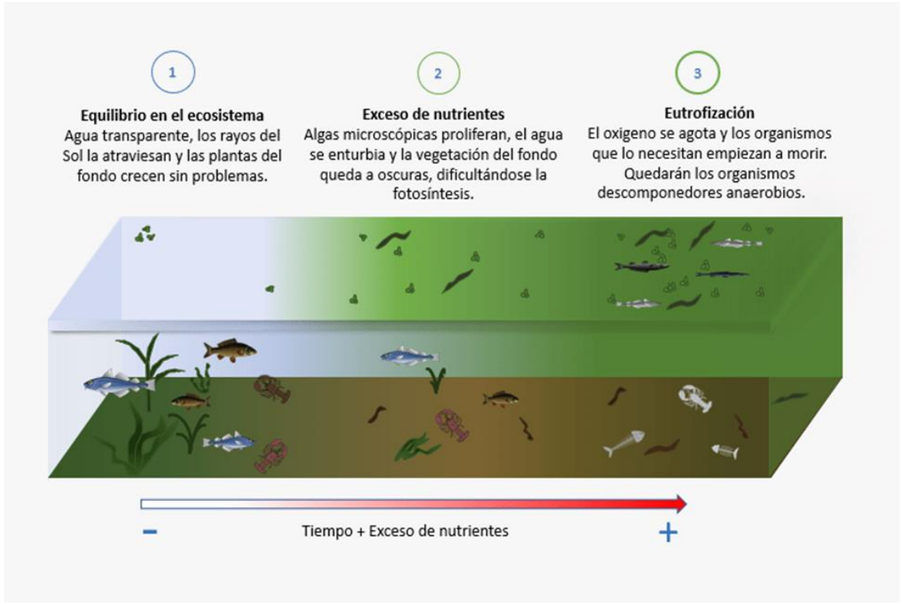
El análisis del NDVI se basa en identificar actividad fotosintética en cuerpos de agua lo que sería evidencia de eutrofización. Cabe resaltar que la época del año para aplicar este análisis es importante, ya que la temporada idónea es durante meses calurosos en los que la altura del tirante de agua es baja.

La eutrofización se refiere al aporte en exceso de nutrientes inorgánicos (procedentes de actividades humanas), principalmente Nitrógeno (N) y Fósforo (P), en un ecosistema acuático, produciendo una proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas y provocando efectos adversos en las masas de agua afectadas.

La eutrofización del ecosistema comienza cuando el agua recibe un vertido de nutrientes, como desechos agrícolas o forestales, favoreciendo el crecimiento excesivo de materia

orgánica, y provocando, a su vez, un crecimiento acelerado de algas y otras plantas verdes que cubren la superficie del agua (Zarza, 2024).

Imagen ECO-B-3. Proceso de eutrofización



Fuente: Irene Pardo, vectores de peces y crustáceos obtenidos de Pixabay , 2018.

12.2.3. Peligro - Inventario de sitios contaminados

1. Se procedió a registrar las zonas previamente analizadas en una tabla (Tabla ECO-B-1), definiendo para cada una su área (ha) y su porcentaje que representa respecto a la totalidad de sus cuerpos de agua detectados en la imagen satelital. Cabe destacar que se excluyeron de este análisis los cuerpos de agua más pequeños, como ríos o canales, debido a la limitación en la resolución de la imagen satelital utilizada, la cual no permitía una identificación precisa de estas áreas más reducidas.

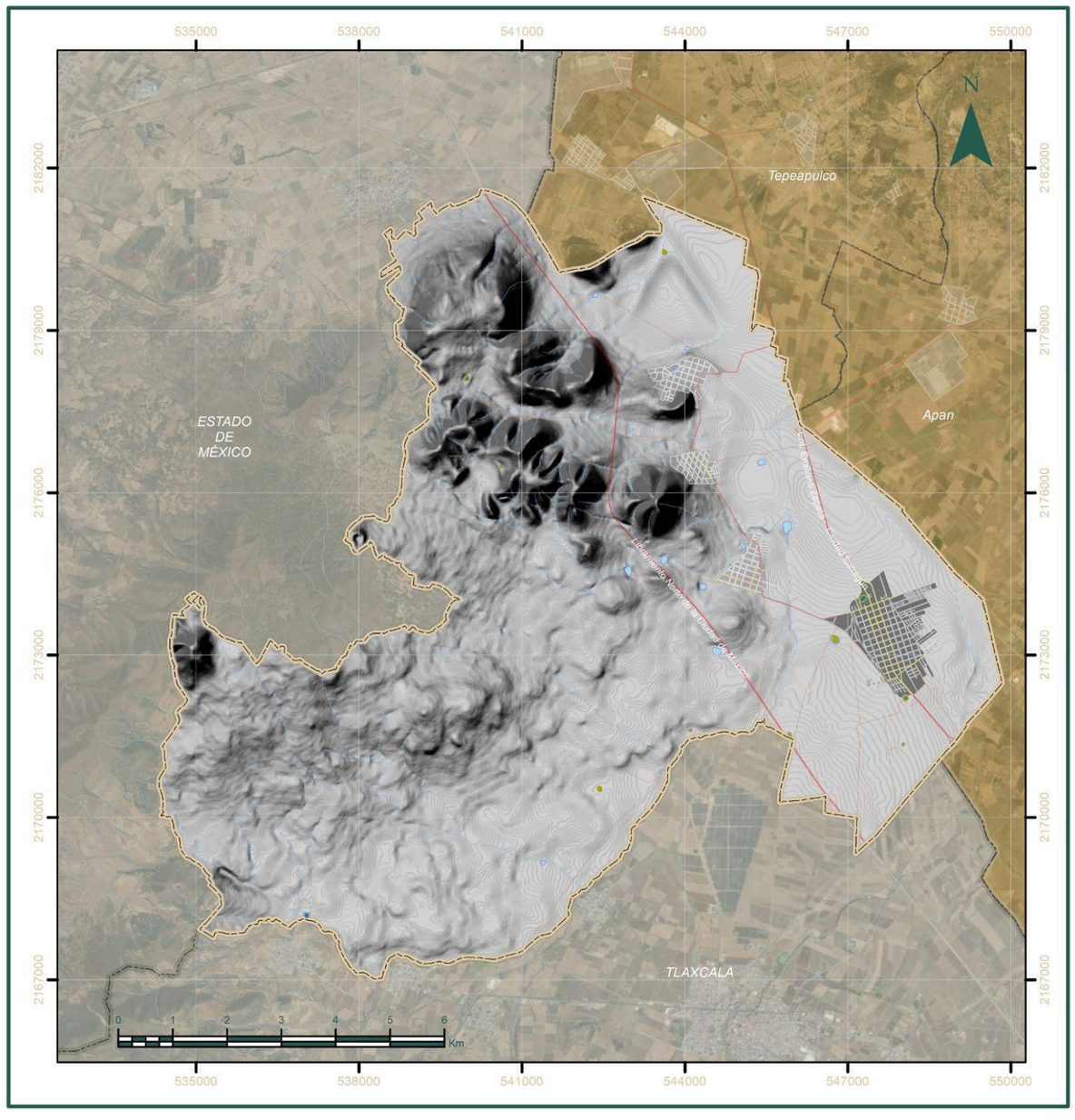
Tabla ECO-B-1. Características de cuerpos de agua del municipio de Emiliano Zapata

Características	Área (ha)	Área (%)
Agua no contaminada	1.34	16.02
Posible eutrofización	6.71	80.26
Vegetación hidrófila	0.30	3.58

Fuente: Soluciones SIG usando imagen Sentinel-2, 2024.

De acuerdo con la información geográfica (SIG), se observa que las zonas afectadas por eutrofización abarcan aproximadamente un 80% del área total ocupada por agua para el mes de abril de 2024. Alrededor del 16% no presenta evidencia de contaminación. Por último, se estima que cerca del 4% de la superficie acuática está cubierta por vegetación hidrófila, la cual se desarrolla en entornos hídricos o suelos con saturación permanente de agua.

El análisis utilizando el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) indica que cuerpos de agua como San Luis, San Lorenzo, San Antonio, Santa María, San Miguel Puerta, Totolmaya y Del Monte presentan indicios de posible eutrofización. Además, se observa un índice menor de vegetación hidrófila en las orillas de las presas San Lorenzo y San Antonio, mencionadas anteriormente.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Contaminación de agua
ECO - B - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Características

- Agua no contaminada
- Posible eutrofización
- Vegetación hidrófila

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

12.3. Epidemias y plagas

12.3.1. Introducción

Epidemias

Las epidemias se describen como un problema de salud pública de gran escala que se relaciona con la ocurrencia y propagación de una enfermedad o evento de salud superior a la expectativa normal en un periodo de tiempo muy corto, trascendiendo los límites geográficos y poblacionales propios de un brote. El número de casos debido a la epidemia puede variar dependiendo de (PAOH ,2011):

- El agente
- El tamaño y tipo de población expuesta
- La experiencia previa o ausencia de exposición a la enfermedad
- Así como el lugar y tiempo de ocurrencia

En la imagen ECO-D-1 se muestra un línea del tiempo con los sucesos más importantes en cuanto a epidemias en México.

Imagen ECO-D-1. Línea del tiempo de epidemias en México



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de Weber et al. 2022.

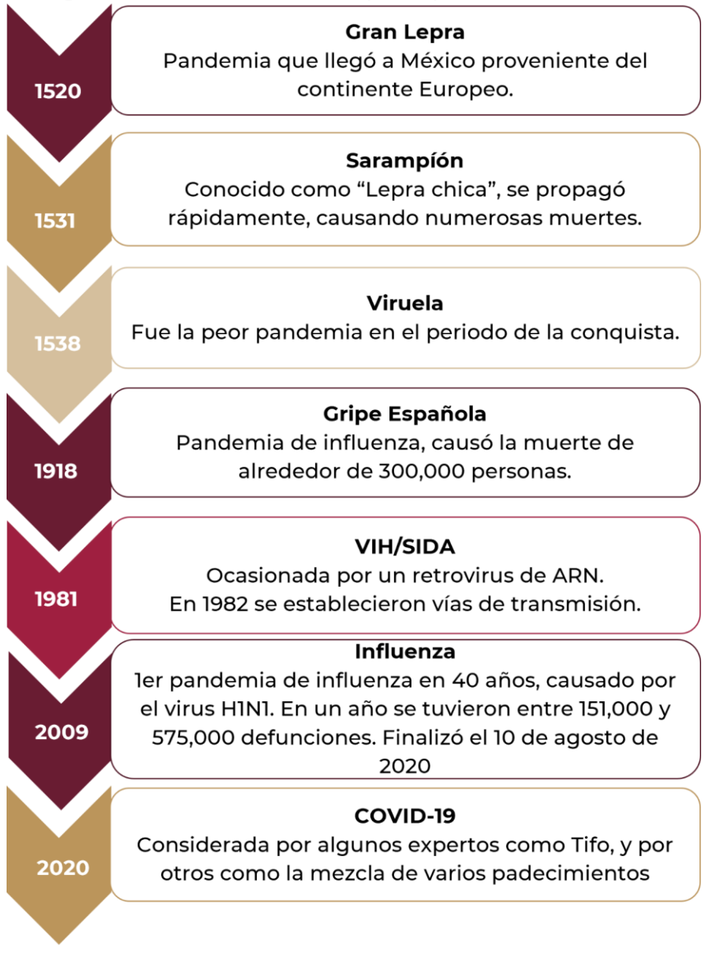
Pandemias

Las pandemias son una propagación mundial de una nueva enfermedad, que es ocasionada por un virus, y que por lo general la mayoría de las personas no tienen inmunidad al virus. La pandemia se puede extender a por una larga área geográfica, abarcado casi todo el mundo, para que una pandemia surja se necesita (PAOH, 2011):

- Un nuevo virus o mutación de uno ya existente
- El virus es capaz de producir casos graves de enfermedad, con alta mortalidad.
- El virus se puede transmitir de persona a persona, provocando un rápido contagio a la población.

En la imagen ECO-E-2 se muestra un línea del tiempo con los sucesos más importantes en cuanto a pandemias en México.

Imagen ECO-D-2. Línea del tiempo de pandemias en México



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de Weber et al. 2022.

Una plaga es cualquier organismo vivo que puede interrumpir o afectar de manera negativa las actividades humanas. Puede tratarse de insectos, animales, plantas, microorganismos o patógenos. Las plagas pueden causar daños directos o indirectos a las cosechas, a la salud pública o al medio ambiente. Existen diferentes tipos y categorías de plagas según su origen, su importancia y su daño.

Imagen ECO-D-2. Tipos de plagas



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG, 2024.

Las plagas pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente y la economía. Pueden destruir o dañar los cultivos, los animales y los bosques, reduciendo la producción agrícola y forestal, la calidad de los productos y los ingresos de los productores. Contaminar o deteriorar los alimentos, el agua y el aire, afectando la salud humana y animal, y aumentando los costos de tratamiento y prevención. Transmitir enfermedades a las plantas, los animales y las personas, causando pérdidas de vidas, sufrimiento y discapacidad. Alterar el equilibrio ecológico, afectando la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y el clima. Además de afectar el comercio nacional e internacional, generando barreras fitosanitarias, cuarentenas y restricciones al movimiento de productos y personas.

12.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Con el fin de mostrar la distribución espacial y temporal de los casos de enfermedades en el área de estudio, se realizó la siguiente metodología:

Pandemias y Epidemias

- Se obtuvieron y analizaron datos epidemiológicos disponibles sobre la incidencia, prevalencia y mortalidad de las enfermedades que han tenido mayor presencia en la zona de estudio.
- Se usaron los datos de casos confirmados por municipio del Conacyt

Plagas

Se identificaron las especies de plagas que afectan bosques, así como la salud humana en la zona de estudio, a través de información de SIVICOFF. En donde se cuenta con datos de la distribución espacial y temporal de plagas, estableciendo niveles de riesgo según la probabilidad e impacto de estas.

12.3.3. Peligro / Susceptibilidad

Pandemia COVID

El COVID es una enfermedad emergente causada por un Betacoronavirus proveniente de República Popular China, fue la sexta enfermedad que se consideró como Emergencia de Salud Pública de Importancia Internacional (ESPII) el 30 de enero de 2020 (Secretaría de Salud, 2023).

En México el primer casó aconteció el 28 de febrero del 2020, y por ello se plantearon 3 fases de acuerdo con escenarios epidemiológicos en el país, implementando medidas de mitigación y control de la enfermedad (Secretaría de Salud, 2023).

