HIDALGO
PRIMERO EL PUEBLO
2022-2028

ATLAS DE RIESGOS TOLCAYUCA

2025

Directorio de Ecosistemas Productivos S.A. de C.V.

Director General

Geólogo Sergio Alfonso Trelles Monge

Director de jefe de Operaciones

M. en C.I. Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Gerente Administrativo

Ing. Químico Francisco Fabián Duarte García

Administración

C. P. María Eugenia Marín De Gante

Jefe de Geólogos

Geólogo Christian St. Clair Castro

Jefe de Proyecto

Geólogo Alejandro Cornelio Quijada Espinoza

Supervisor de proyecto

Ing. Geólogo Sandra Lizbeth Félix Bernabé

Personal Técnico

Ing. Geólogo Dulce Sarahi Cruz Fernández

Ing. Geólogo Netzabeth Ramírez Arteaga

Ing. Min. Metalúrgico Luis Jasiel Pérez Cruz

Ing. Geólogo Lorena Badillo Guerrero

Ing. Geólogo Ana Laura Cruz Calva

Ing. Geólogo Griselda Hernández Aguilar

Ing. Geólogo Maximiliano Hernández Gómez

Ing. Geólogo Briseida Ortega Hurtado

Ing. Min. Metalúrgica Montserrat Muñoz Ramos

Ing. Geólogo Lesly Beatriz Olguín Blanco

Ing. Geólogo José Armando Pérez Ramírez

Ing. Geólogo Hortencia Rubio Sánchez

Ing. Geólogo Naara Noemi Vásquez Ávila

Ing. en Geofísica Luis Manuel González Trejo

Ing. Geólogo Yetlanezi Sánchez Angeles

Ing. Geólogo Jaquelyn Alejandra Castel Reyes

Ing. Geólogo Israel Almaraz Méndez

Ing. Geólogo Andrés Pérez Aguilar

Ing. en Telecomunicaciones Lizet Carmona Rosas

M. en C. Biológicas José Daniel Lara Tufiño

L.C.E. Carlos Alberto Dueñas Tavera

Ing. Geólogo Aurora Villedas Nicolás

Ing. Geólogo Jaqueline Pérez Islas

Ing. Geólogo Mechtzil Itzel Balbaceda Medina

Ing. Geólogo Luis Alberto Reyes García

ÍNDICE

Agradecimientos **5**

Presentación **6**

Prólogo **8**

Resumen **9**

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES 11

Introducción **12**

Antecedentes **14**

Objetivos **16**

Objetivo general 16

Objetivos específicos 16

Alcances **17**

Metas **17**

Metodología general **18**

Primera etapa 18

Segunda etapa: 18

Tercera etapa 19

Definiciones y conceptos básicos de la gestión integral del riesgo **20**

Peligro 20

Vulnerabilidad 20

Riesgo 20

Desastre 20

Comunicación del riesgo 21

CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA 22

Zona de estudio **23**

Mapa base **25**

Mapa base urbano **27**

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL 32

Marco físico **33**

Topografía **33**

Regiones geoculturales **35**

Altimetría **37**

Fisiografía **39**

Geomorfología **41**

Tipos de erosión **43**

Edafología **45**

Comunidades vegetales **47**

Uso de Suelo y Vegetación 48

Forestal 54

Bosques y selvas (2001) 55

Bosques y Selvas, 2021 58

Bosques y Selvas, 2001-2021 61

Geología **65**

Litología 65

Unidades litológicas 65

Litología con estructuras geológicas 68

Vulcanismo 70

Aparatos volcánicos 70

Aparatos volcánicos cercanos 71

Alineación de aparatos volcánicos 73

Hidrografía **75**

Cuencas 77

Subcuencas 79

Climatología **81**

Temperaturas **83**

Temperaturas máximas 83

Temperatura máxima mensual 85

..... 86
Temperaturas máximas extremas 87
Temperaturas mínimas 89
Temperatura mínima mensual 91
Temperaturas mínimas extremas 93
Temperatura anual 95
Sequias históricas 97
Duración de las sequias en promedio de años 99

Precipitación 101

..... 102
Precipitación anual 103
Precipitación media anual 105
Precipitación máxima 107
Precipitación máxima mensual 109
Precipitación mínima 111
Precipitación mínima mensual 113
Precipitación invernal 115
Días con granizo al año 117

Días con heladas 119

índice de días con heladas 121

Frecuencia por tormentas de nieve 123

Días con tormentas eléctricas 125

Zonificación eólica 127

Trayectoria de huracanes 129

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS, DEMOGRÁFICOS Y MARCO GEOESTADÍSTICO 131

Dinámica demográfica 132

Proyección de la población 133

Distribución de la población 134

Densidad de la población 136

Población indígena 136

Población de 60 años y más 138

Pobreza y hacinamiento 139

Marginación 139

Educación 140

Limitaciones en la actividad y salud 141

Empleos e ingresos 142

Marco geoestadístico. 144

Cementerios 144
Centros de asistencia médica 146
Escuelas 148
Instalaciones Deportivas y Recreativas 150
Instalaciones gubernamentales 153
Mercados y Plazas 155
Tanques de Agua 157
Templos 159
..... 160