Los casos en México desde el inicio del primer caso hasta el 25 de junio del 2023 es de 7,633,355 confirmados de los cuales se tienen 334,336 defunciones y 6,885,378 recuperados.

Para el caso del Estado de Hidalgo se han registrado 130,414 casos confirmados de los cuales se desglosan en la Tabla ECO-D-1.

Tabla ECO-D-1. Casos de COVID en el Estado de Hidalgo

HIDALGO				
Casos confirmados				
130,505				
Negativos	**Sospechosos**	**Defunciones**	**Recuperados**	**Activos**
115,341	18,485	8,698	110,954	41

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de datos de CONACYT, 2024.

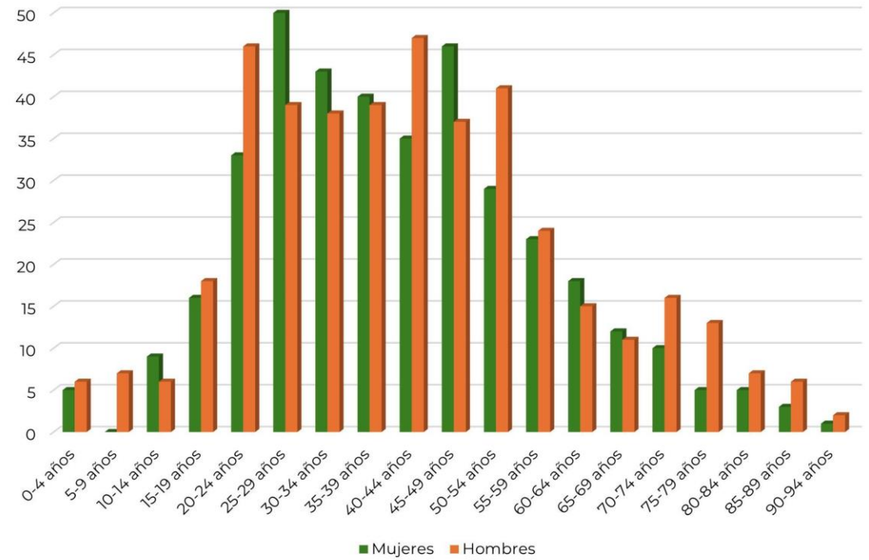
Para el municipio de Emiliano Zapata se han confirmado 14,810 casos, los cuáles se dividen como se muestra en la Tabla ECO-D-2.

Tabla ECO-D-1. Casos de COVID en el municipio de Emiliano Zapata

EMILIANO ZAPATA				
Casos confirmados				
801				
Negativos	**Sospechosos**	**Defunciones**	**Recuperados**	**Activos**
458	23	60	679	0

Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de datos de CONACYT, 2024.

Gráfica ECO-D-1. Casos de COVID en hombres y mujeres para Emiliano Zapata



Fuente: Elaborado por Soluciones SIG a partir de datos de CONACYT, 2024.

El análisis para plagas se hizo tomando en cuenta cómo es que afecta en el Uso de Suelo y Vegetación de la Serie VII de INEGI para el municipio.

Defoliadores

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino
- Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino

Descortezadores

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino

Euwallacea spp. - Fusarium euwallaceae

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino
- Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino

Ocoaxo assimilis y Ocoaxo varians

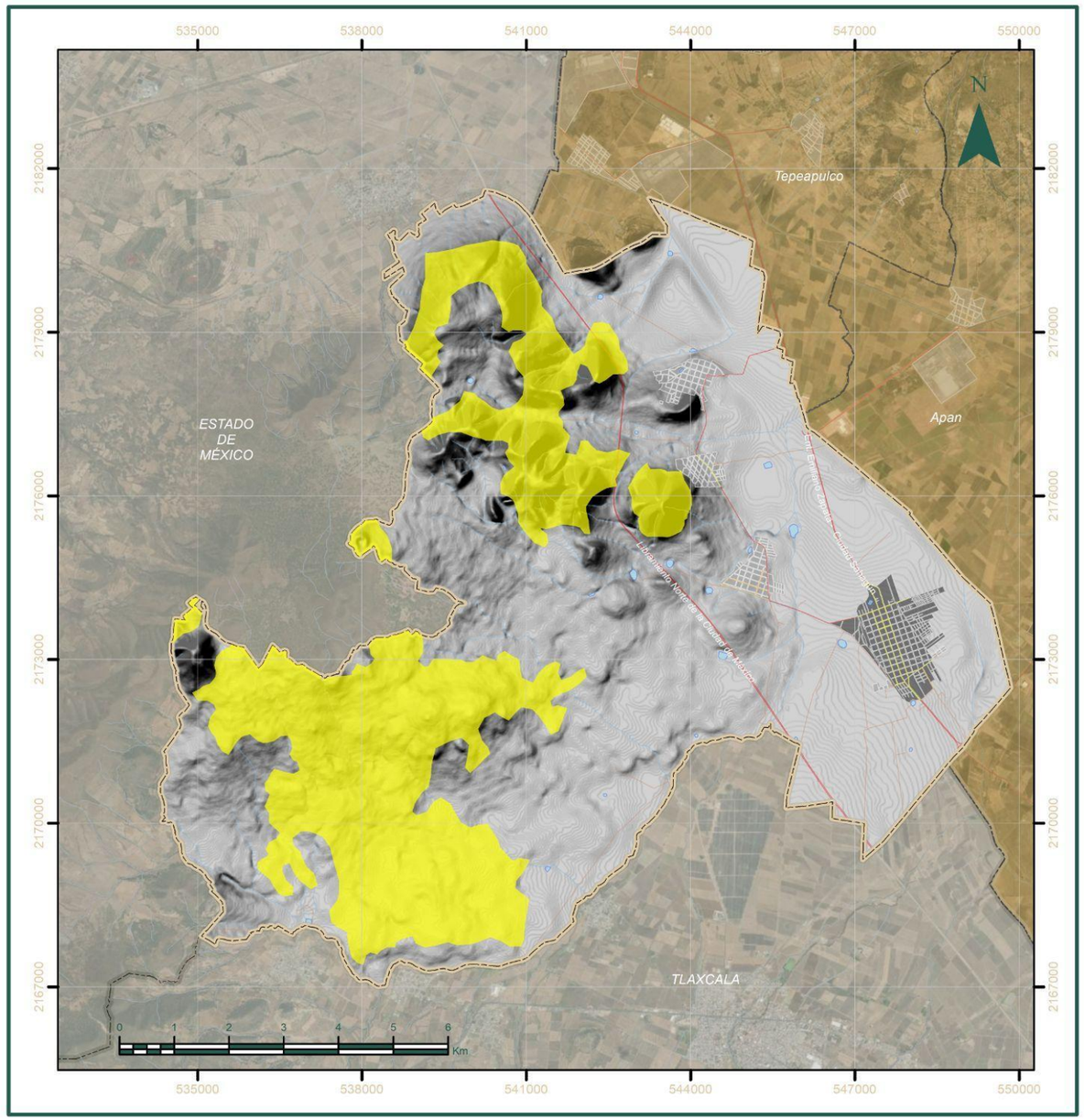
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino

Xyleborus glabratus - Raffaelea lauricola

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino
- Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino

Plantas parásitas

- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Encino
- Vegetación Secundaria Arbustiva de Bosque de Pino-Encino
- Vegetación Secundaria Herbácea de Bosque de Encino



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Defoliadores
ECO - C - 01

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Intensidad

Moderado

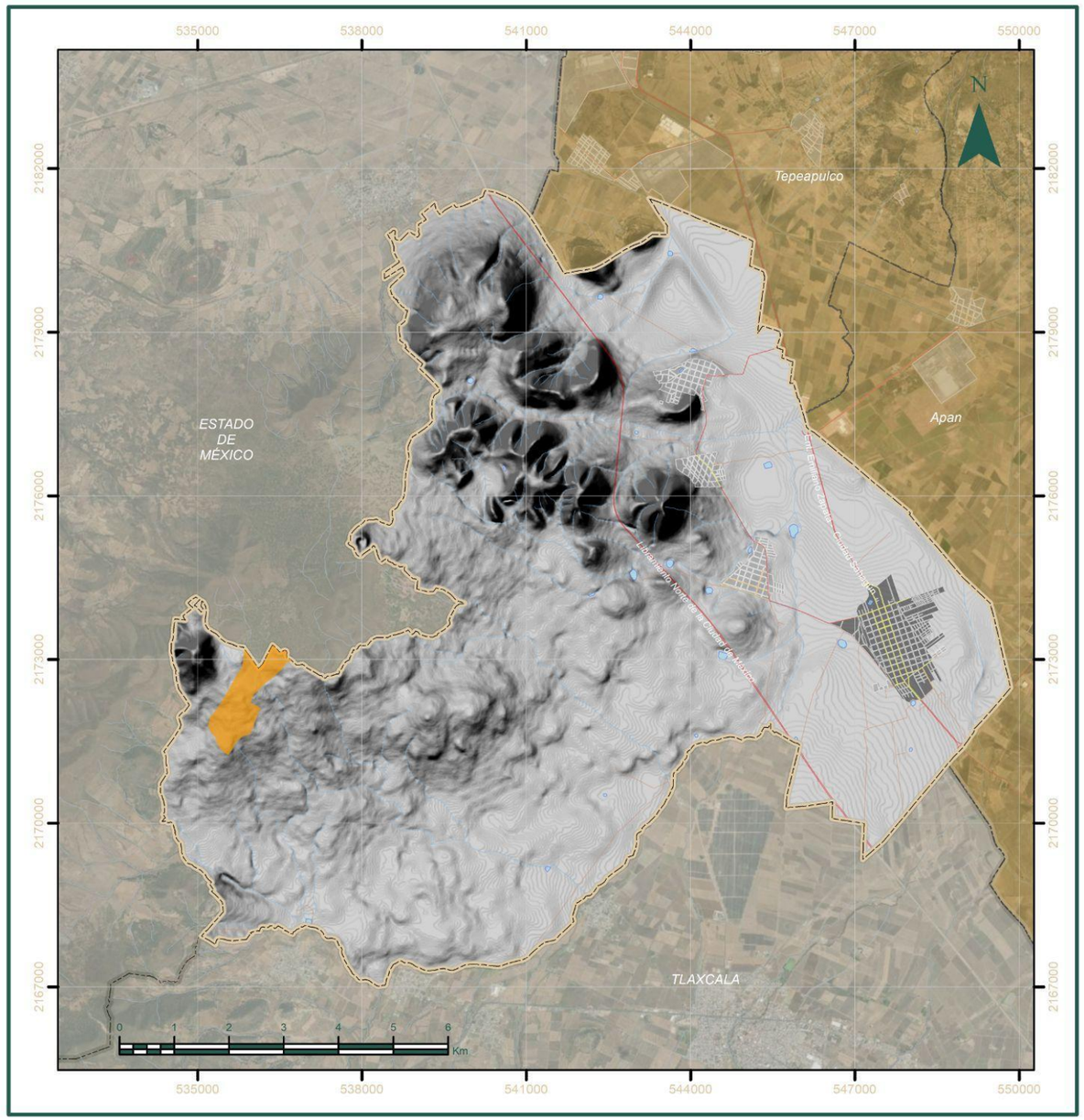
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Descortezadores
ECO - C - 02

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Intensidad

Alto

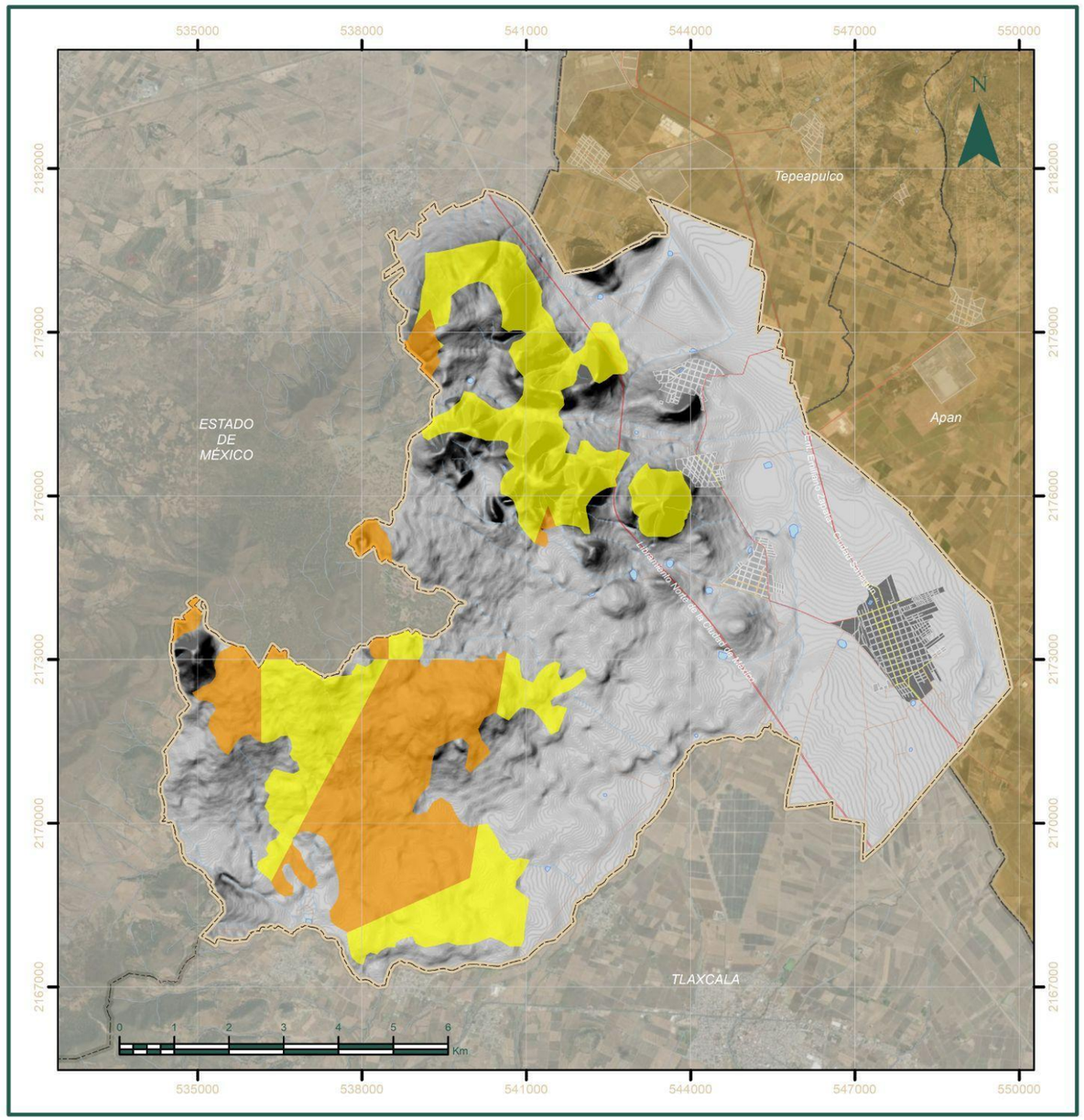
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Euwallacea spp.-Fusarium euwallaceae
ECO - C - 03

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Intensidad

Moderado
Alto

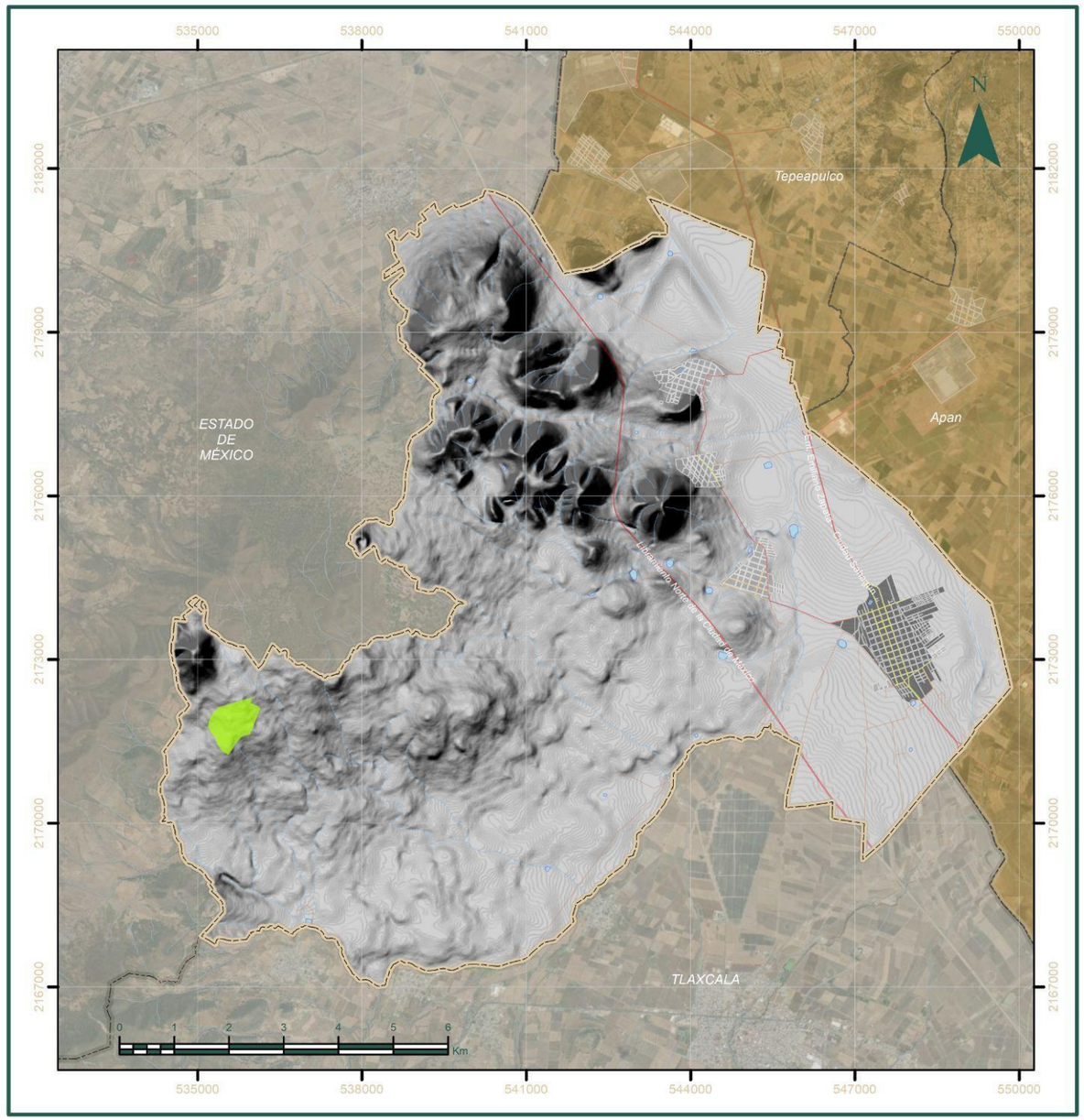
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Ocoaxo assimilis y Ocoaxo varians
ECO - C - 04

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Intensidad

- Bajo

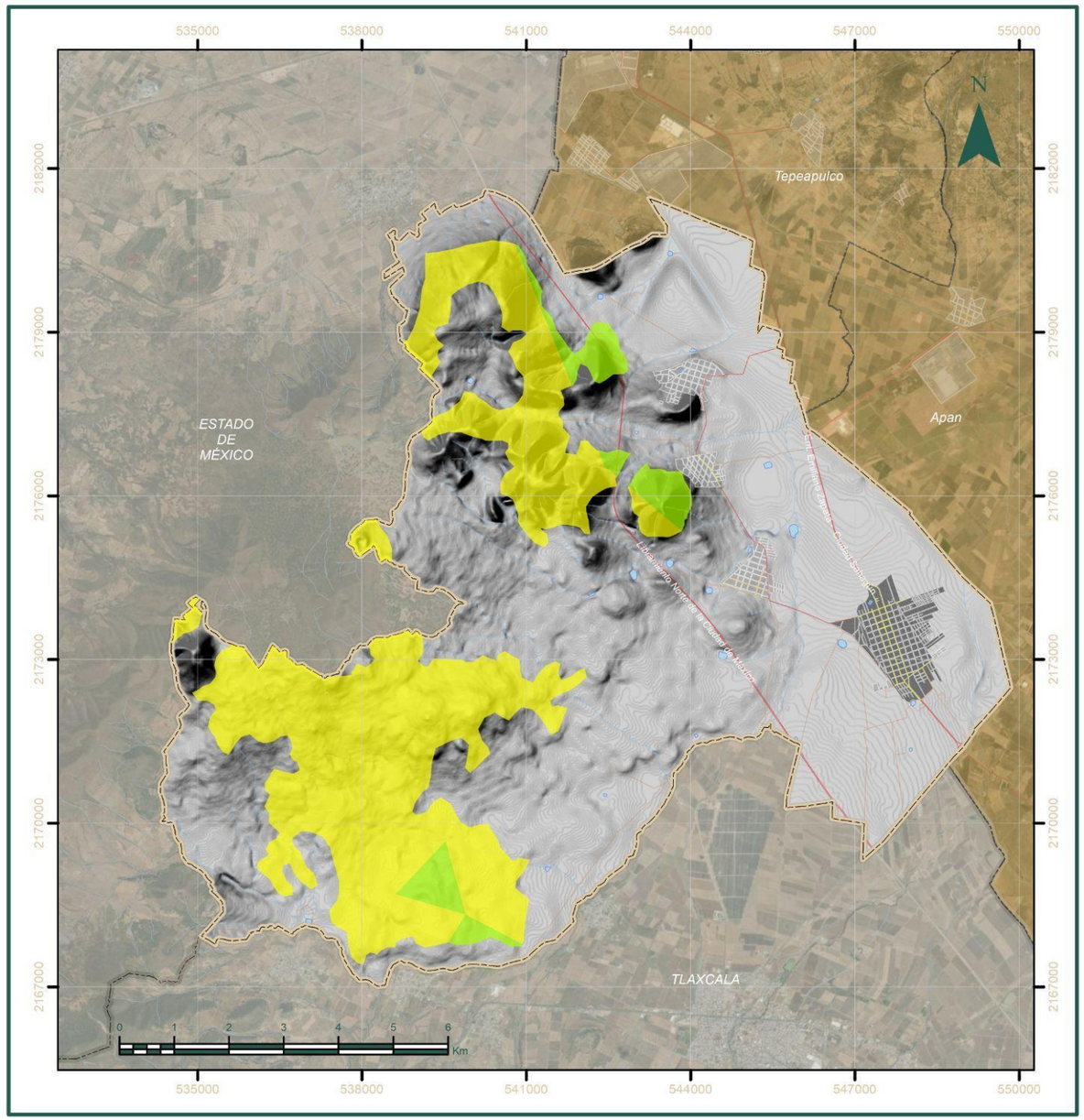
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Xyleborus glabratus-Raffaelea lauricola
ECO - C - 05

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Intensidad

Bajo
Medio

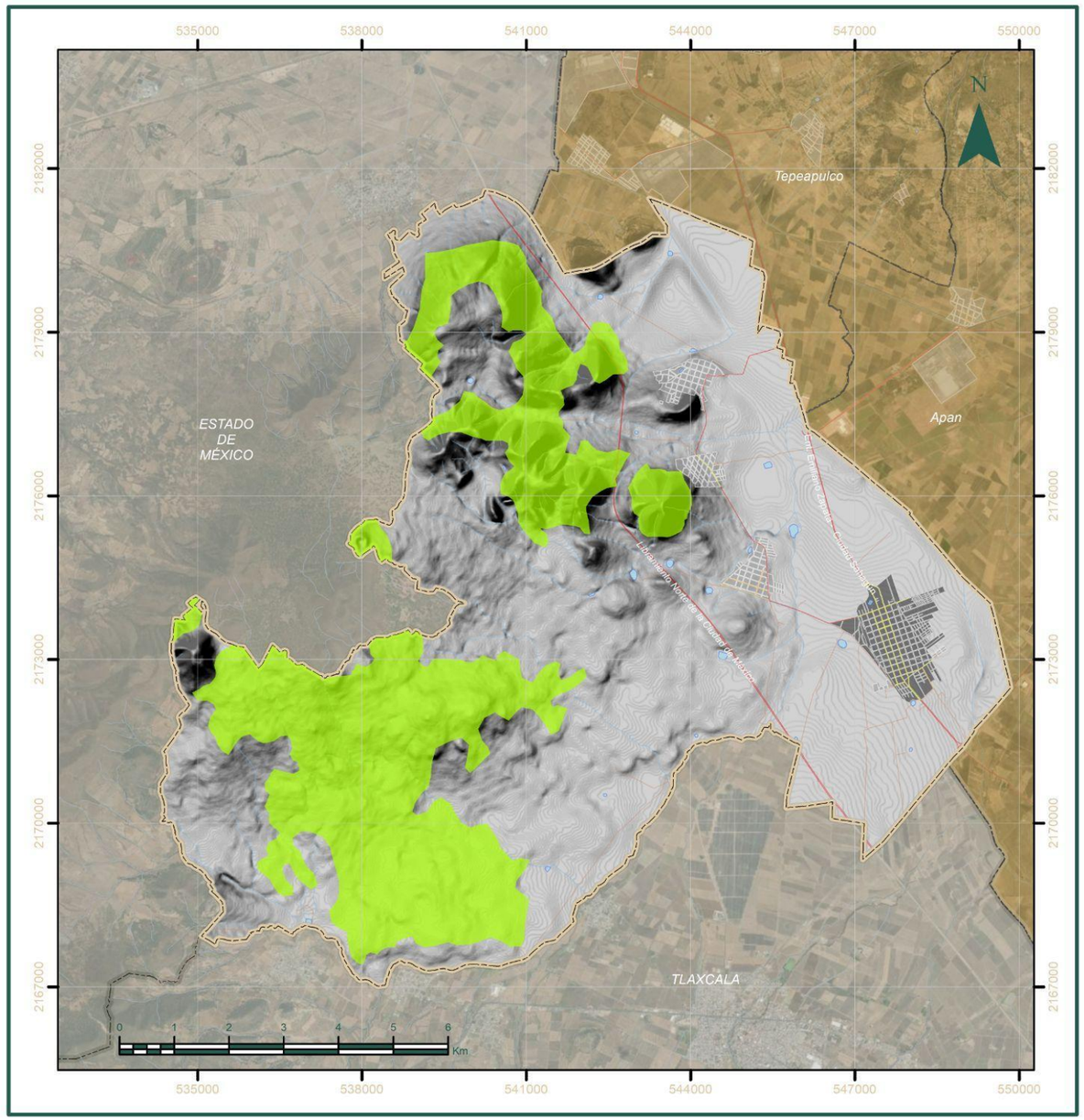
Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Plantas Parásitas
ECO - C - 06

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas

Rural
Urbana

Hidrografía

Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades

Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Intensidad

Bajo

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

13. Fenómenos socio organizativos

Los fenómenos Socio-Organizativos hacen referencia a todos aquellos productos de la actividad humana, del comportamiento de las masas y de los flujos demográficos cotidianos en el territorio y su repercusión o afectación a los sistemas vitales y estratégicos.

13.1. Concentración masiva de población

13.1.1. Introducción

Las concentraciones masivas de población se pueden presentar en distintas situaciones pueden desencadenar o no una emergencia, derivado a la falta de adecuación y acondicionamiento por tipo de evento, sobrecupo en lugares cerrados o ausencia del programa interno de protección civil, entre otras situaciones.

Estas pueden ser de tipo religioso, cívico, deportivo y cultural, en las cuales se realizan actividades como peregrinaciones, ferias, conciertos, fiesta brava, danzas folklóricas, rituales, desfiles cívicos y deportivos, manifestaciones, quema de fuegos pirotécnicos, entre otras.
Cuando se presentan este tipo de concentraciones de población en una de estas festividades y no se toman las medidas adecuadas en materia de protección civil, se pueden provocar una serie de fenómenos de origen socio-organizativo, los cuales, si salen de control pueden generar una cadena de afectaciones como la interrupción o problemas de operación de los servicios vitales, accidentes carreteros, vandalismo, acciones de saqueo, daños a propiedad privada y equipamiento urbano, pérdidas económicas y lo más importante, pérdidas

13.1.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Se trabajó con la recopilación de información de antecedentes y ubicación cartográfica de los puntos. Esto conforme a 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 de 2016. La representación de este tipo de eventos en el municipio se elaboró con la información siguiente:

1. Elaboración de un catálogo de eventos en los que se realizan festejos, que conllevan a grandes concentraciones de población por localidad, que pueden ser: religiosas, deportivas, culturales, tradicionales, oficiales, turísticas, entretenimiento o de otra naturaleza a los mencionados.

2. Capturar las cifras y estadísticas en hoja de cálculo y/o base de datos, que faciliten su incorporación en un sistema de información geográfico.

3. Calcular frecuencias y tasas de ocurrencia, y elaborar mapas temáticos en un SIG, mediante una escala de colores.

El mapa de susceptibilidad por concentraciones masivas de población debe permitir visualizar los sitios en los que se agrupa la población, así como su recurrencia y tipo de afectación al igual que los principales radios de las vialidades que se verían afectadas ante este tipo de fenómenos.

Memoria de cálculo

Análisis 1.

Mediante información proporcionada, así como notas periodísticas, se realizó tabla con antecedentes, para identificar sitios con mayor recurrencia a esta actividad. Dichos datos se integran en una tabla que incluye:

1. Número de evento
2. Nombre del Evento
3. Detalle del Evento
4. Tipo de Festejo
5. Fecha
6. Lugar
7. Frecuencia
8. Cantidad de Personas

Análisis 2.

Incorporar los datos de la tabla generada e identificar la frecuencia de los eventos.

Análisis 3.

Se elaboró un mapa con la clasificación del semáforo bajo las características de la siguiente escala de valores y colores para aquellas vialidades que se encuentran a radios de distancia de 500, 300 y 100 m.

Tabla SOC-A. Valores, escala e intensidad con colores.

100	**Muy Alto**	
300	**Alto**	
500	**Moderado**	

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

Tabla SOC-A-1. Catálogo de eventos de Concentraciones Masivas de Población.

No. de evento	Nombre del evento	Detalle del evento	Tipo de festejo	Fecha	Lugar	Frecuencia	Cantidad de Personas
1	Aniversario del municipio	Festejo del aniversario del municipio	Cívico	5 de febrero	Cabecera Municipal	Anual	>100
2	Festejo de la Independencia	Festejo de la Independencia De México	Cívico	16 de septiembre	Cabecera Municipal	Anual	>100
3	Aniversario de la Revolución Mexicana	Desfilan por las calles importantes de la comunidad	Cívico	20 de noviembre	Cabecera Municipal	Anual	>100
4	Feria del bigote	Se realizan actividades de integración social, como desfiles, Ballets etc.	Cultural	Del 2 al de 8 agosto	Centro	Anual	>100

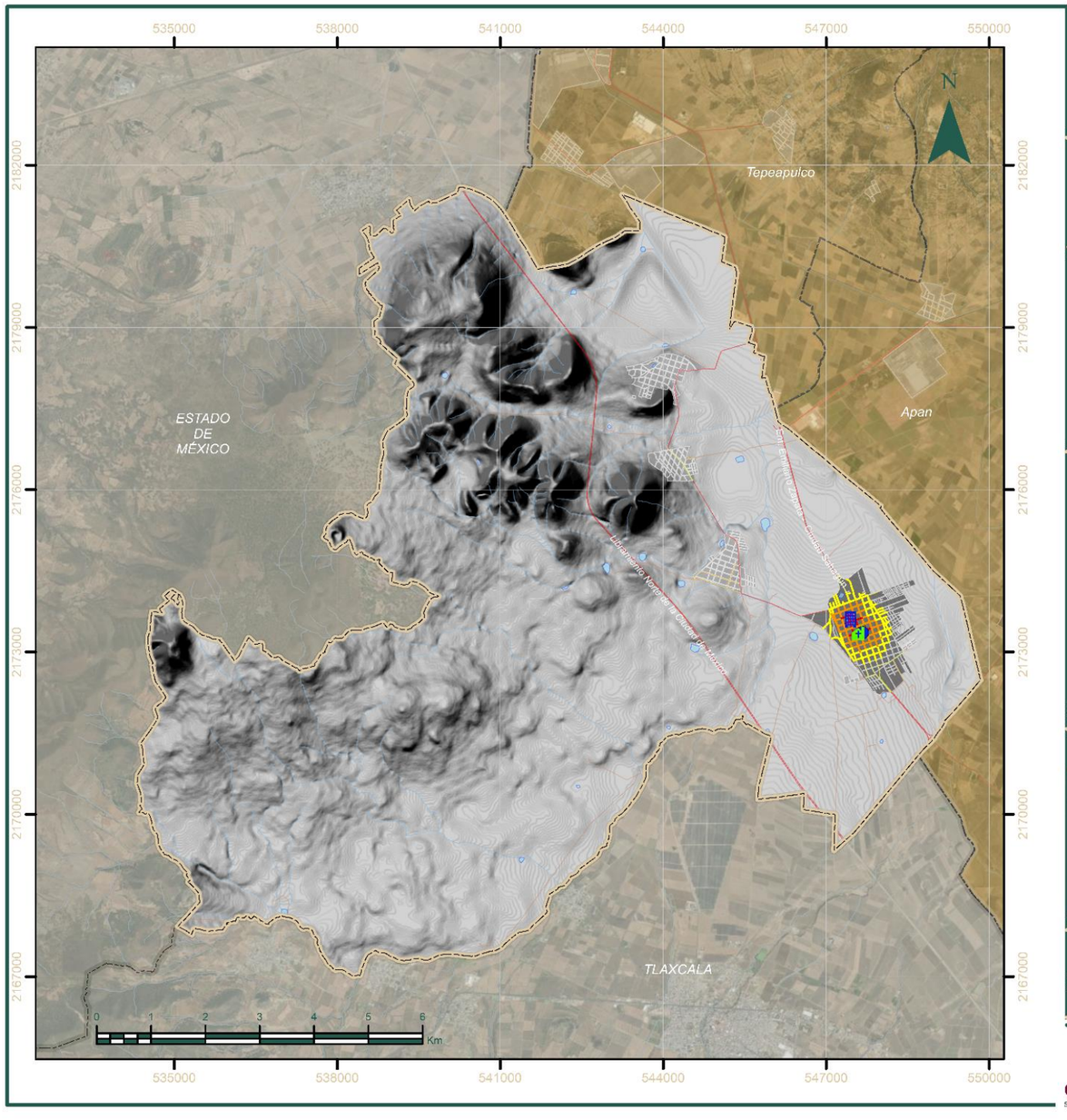
Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

13.1.3. Susceptibilidad

En el mapa resultante se encuentran representados aquellos puntos que son susceptibles a concentrar una gran cantidad de personas debido a las diversas actividades que se realizan en las inmediaciones de estos lugares, destacando que en el municipio las principales actividades que generan concentraciones masivas pertenecen a actividades cívicas y culturales.

El mapa también muestra aquellas vías que en caso de presentarse una emergencia son susceptibles a verse afectadas debido a que la población se dispersaría hacía estas zonas por la distancia a la que se encuentran de los puntos de referencia en este caso la población se dispersaría a las vialidades que se encuentran a 100 m principalmente este supuesto parte de un fenómeno observado en áreas urbanas densamente pobladas ya que es común que en caso de evacuación gran cantidad de personas se congregan en las calles entonces se daría la misma situación en caso de alguna emergencia durante este tipo de fenómenos. Es importante resaltar que el mapa debe interpretarse de una manera puntual es decir que en dado de suscitarse emergencias en concentraciones masivas los radios de afectación son puntuales, es decir el mapa no indica que estos eventos sucedan simultáneamente.

Es importante tener en cuenta que estos eventos que se realizan dentro del municipio cumplen con la importante función de sentar las bases para una adecuada cohesión social, lo que permite a los habitantes identificarse como parte de un grupo y construirse como actores diferenciados entre sí, además, para muchos de ellos significan una entrada de recursos económicos, pues en estas fechas muchos se dedican a vender diversos artículos y alimentos.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Concentraciones Masivas Población SOC-A

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

Sitios Susceptibles

- Feria
- Parroquia
- Presidencia Municipal

Suscpetibilidad

- Muy alta
- Alta
- Media

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

13.2. Afectaciones en instalaciones estratégicas por error humano

13.2.1. Introducción

La Infraestructura estratégica es toda aquella infraestructura que forma parte de los bienes y servicios indispensables, que en caso de ser afectados, recibir un daño o inhabilitación puede llegar a ser una amenaza para la seguridad de la población. El motivo de la suspensión de estos servicios son producto del error humano (causas accidentales, ignorancia, distracción, fatiga, etc...) según lo establecido en la Ley General de Protección Civil (LGPC) del año 2023.
La interrupción o afectación de servicios básicos o instalaciones estratégicas producto de errores humanos pueden afectar a un gran número de personas, y se puede presentarse principalmente por falta de mantenimiento, desabasto de combustibles, accidentes, etc

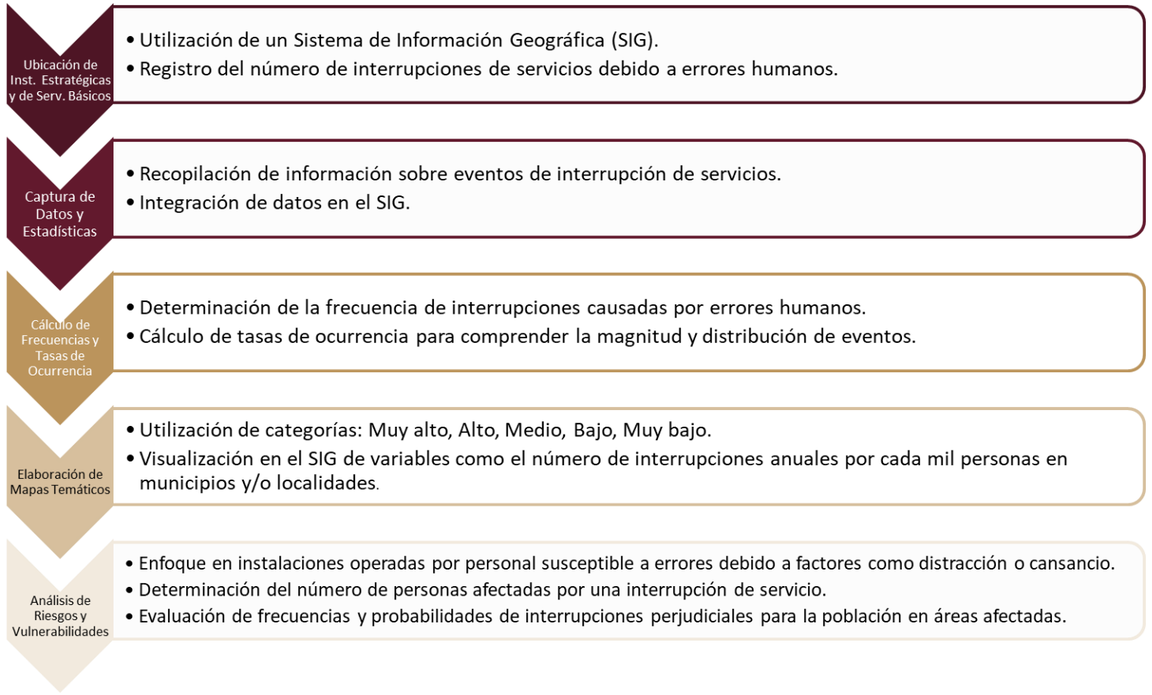
Imagen SOC-B-01. Imagen representativa de la interrupción del servicio eléctrico



Fuente : (interruptions, 2024).

13.2.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Diagrama SOC-B-01. Metodología para el análisis de afectaciones en instalaciones estratégicas por error humano.



Fuente : Soluciones SIG, elaborado a partir del análisis de peligro.

Desafortunadamente para el municipio de Emiliano Zapata no se cuenta con una base de datos sólida donde se refleje la interrupción de estos servicios , sin embargo gracias al Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) y la biblioteca digital de mapas de INEGI, podemos obtener datos georreferenciados de la infraestructura estratégica en el municipio.

El análisis se centrará exclusivamente en las instalaciones operadas por personal que, debido a factores como la distracción o el cansancio, puedan provocar la interrupción total de un servicio.

13.2.3. Susceptibilidad

Con base en la información disponible y recopilada se ha podido avanzar hasta el primer punto de la metodología propuesta por la Guía de Contenido Mínimo. Dicho paso se enfocó en la identificación de las instalaciones estratégicas como bien pueden ser:

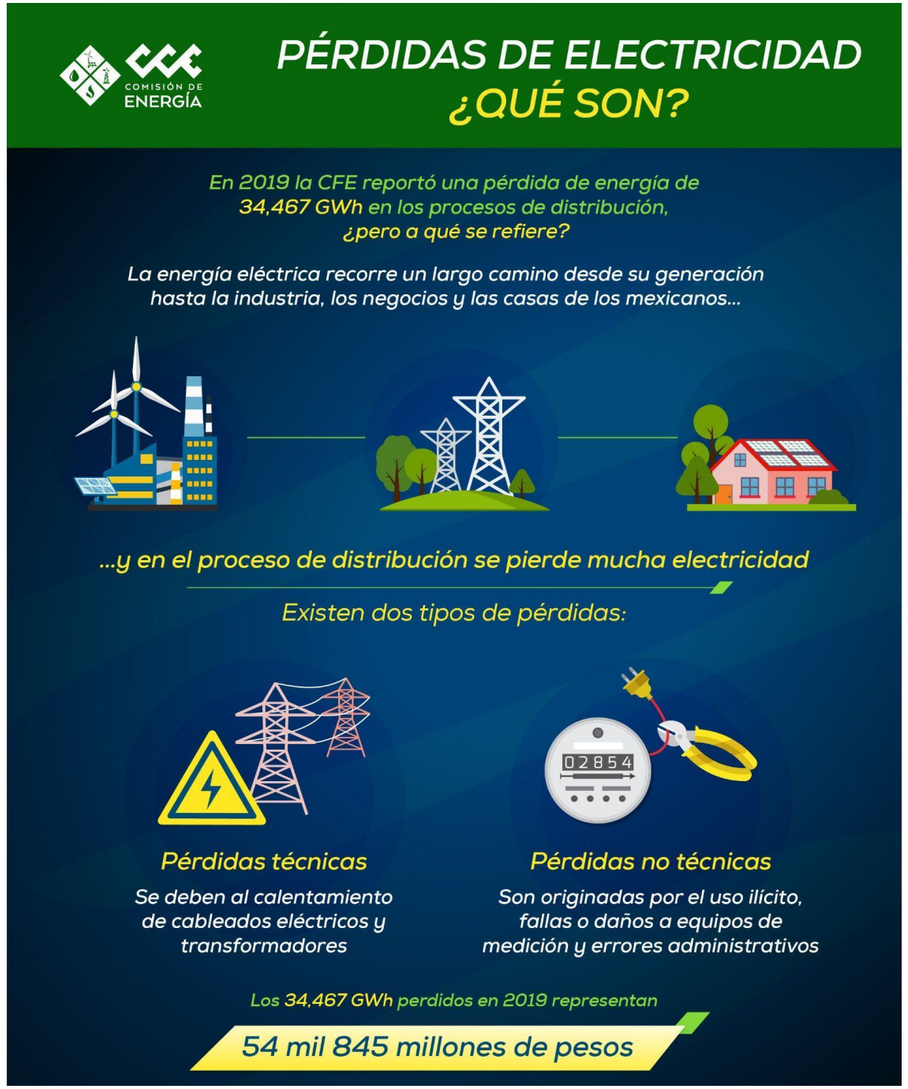
- Lineas de comunicacion
- Instalaciones de comunicaciones (antenas y torres de comunicación)
- Líneas eléctricas
- Estaciones de distribución eléctrica
- Instalaciones de bombeo de agua
- Casetas de peaje
- Presas
- Acueductos
- Tanques de agua
- Estaciones de ferrocarril
- Vías férreas
- Hospitales
- Centros de salud
- Servicio de dentista

Sin embargo no se cuenta con información suficiente para un análisis más complejo de las pérdidas económicas en caso de la interrupción de algunos de estos servicios.

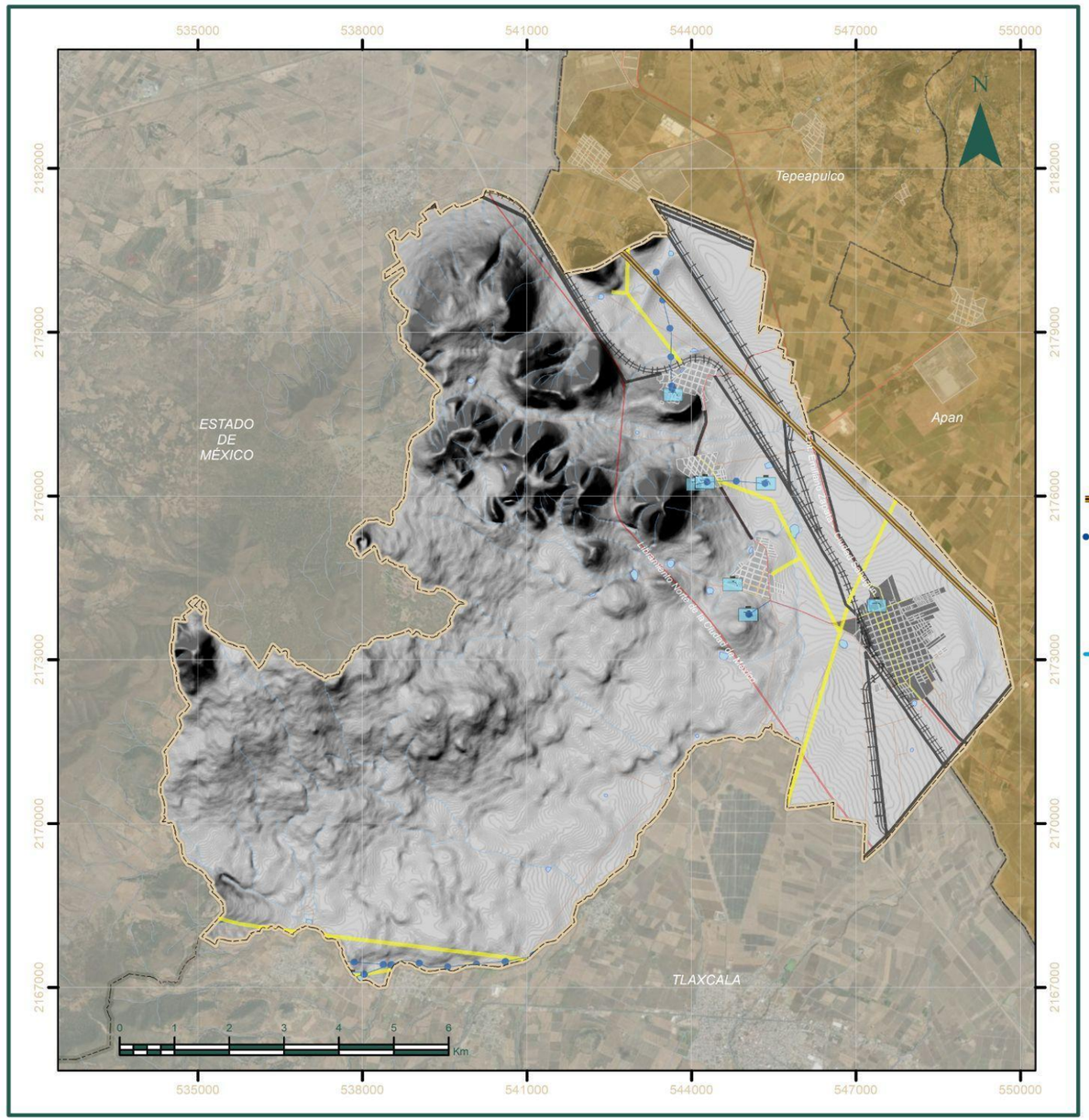
Se propone formar una base de datos sólida por parte de las autoridades municipales de la interrupción de estos servicios, como duración de la interrupción, causa detallada de la interrupción y zonas afectadas. De esta manera aseguramos tener un análisis detallado de las afectaciones que puede causar el error humano en la interrupción de los servicios.

Como se puede observar en el mapa SOC-B-01 los servicios públicos se concentran más en la zona centro del municipio haciendo que sea aquí el sector más vulnerable a tener pérdidas económicas por la interrupción de estos servicios.

Imagen SOC-B-02.



Fuente : CFE 2020



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Servicios Publicos
SOC - B - 01

Simbología

- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal

Localidades amanzanadas

- Rural
- Urbana

Hidrografía

- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades

- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

- Ductos
- Lineas de comunicacion
- Acueducto
- Lineas Electricas
- Instalacion de Bombeo
- Instalaciones de Comunicación
- Estacion de Ferrocarril
- Tanques de Agua
- Presas
- Vias Ferreas
- Estaciones de Distribución Electrica

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

SISTEMA ESTATAL DE PROTECCIÓN CIVIL HIDALGO
HIDALGO PRIMERO EL PUEBLO
GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO
SIG

13.3. Terrorismo y Sabotaje

13.3.1. Introducción

De acuerdo con la Resolución 1566 del Consejo de Seguridad de la Organización de las Naciones Unidas (2004), el terrorismo se define como:

Actos criminales, inclusive contra civiles, cometidos con la intención de causar la muerte o lesiones corporales graves o de tomar rehenes con el propósito de crear un estado de terror en la población en general, en un grupo de personas o en determinada persona, intimidar a una población u obligar a un gobierno o a una organización internacional a realizar un acto o abstenerse de realizarlo.

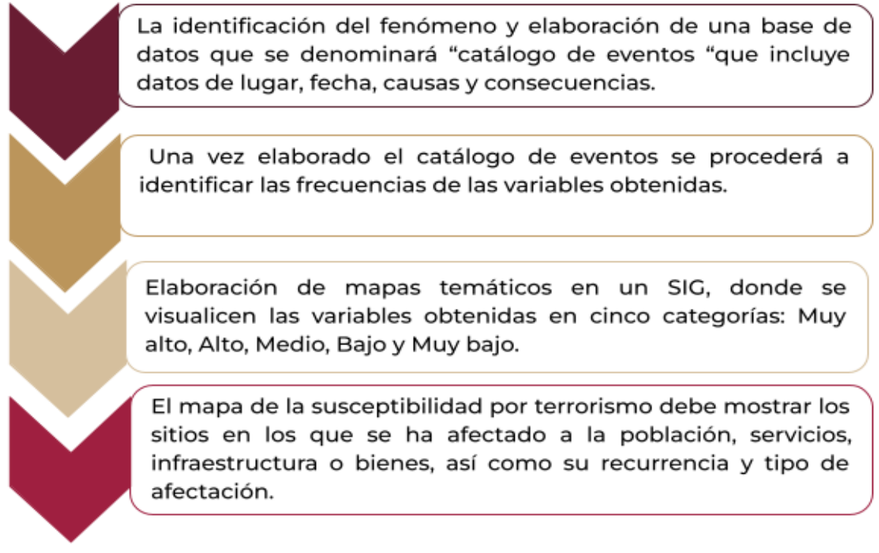
En México de acuerdo con el código penal federal el artículo 139 indica que se impondrá pena de prisión de 6 a 40 años y hasta mil doscientos días de multa al que utilizando sustancias tóxicas, armas químicas biológicas o similares o por cualquier otro medio violento, intencionalmente realice actos en contra de bienes o servicios ya sea públicos o privados o bien en contra de su actividad física, emocional o la vida de las personas que produzcan alarma, temor o terror en la población o un grupo o sector de ella, para atentar contra la seguridad nacional o presionar a la autoridad o a un particular u obligar a éste para que tome una determinación.

En lo que comprende el tema de sabotaje el código penal federal establece en su artículo 140. Se impondrá pena de dos a veinte años de prisión y multa de mil a cincuenta mil pesos, al que dañe, destruya, perjudique o ilícitamente entorpezca vías de comunicación, servicios públicos, funciones de las dependencias del Estado, organismos públicos descentralizados,

13.3.2. Metodología y Memoria de Cálculo

La guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos sugiere los siguientes pasos para realizar el análisis:

Diagrama SOC-C. Requerimientos para el análisis de Terrorismo y Sabotaje.

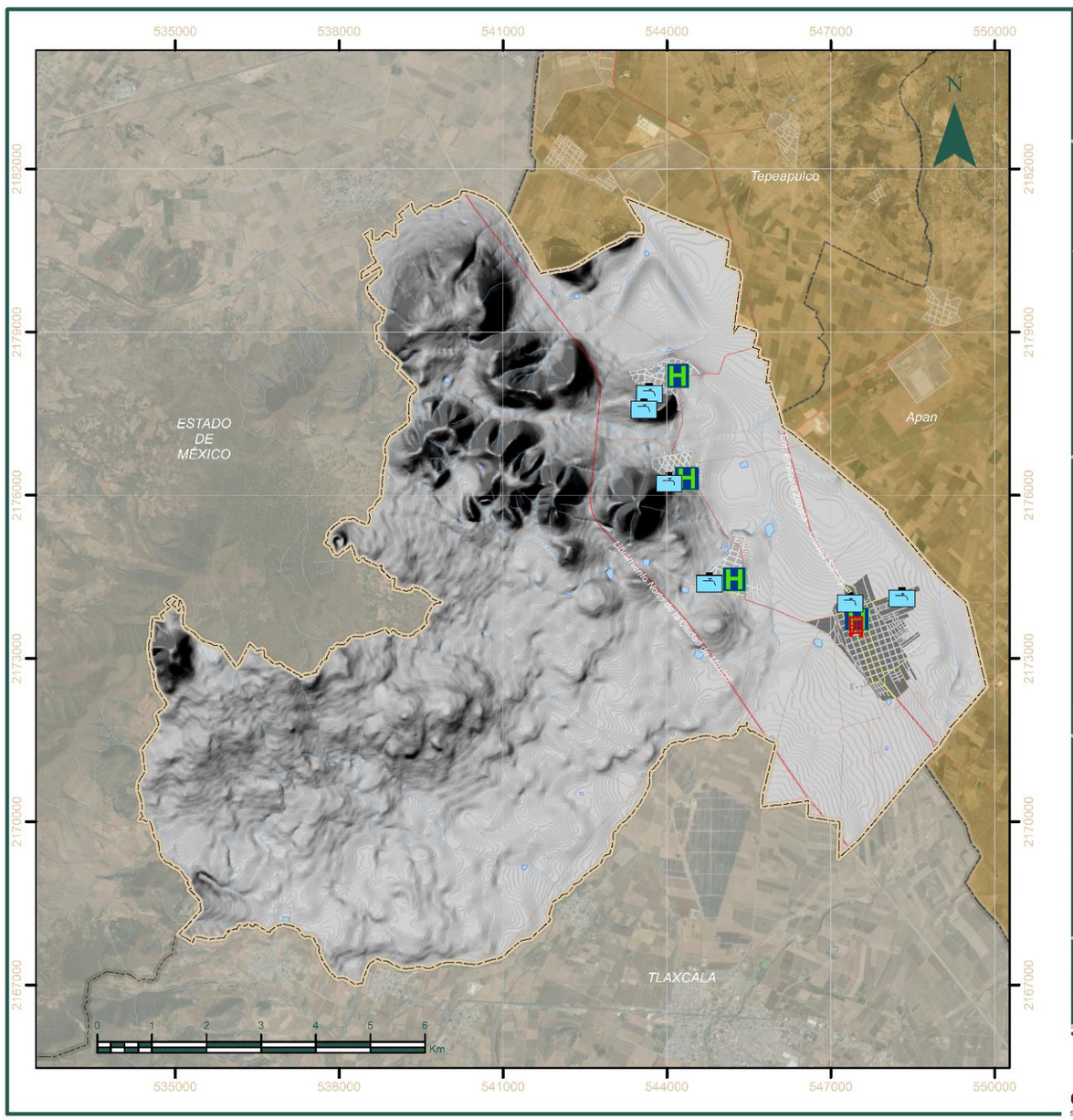


Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

13.3.3. Susceptibilidad

Debido a no existir antecedentes registrados respecto a la manifestación de este tipo de eventos socio-organizativos de este tipo que permitan su análisis, incluso en todo el país son pocos los actos que han sido catalogados factibles para cumplir con la definición de este la cual sigue presentando ciertas diferencias en su definición y aún sigue sin haber consenso sobre la misma.

La realización de la presente cartografía está limitada únicamente a la ubicación de bienes o servicios del sector salud, bienes o servicios del sector agua e instalación gubernamental que pueden ser el centro de desarrollo de esta clase de fenómenos, a efecto de señalar sus ubicaciones geográficas.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Terrorismo y Sabotaje SOC-C

Simbología

Límite de Estudio
Límite Municipal
Límite Estatal

Localidades amanzanadas
Rural
Urbana

Hidrografía
Corrientes hídricas
Cuerpos de agua

Vialidades
Avenida
Camino
Carretera

Leyenda

Sitios Susceptibles
Bienes y/o Servicios Salud
Instalación Gubernamental
Bienes y/o servicios Agua

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

13.4. Inconformidad social

13.4.1. Introducción

La inconformidad social se ve reflejada en marchas y manifestaciones públicas. Debido a los malos manejos de las regiones y naciones, se genera un malestar colectivo y se suelen presentar paros, revueltas y demás, para hacer sentir la posición del pueblo y exigir cambios. En la actualidad crece cada día más y ha conllevado incluso, a derrocamientos políticos en el poder.

En general, las demostraciones de inconformidad social se expresan mediante el cierre parcial y temporal de las mayores vialidades del municipio, bloqueos de ciertos puntos con el fin de realizar protestas, manifestaciones entre otras. Aunque estas últimas son más constantes, en general no causan mayores perjuicios a la población en general debido a que se concentran en las áreas públicas de manera pacífica.

13.4.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Mediante información proporcionada por la Dirección de Protección Civil Municipal y notas periodísticas, se localizaron los sitios, vialidades, plazas, edificios administrativos o algún otro punto de reunión donde se registraron las expresiones de inconformidad social, en su modalidad de manifestación, bloqueos, etc. Con esta información se elaboró un catálogo con la fecha, lugar y motivo del evento. Una vez ubicados, tal y como lo define la guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos se delimitaron en un mapa donde se clasificaron por categorías de acuerdo con el número máximo de frecuencia.

Se elaboró un catálogo de eventos que presenta los siguientes datos: Fecha, Evento, Lugar, Frecuencia, Escala con el cual se busca detallar los eventos de inconformidad social.

Los parámetros de Frecuencia y Escala se conforman bajo las características de la siguiente escala de valores y colores.

Tabla SOC-D. Tabla de frecuencia, escala y nivel de intensidad en color.

Muy Frecuente	Muy Alto	
Frecuente	Alto	
Poco Frecuente	Moderado	
Ocasional	Bajo	
Extraordinario	Muy Bajo	

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

La siguiente tabla muestra solo 1 evento de inconformidad social que se ha presentado en el municipio.

Tabla SOC-D-1. Registro de inconformidad social y frecuencia .

Fecha	Evento	Lugar	Frecuencia	Escala
28/04/2020	Exigen policías cese de mando; toman comandancia	Presidencia municipal	Extraordinario	Muy bajo

Fuente: SOLUCIONES SIG,2024.

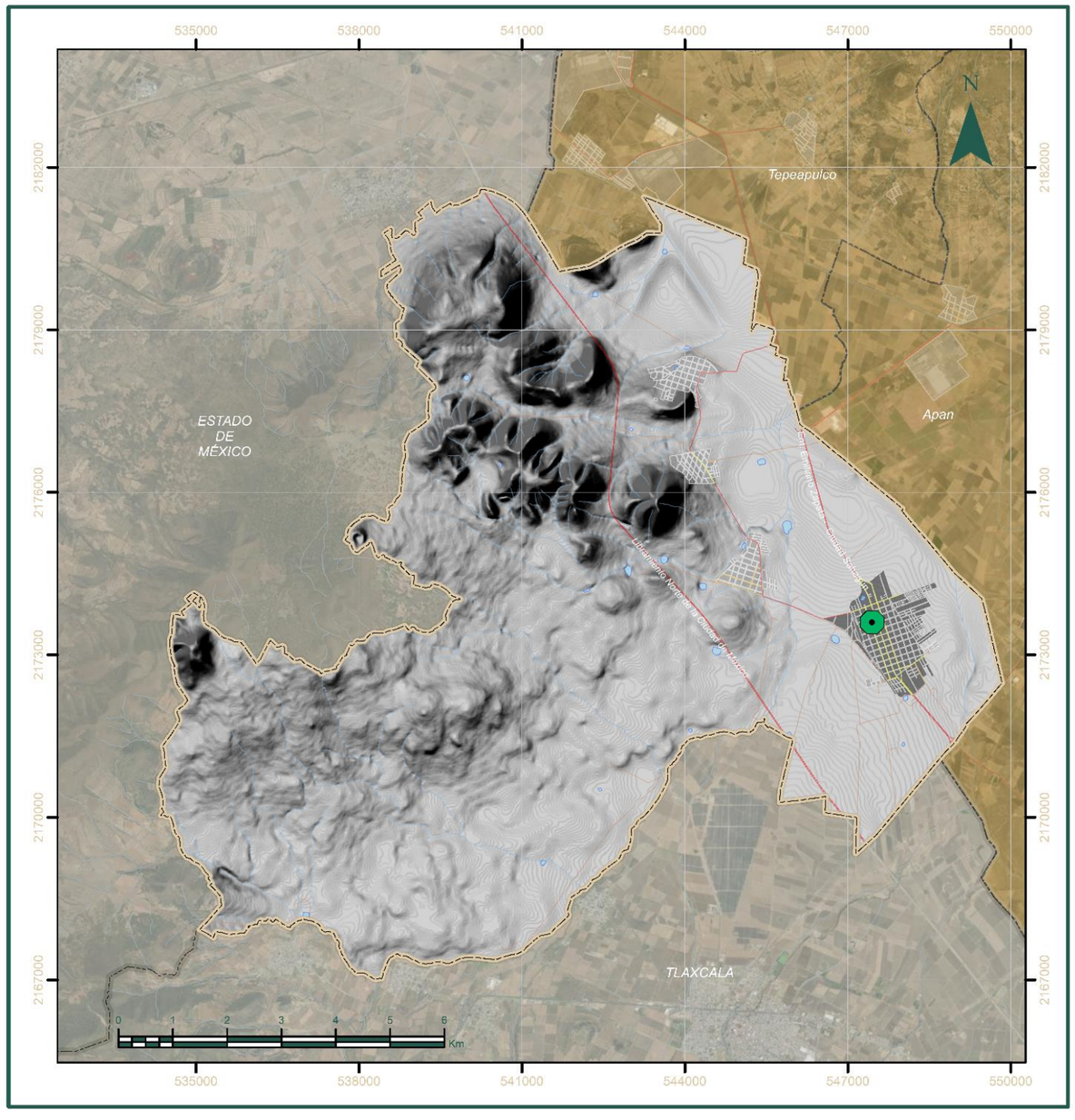
13.4.3. Susceptibilidad

Los datos categorizados del catálogo de eventos se presentan en la tabla de registro de inconformidad social de los cuales en el municipio sólo se identificó 3 sitios en donde se dieron los eventos de esta índole.

El mapa permite visualizar los lugares donde ocurren manifestaciones derivadas por inconformidades sociales, así como su recurrencia.

En el municipio las principales manifestaciones han sido en torno temas más concisos de ciertas dependencias e instituciones.

Es importante contar con un archivo histórico de estos eventos para poder analizar los comportamientos de la población en cuanto a los temas sociales que más recurrencia tienen y ver qué medidas se han tomado o deberían tomarse ante los mismos.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE EMILIANO ZAPATA

Inconformidad Social SOC-D

Simbología

Hidrografía
- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal
- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Vialidades
- Avenida
- Camino
- Carretera

Localidades amanzanadas
- Rural
- Urbana

Leyenda

Sitios
- Presidencia Municipal

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000 Proyección.....UTM Zona 14N
Dátum.....México ITRF 2008 Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

13.5. Índices delictivos

13.5.1. Introducción

De acuerdo con la “Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos”, del DIARIO OFICIAL (Primera Sección), Secretaría de Gobernación; emitido el miércoles 21 de diciembre de 2016 el vandalismo y/o índices delictivos, forman parte de los fenómenos perturbadores, integrado dentro de los fenómenos socio-organizativos, mismo que está definido como un fenómeno urbano, que se traduce en actos violentos, generalmente por un grupo de personas, con la finalidad de producir de forma voluntaria y gratuita daños materiales en propiedades tanto públicas como privadas, derivado de alguna inconformidad de tipo social, económica y política. Así mismo se indica que se deriva del conjunto de conductas que infringen las normas o leyes establecidas. La violencia afecta a la población, incrementa los costos de salud y asistencia social, reduce la productividad, disminuye el valor de la propiedad, desorganiza una serie de servicios esenciales y en general deteriora las estructuras de una sociedad.

El aumento de índices delictivos puede tener un impacto negativo en la calidad de la vida humana de una comunidad, generando sensaciones de inseguridad y reduciendo la “estética” y el valor de la propiedad, adicional a esto puede llegar a ser costoso reparar los daños causados por el vandalismo.

Así mismo es importante tomar acciones para la prevención contra el vandalismo, algunas de ellas pueden ser sistemas de vigilancia, sensibilización a la población y buena calidad en la educación, así como la aplicación de sanciones legales contra las personas que llegasen a cometer tales actos. La acción de estás medidas podrían ayudar a contribuir o a fomentar una cultura de mayor respeto a la propiedad y así mejorando la calidad de vida de una comunidad.

De acuerdo con la encuesta de seguridad pública urbana del 1er trimestre del 2024 de INEGI a nivel nacional, durante el mes de marzo el 61.0% de la población de 18 años en adelante considera que vive en un lugar inseguro de los cuales el 66.5% fueron mujeres y el 54.5% fueron hombres. Las ciudades con mayor porcentaje de población que se siente insegura son:

- Fresnillo, con 95.4%
- Naucalpan de Juárez, con 89.6%
- Zacatecas, con 89.3%
- Chilpancingo de Bravo, con 87.3%
- Cuernavaca, con 87.0%
- Ciudad Obregón, con 86.6%

En contraste, las ciudades donde la percepción de inseguridad resultó menor fueron: Benito Juárez (11.1 %), Piedras Negras (19.0 %), Cuajimalpa de Morelos (22.5 %), Mérida (23.2 %), Tampico (23.6 %) y Los Cabos (24.8 %).

13.5.2. Metodología y Memoria de Cálculo

De acuerdo con la mencionada guía de CENAPRED, este fenómeno se puede estudiar mediante la siguiente metodología:

La representación de este tipo de eventos puede realizarse por AGEB de localidad, lo cual dependerá de la información con la que se cuente. La creación del mapa de susceptibilidad por vandalismo se obtendrá mediante los siguientes pasos:

- Identificación del fenómeno y elaboración de una base de datos sobre los eventos ocurridos en un año dado incluyendo fecha, lugar (colonia o área delictiva) donde se ha presentado información al respecto de este fenómeno en particular, podría ser utilizada información referente a robos, asaltos, entre otras acciones delictivas, así como sus consecuencias (decesos, población e inmuebles afectados, daños o pérdidas económicas, etc.).

- Identificación de frecuencias de las variables obtenidas. Por ejemplo, número de eventos en el municipio y localidad, lugares de mayor incidencia, la cual dependerá de la disponibilidad de información.

- Elaboración de mapas temáticos en un SIG, donde se visualicen las variables obtenidas en cinco categorías: Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo, mediante una escala de colores que permita la identificación, localidades o AGEB con diferentes tasas de eventos o de acuerdo con el número máximo de frecuencias de cada una de las variables.

El mapa de susceptibilidad por índices delictivos, debe ubicar los sitios (colonia o área delictiva) en donde se ha presentado: vandalismo, robos, asaltos, entre otras acciones delictivas, así como su recurrencia e impacto.

Debido a que a nivel municipal no se cuenta con información detallada de las incidencias delictivas. Sin una base de datos que contenga registros detallados de los eventos ocurridos, incluyendo la fecha, el lugar y la naturaleza del delito, es imposible identificar patrones, tendencias y áreas de mayor incidencia.

La elaboración de una base de datos es fundamental para comprender la magnitud y la distribución geográfica de los eventos delictivos. Ya que proporciona la materia prima necesaria para identificar las frecuencias de los eventos en diferentes ubicaciones, así como para elaborar mapas temáticos que visualicen estas variables.

Además, esta información nos permite categorizar los eventos en diferentes niveles de gravedad, lo que facilita la identificación de áreas con un alto riesgo de vandalismo u otros delitos. Sin datos concretos, no se puede determinar la magnitud del problema ni diseñar estrategias efectivas de prevención y control.

Sin embargo se proponen medidas de mitigación para disminuir los índices delictivos una de ellas son las siguientes:

- Instalar el mobiliario urbano en zonas visibles y transitadas hará disuadir a los vándalos de sus acciones. Así como elegir bancos urbanos y mobiliario urbano con criterios antivandálicos: tornillería antivandálica, material fácilmente lavable, estructuras bien ancladas y sobredimensionadas en espesores y diámetros.

- Destinar espacios específicos para el grafiti donde el arte urbano se pueda expresar.

- La aplicación de medidas preventivas resulta ser más sencillo y económico que asumir el coste posterior. En este caso, la familia y la escuela deben ir de la mano, siendo los agentes más importantes y con mayor capacidad para influir en los menores y donde la escuela aporta un espacio donde se pueden desarrollar proyectos socioeducativos que se adapten a las asignaturas, trabajando de manera transversal temas como la incidencia delictiva.

- Plantear un compromiso a través de la intervención sociocomunitaria; generando espacios educativos en favor de una ciudadanía comprometida y responsable con su entorno social, medioambiental y urbanístico.

13.6. Accidentes terrestres

13.6.1. Introducción

Dentro de la clasificación que comprende los fenómenos socio-organizativos, los accidentes de transporte son los que producen el mayor número de pérdidas humanas sea urbano o interurbano. Las medidas de prevención para estos peligros están relacionadas con la adopción de prácticas adecuadas de transporte, organización, operación y vigilancia, que son propias de cada actividad específica aunado al incremento de una cultura de vialidad y de prevención de parte de los habitantes.

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) adoptó en 2005 el Día Mundial en Recuerdo de las víctimas de accidentes de tráfico, el cual se conmemora el tercer domingo de noviembre. Desde entonces se ha extendido a diversos países en todos los continentes. Este día se ha convertido en un instrumento que ofrece la oportunidad para reflexionar sobre las causas y consecuencias de los hechos de tránsito, así como sobre la labor de los servicios de apoyo y rescate, de los esfuerzos desplegados en todo el mundo para reducir las muertes por accidentes de tráfico. Además de concientizar sobre la devastación económica que producen estos siniestros ya que cuestan a la mayoría de los países el 3% de su PIB según la estimación de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Reconociendo el problema de salud que representan los accidentes de tránsito, la ONU incorpora una meta en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la cual consiste en reducir a la mitad el número mundial de muertes y traumatismos por accidente de tránsito respecto al 2020.

El Informe sobre el estado mundial de la seguridad vial 2018, publicado por la OMS, destaca que el número de muertes anuales causadas por accidentes de tránsito en 2016 ha alcanzado 1.35 millones; en este sentido, la propia OMS sugiere estrategias enfocadas a reducir el número de víctimas, tales como disminuir los límites de velocidad, evitar el consumo de alcohol en conductores, entre otras. Asimismo, se recomienda la creación de infraestructura más segura como carriles exclusivos para ciclistas y motociclistas; mayores estándares de seguridad para los vehículos, como por ejemplo el control electrónico de estabilidad y, finalmente, mejorar la atención médica a las víctimas.

13.6.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Para el desarrollo del análisis del fenómeno perturbador para el municipio se realiza en primera instancia una recopilación de información generada por dependencias oficiales.

Sin embargo, para el municipio no se cuenta con una base sólida de antecedentes registrados de este tipo que permitan su análisis, para lo que se hizo un análisis exhaustivo en bases de información oficial como INEGI sin contar con ningún evento registrado en su base de datos georreferenciada. Respecto a la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se tiene año con año una estadística de accidentes de tránsito para cada uno de los estados de la república mexicana.

Es así que se recopiló una amplia base de datos de accidentes que van desde el año 2011 a el año 2022, gracias a esto se logró observar cuán cerca está la distribución de un conjunto de datos a alguna distribución ideal. Se tomará un registro de estos 10 últimos años de los accidentes ocurridos en carreteras libres y federales de cuota que conectan con el municipio o cercanas a él.

13.6.3. Peligro

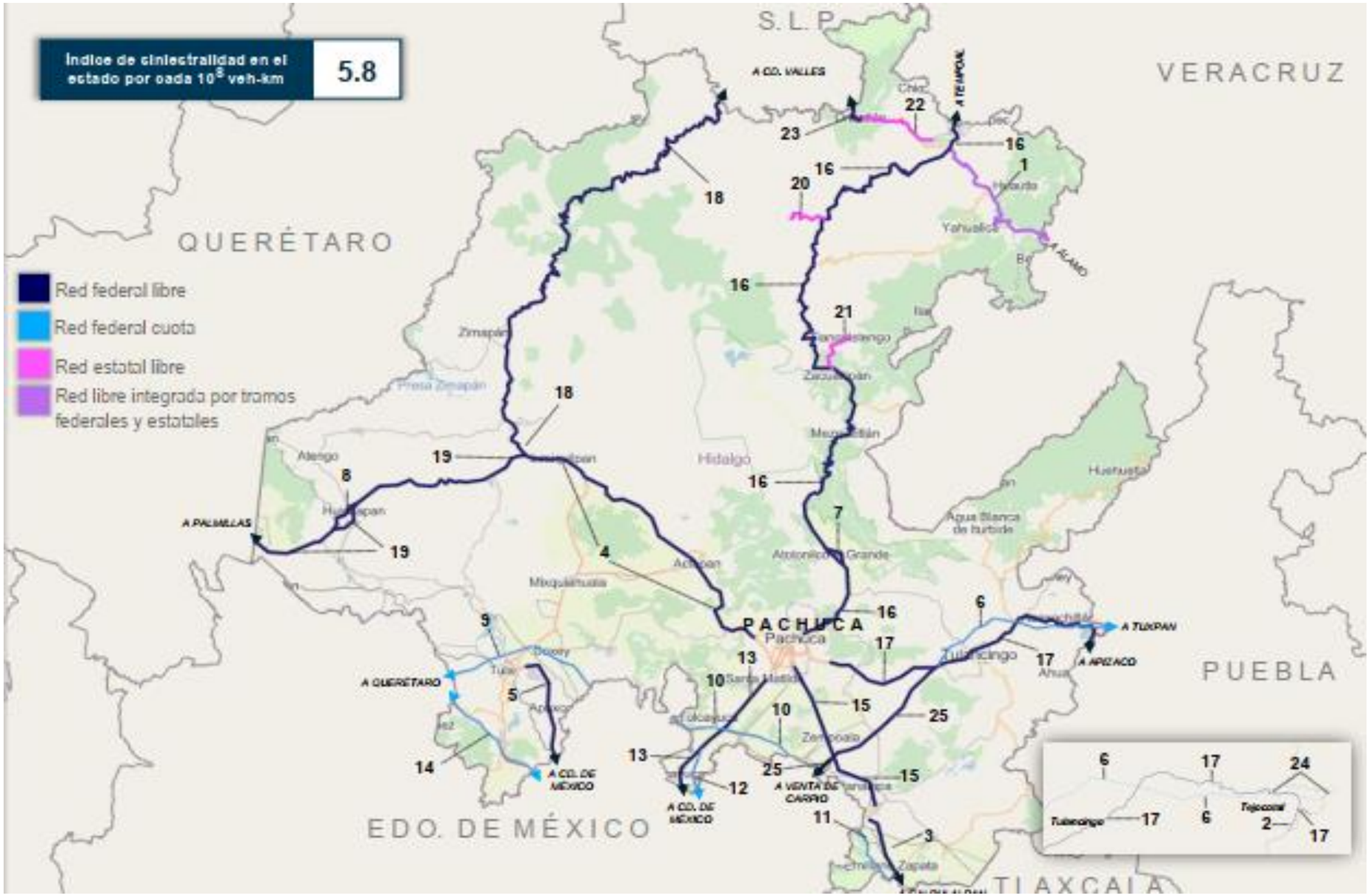
Tabla SOC-F-01. siniestros registrados en carreteras federales del estado de Hidalgo en el estado de Hidalgo

ID	Carretera	Longitud [Km]	Siniestros de tránsito [Totales]
1	Álamo - Huejutla de Reyes Lím. Edos. Ver./Hgo. - T.D. Huejutla de Reyes	40.3	2
2	Apizaco - Tejocotal Lím. Edos. Pue./Hgo. - T.C. (Pachuca - Tuxpan)	2.70	1
3	Cd. Sahagún - Ent. Emiliano Zapata T.D. Corredor Industrial - Lím. Edos. Hgo./Tlax.	16.0	4
4	Ent. Colonia - Portezuelo	72.8	3
5	Ent. Jorobas - Tula Lím. Edos. Méx./Hgo. - Refinería Tula	24.1	5
6	Ent. Tulancingo - Venta Grande (Cuota) T.C. (Pachuca - Tuxpan) - T.C. (Tlaxco - Tejocotal	40.0	35
7	Libramiento de Atotonilco El Grande	6.3	N/R
8	Libramiento de Huichapan	9.2	4
9	Libramiento Norte CDMX (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo. - Lím. Edos. Hgo./Méx. (km 60.2-km 96.5)	36.3	6
10	Lib. Norte CDMX (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo.-Lím. Edos. Hgo./Méx. (km 113.17-km 145)	31.83	6
11	Lib. Norte CDMX (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo. - Lím. Edos. Hgo./Tlax. (km 159-km 179.5)	20.5	10
12	México - Pachuca (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo.-T.C.(Méx.-Pachuca (Libre))	10.5	5
13	México - Pachuca (Libre) Lím. Edos. Méx./Hgo. - T.D. Lindavista	29.0	17
14	México - Querétaro (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo. - Lím. Edos. Hgo./Méx.	24.45	27
15	Pachuca - Cd. Sahagún	37.39	11
16	Pachuca - Tempoal Pachuca - Lím. Edos. Hgo./Ver.	208.3	18
17	Pachuca - Tuxpan Pachuquilla - Lím. Edos. Hgo./Pue.	74.9	59
18	Portezuelo - Cd. Valles Portezuelo - Lím. Edos. Hgo./S.L.P.	170.9	6
19	Portezuelo - Palmillas Portezuelo - Lím. Edos. Hgo./Qro.	71.4	42
20	Ramal a Otongo T.C. (Pachuca - Tempoal) - Otongo	12.0	N/R
21	Ramal a Tianguistengo 21 T.C. (Pachuca - Tempoal) - Tianguistengo	13.20	N/R
22	San Felipe Orizatlán - Huejutla de Reyes	20.0	1
23	Tamazunchale - San Felipe Orizatlán Lím. Edos. S.L.P./ Hgo. - San Felipe Orizatlán	8.60	N/R
24	Tejocotal - Nuevo Necaxa (Cuota) T.C.(Tlaxco-Tejocotal (Cuota))-Lím. Edos. Hgo./Pue.	2.10	N/R
25	Venta de Carpio - T.C. (Pachuca - Tuxpan) Lím. Edos. Méx./Hgo. - T.C. (Pachuca - Tuxpan)	32.4	37
	TOTALES	1015.170	299

*N/R = No hay registro para ese año

Fuente: SCT, 2022

Imagen SOC-F-01. Índice de siniestralidad en el estado de Hidalgo



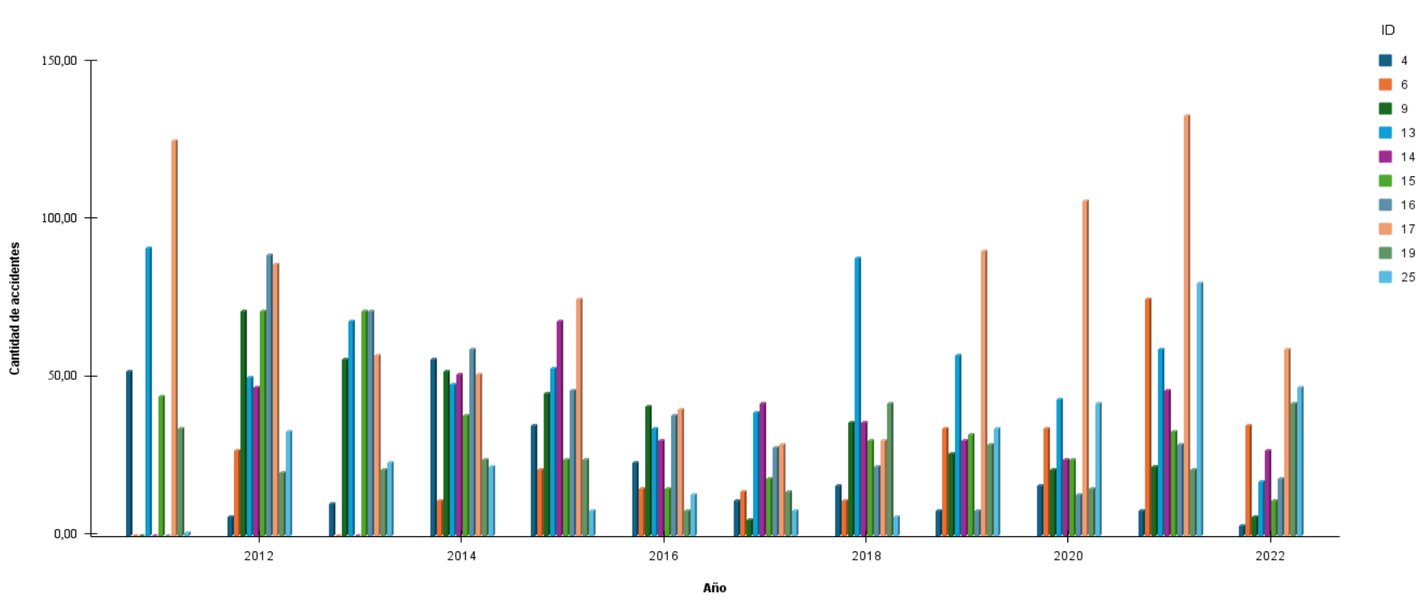
Fuente: SCT, 2022

Tabla SOC-F-02. Accidentes registrados Carreteras Federales

ID	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
4	52	6	10	56	35	23	11	16	8	16	8	3
6	0	27	0	11	21	15	14	11	34	34	75	35
9	0	71	56	52	45	41	5	36	26	21	22	6
13	91	50	68	48	53	34	39	88	57	43	59	17
14	0	47	0	51	68	30	42	36	30	24	46	27
15	44	71	71	38	24	15	18	30	32	24	33	11
16	0	89	71	59	46	38	28	22	8	13	29	18
17	125	86	57	51	75	40	29	30	90	106	133	59
19	34	20	21	24	24	8	14	42	29	15	21	42
25	1	33	23	22	8	13	8	6	34	42	80	47

Fuente: IMT, 2024

Gráfica SOC-F-02. Accidentes registrados Carreteras Federales



Fuente: IMT, 2024

13.6.4. Riesgo

Como se puede ver en el Mapa SOF-F-01 se logró clasificar la cantidad de accidentes en las carreteras a lo largo de 10 años (2022 - 2012).

De acuerdo al análisis obtenido las carreteras con mayor densidad de accidentes son:

Tabla SOC-F-02. Promedio de accidentes por año en las carreteras con mayor índice de accidentes.

ID	Carretera	Accidentes promedio al año	Escala
6	Ent. Tulancingo - Venta Grande (Cuota) T.C. (Pachuca - Tuxpan) - T.C. Tlaxco - Tejocotal.	25	Alta
13	México - Pachuca (Libre) Lím. Edos. Méx./Hgo. - T.D. Lindavista.	54	Muy alta
14	México - Querétaro (Cuota) Lím. Edos. Méx./Hgo. - Lím. Edos. Hgo./ Méx.	36	Alta
17	Pachuca - Tuxpan, Pachuquilla - Lím. Edos. Hgo./Pue.	80	Muy alta

Fuente: IMT, 2024

- Se exhorta a tomar medidas de prevención de accidentes automovilísticos, ya que, en los últimos meses se han registrados más incidentes en los que alguna persona pierde la vida, por lo que se deben de tomar las precauciones necesarias, así como recordarles a los conductores las medidas de prevención y los límites de conducción en cada una de las vialidades.

- De igual forma se recomienda la implementación de nuevos semáforos en los cruces identificados con mayor número de accidentes.

- Así como campañas especiales sobre el control y respeto a la vialidad, las cuales tienen el objetivo de contribuir a la disminución de la siniestralidad por incumplimiento de las normas de circulación de este tipo de infracción mejorando la seguridad vial sancionando las conductas y comportamientos incívicos de los distintos usuarios del espacio público..

- Además de la implementación de un sistema de registro de accidentes dentro del municipio, esto para ampliar el nivel de análisis e identificar vialidades con mayor índice de accidentes dentro del municipio.

13.7. Interrupción de servicios

13.7.1. Introducción

La LGPC menciona que la Infraestructura Estratégica es aquella que es indispensable para la provisión de bienes y servicios públicos, y cuya destrucción o inhabilitación es una amenaza en contra de la seguridad nacional. La suspensión o disminución de este tipo de servicios en este caso será producto de acciones premeditadas.

La Interrupción de Servicios hace referencia a eventos generados. Estos servicios son esenciales para el entorno en el que las personas interactúan y se desenvuelven. Identificar las interrupciones de servicios y las zonas donde estos servicios no llegan es fundamental para el desarrollo de una comunidad. Componentes como el abastecimiento de agua y electricidad juegan un papel vital en el bienestar y las rutinas cotidianas de los residentes de todo el municipio.

Así mismo la falta de estos servicios pueden generar situaciones de inconformidad en la población provocando actos de vandalismo, aumento del índice delictivo así como disminución de la plusvalía.

Servicios de reparación si bien están contemplados en el presupuesto para el mantenimiento y reparación de los servicios sin embargo, no debemos olvidar la importancia que tiene realizar el mantenimiento, bajo estándares y rutinas recomendadas, a un costo lo más bajo posible, o al menos controlado dentro de lo presupuestado.

Se sabe que el costo de reparaciones o del mantenimiento, es una parte más del presupuesto anual de un servicio, independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento siempre será un gasto que debemos de considerar y apegado a indicadores establecidos.

La prestación de electricidad puede verse afectada por una variedad de circunstancias, algunas de las cuales incluyen:

1. Condiciones climáticas extremas: Tormentas, huracanes, nevadas intensas y otros fenómenos climáticos pueden dañar las líneas eléctricas, causar cortes de energía e interrumpir la prestación del servicio eléctrico.

2. Mantenimiento insuficiente de la infraestructura: La falta de mantenimiento adecuado de las redes eléctricas, las subestaciones y otros componentes de la infraestructura pueden llevar a fallos y cortes no planificados.

3. Sobrecarga de la red: En ocasiones de alta demanda, como durante olas de calor o picos de consumo, la red eléctrica puede sobrecargarse, lo que puede resultar en cortes de energía.

4. Daños causados por terceros: Accidentes de tráfico, construcción no autorizada, vandalismo o actos de sabotaje pueden dañar la infraestructura eléctrica y provocar interrupciones en el suministro.

5. Problemas en la generación de energía: Fallos en las centrales eléctricas, escasez de combustible o problemas técnicos en los equipos de generación pueden afectar la capacidad de suministrar electricidad de manera continua.

6. Problemas en la transmisión y distribución: Fallos en las líneas de transmisión o distribución, subestaciones defectuosas o problemas en los transformadores pueden interrumpir la entrega de electricidad a los usuarios finales.

7. Desastres naturales: Eventos como terremotos, inundaciones, incendios forestales u otros desastres naturales pueden dañar gravemente la infraestructura eléctrica y causar cortes de energía prolongados.

8. Problemas con el suministro de combustible: En el caso de centrales eléctricas que dependen de combustibles fósiles, la escasez o interrupción en el suministro de combustible puede afectar la generación de energía.

En resumen, la prestación de electricidad puede verse afectada por una amplia gama de factores que van desde condiciones climáticas extremas hasta problemas técnicos en la infraestructura eléctrica o en la generación y distribución de energía. La mitigación de estos riesgos y la planificación adecuada son fundamentales para garantizar un suministro eléctrico confiable y continuo.

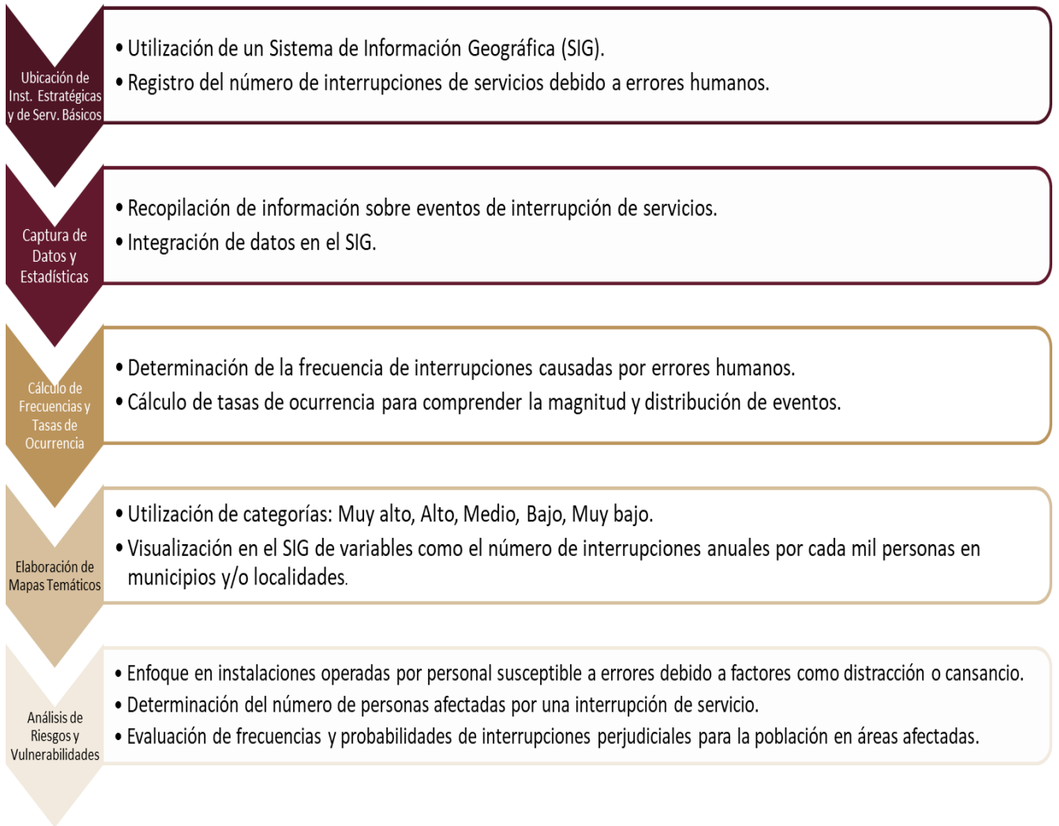
Imagen SOC-G-01. Labores de reparación de una fuga, Pachuca de Soto.



Fuente: CAASIM,2024.

13.7.2. Metodología y Memoria de Cálculo

Diagrama SOC-G-1 Metodología para el análisis de Interrupción de Servicios



Fuente: SOLUCIONES SIG,2024

13.7.3. Susceptibilidad

Con base en la información disponible y recopilada se ha podido avanzar hasta el primer punto de la metodología propuesta por la Guía de Contenido Mínimo. Dicho paso se enfocó en la identificación de las instalaciones estratégicas tales como servicio de agua y electricidad, sin embargo, se encontró que los datos disponibles se restringen exclusivamente a la zona urbana y alrededores. A partir de esta información, se ha generado un mapa ilustrativo que detalla la ubicación y distribución de la infraestructura estratégica.

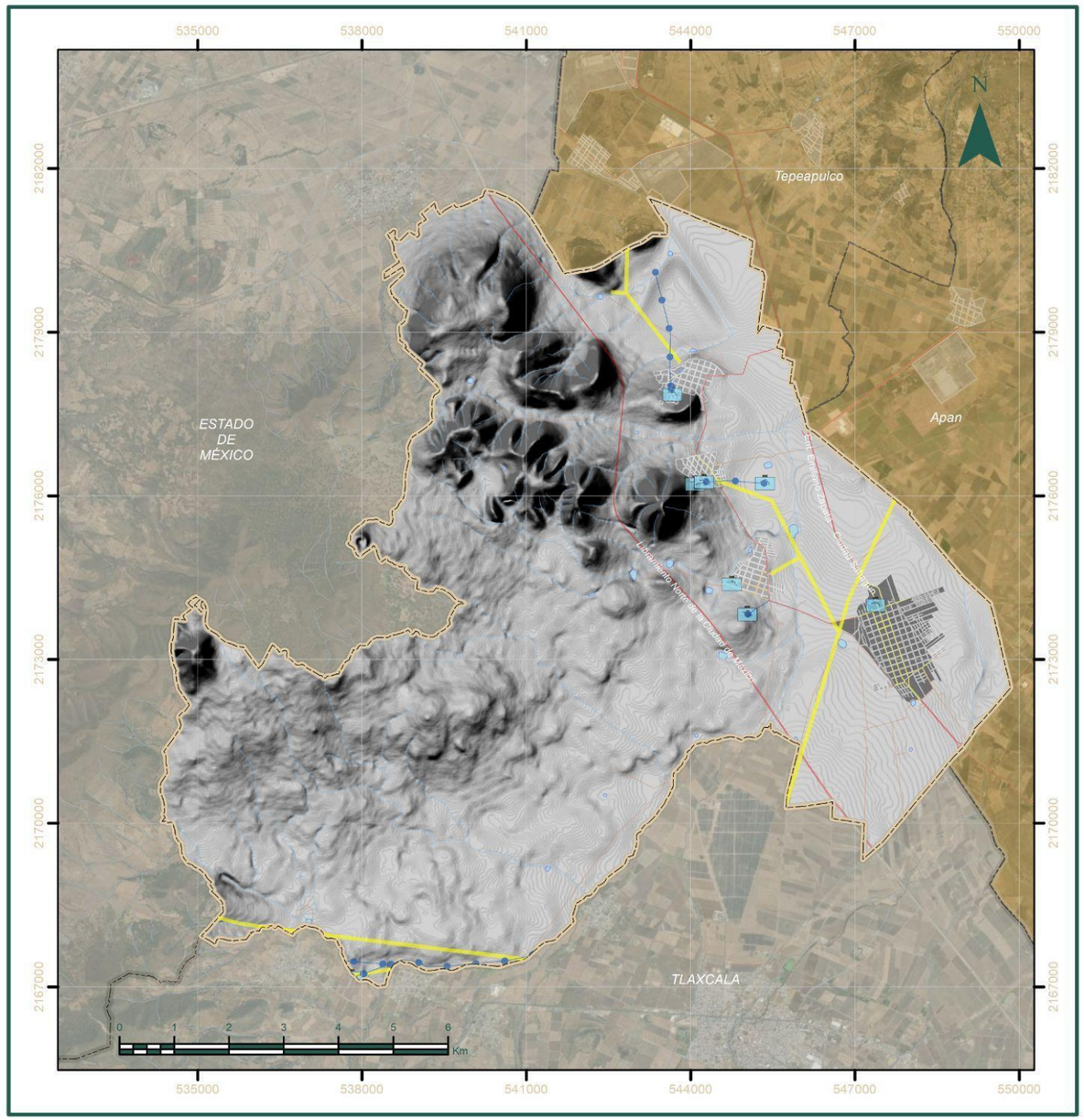
Además, se ha representado la infraestructura hídrica, comprendiendo pozos, tanques, estaciones de bombeo, así como la red de conducción de agua potable.

13.7.4. Vulnerabilidad

Como se puede observar en el mapa SOC - G - 01 la distribución eléctrica se encuentra distribuida por todo el municipio sin embargo hay comunidades dentro del municipio que la disponibilidad del servicio se encuentra reducida algunas de esas comunidades son:

- Santa Cruz
- El Alcanfor
- La Providencia (Santa María)
- El Panteón

Se propone formar una base de datos sólida por parte de las autoridades municipales de la interrupción de estos servicios, como duración de la interrupción, causa detallada de la interrupción y zonas afectadas. De esta manera aseguramos tener un análisis detallado de las afectaciones que puede causar la interrupción de servicios derivado de eventos generados.



ATLAS DE RIESGOS MUNICIPAL DE
EMILIANO ZAPATA

Interrupción de Servicios
SOC - G - 01

Simbología

Hidrografía
- Límite de Estudio
- Límite Municipal
- Límite Estatal
- Corrientes hídricas
- Cuerpos de agua

Localidades amanzanadas
- Rural
- Urbana

Vialidades
- Avenida
- Camino
- Carretera

Leyenda

- Tanques de Agua
- Instalacion de Bombeo
- Acueducto
- Estaciones de Distribución Electrica
- Lineas Electricas

Ubicación



Parámetros Cartográficos

Escala numérica.....1:100,000
Dátum.....México ITRF 2008
Proyección.....UTM Zona 14N
Unidad.....Metro

GOBIERNO
SECRETARÍA DE GOBIERNO

HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO

SIG

14. Bibliografía

- Ambiente, C. e. (s.f.). Cuidemos el planeta: Ecología y Medio Ambiente. Obtenido de https://cuidemoselplaneta.org/contaminacion-ambienta/
- Barbosa Segundo, I. D., Martins, R. J. E., Boaventura, R. A. R., Silva, T. F. C. V., Moreira, F. C., & Vilar, V. J. P. (2021). Finding a suitable treatment solution for a leachate from a non-hazardous industrial solid waste landfill. Journal of Environmental Chemical Engineering, 9(2). https://doi.org/10.1016/j.jece.22021.105168
- Cedeño, Ismael. (2022). ¿Qué son los lixiviados y por qué deberían preocuparnos? en *"El valor de los residuos"* [en línea] Recuperado el 1 de abril de 2024 en https://gtaambiental.com/lixiviados/
- 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. (2014). Fenómenos Hidrometeorológicos . Ciudad de México: Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Cenapred. (2021). Evaluación de la Vulnerabilidad Física y Social. Ciudad de México : Centro Nacional de Prevención de Desastres.
- Chávez Montes, Wendy Margarita. (2011). Tratamiento de lixiviados generado en el relleno sanitario de la Cd. de Chihuahua, Méx., [en línea] Recuperado el 20 de abril de 2024 en https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/858/1/Wendy%20Margarita%20Ch%C3%A1vez%20Montes%20MCTA.pdf
- 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, J. S. (2019, 8 agosto). Éxito en la Feria de "El Bigote 2019". El Reportero. https://elreporterohgo.com/noticias/2019/08/08/exito-en-la-feria-de-el-bigote-2019/
- De Waele, J., Gutiérrez, F., Parise, M., & Plan, L. (2011). Geomorphology and natural hazards in karst areas: a review. Geomorphology, 134(1-2), 1-8.
- Diario Oficial de la Federación. (2021). Proyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003, Especificaciones de protección ambiental para la selección del sitio, diseño, construcción, operación, monitoreo, clausura y obras complementarias de un sitio de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. [en línea] Recuperado el 19 de abril de 2024 en https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5617899&fecha=10/05/2021#gsc.tab=0
- FAO. (2018). La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro. FAO.
- 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
- 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
- GUILLÉN, B. A. N. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. Obtenido de: https://ru.dgb.unam.mx/bitstream/20.500.14330/TES01000812225/3/0812225.pdf
- 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.
- 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/
- 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.
- 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
- 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

- Nacional, S. S. (s. f.). SSN - Preguntas frecuentes | UNAM, México. Servicio Sismológico Nacional. http://www.ssn.unam.mx/divulgacion/preguntas/

- 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
- 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.).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, Abril, 2020.
- SGM. (2017, ENERO 15). Servicio Geológico Mexicano. Retrieved from Escalas de los sismos: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Informacion_complementaria/Escalas-sismos.html

- SGM. (2017, marzo 22). Servicio Geológico Mexicano. Retrieved from Sismología de México: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Riesgos-geologicos/Sismologia-de-Mexico.html

- 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
- Tuena, A., Orozco-Esquivel, T., and Ferrari, L. (2005). Petrogénesis ígnea de la Faja Volcánica Transmexicana. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 57: 227-283.