Equipo e infraestructura 161

CAPÍTULO V. FENÓMENOS GEOLÓGICOS 166

Fenómenos geológicos 167

Inestabilidad de laderas 167
Susceptibilidad por deslizamiento de laderas 171
Peligro por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo 173
Vulnerabilidad por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo 176
Riesgo por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo 179
Susceptibilidad por caída de roca 181
..... 182
Susceptibilidad por flujos de lodo y detritos 183
..... 185
Peligro por hundimiento 186

Vulnerabilidad por hundimiento 190
Riesgo por hundimiento..... 194
Peligro por sismicidad.....196
Intensidad sísmica..... 198
Regionalización sísmica 200
Velocidad de onda de corte.....203
Zonificación de peligro sísmico 206
Sismicidad histórica y cómo se mide 208
Epicentros registrados 223
Periodo de retorno estructural.....225
Vulnerabilidad física por sismos 242
Peligro por vulcanismo..... 249
Amenaza por tsunamis.....275
Amenaza por licuefacción de suelos 278
Zonificación kárstica.....282
Fenómenos astronómicos..... 284
Impactos de meteoritos y asteroides 284

CAPÍTULO VI. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS 288

Fenómenos hidrometeorológicos 289

Peligro por ciclones tropicales..... 289
Riesgo por ciclones tropicales.....291
Peligro por ondas gélidas.....292
Riesgo por ondas gélidas 295
Peligro por ondas cálidas 297
Vulnerabilidad por ondas cálidas.....299
Riesgo por ondas cálidas.....301
Peligro por sequía 303
Vulnerabilidad por sequía.....305
Riesgo por sequía 307
Inundaciones..... 309
Peligro por inundaciones..... 309
Vulnerabilidad por inundación 312
Periodos de retorno por inundación fluvial 314
Peligro por encharcamiento.....326
Vulnerabilidad por encharcamiento 328
Riesgo por encharcamiento.....330
Peligro por tormenta de granizo 332
Riesgo por tormenta de granizo 334
Peligro por tormentas de nieve 336
Riesgo por tormentas de nieve.....338
Peligro por tormenta eléctrica 340
Vulnerabilidad por tormenta eléctrica.....342
Riesgo por tormenta eléctrica 344
Peligro por tornados..... 346
Vulnerabilidad por tornados 348
Riesgo por tornados.....350
Amenaza por tormenta de polvo..... 352
Vulnerabilidad física por vientos 354

CAPÍTULO VII. FENÓMENOS QUÍMICO- TECNOLÓGICOS 360

Fenómenos Químico - Tecnológicos 361

Peligro por Derrames.....366
Vulnerabilidad por derrames.....367
.....372
Riesgo por derrames.....373
Peligro por fugas tóxicas 375
Vulnerabilidad por fugas toxicas.....377
.....382
Riesgo por fugas toxicas 383
Peligro por incendios.....386
Vulnerabilidad por incendios 388
.....392
Riesgo por incendios.....393
Peligro por incendios forestales 396
Peligro por explosiones 399
Vulnerabilidad por explosiones..... 401
Riesgo por explosiones 405
Peligro por radiaciones..... 409
Peligro por ductos de combustible.....411
Ductos de gas natural 412
Ductos de gas LP 416

Autotransporte de sustancias peligrosas 420

CAPÍTULO VIII. FENÓMENOS SANITARIO-ECOLÓGICOS 428

Fenómenos sanitarios-ecológicos 429

Contaminación del suelo..... 429

Pandemias 439

COVID-19..... 439

CAPÍTULO IX. FENÓMENOS SOCIO-ORGANIZATIVOS 442

Fenómenos socio-organizativo 443

Eventos masivos..... 443

Inconformidad social..... 456

Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica 458

Accidentes viales..... 460

Accidentes aéreos 464

Terrorismo y sabotaje..... 464

Incidencia delictiva 466

Vulnerabilidad social 469

Fenómenos geológicos 471

CAPÍTULO X. PROPUESTA DE ESTUDIOS, OBRAS Y ACCIONES. 472

Fenómenos astronómicos..... 474

Fenómenos hidrometeorológicos..... 476

Fenómenos químico-tecnológicos..... 478

Fenómenos sanitario-ecológicos..... 480

Fenómenos socio-organizativos..... 482

CAPÍTULO XI. MEMORIA DE CÁLCULO..... 484

Fenómenos geológicos.....485

Memoria de cálculo de vulnerabilidad estructural 485

Memoria de cálculo de inestabilidad de laderas.....514

Memoria de cálculo de susceptibilidad de flujos y detritos 522

..... 522

Memoria de cálculo de período de retorno estructural 526

Fenómenos hidrometeorológicos. 528

Memoria de cálculo de inundación fluvial 528

Fenómenos socio-organizativos.... 545

Memoria de cálculo de grado de vulnerabilidad social.....545

GLOSARIO 558

BIBLIOGRAFÍA.....563

ANEXOS 567

Agradecimientos

Los consultores expresan su agradecimiento a el presidente municipal de Tolcayuca, Armando Zúñiga Gutiérrez y a la directora de Protección Civil Municipal Lorena Beatriz Gutiérrez Cruz, por las atenciones, las facilidades y la información brindada para la elaboración del presente Atlas de Riesgos; el cual, será una herramienta clave en el diseño e implementación de programas de prevención y mitigación de riesgos en el municipio de Tolcayuca.

Presentación

El municipio de Tolcayuca enfrenta diversos riesgos naturales vinculados con su ubicación geográfica, características geológicas, climáticas y sus actividades productivas. Estos riesgos presentan una amenaza significativa para la población y su entorno, lo que hace imprescindible implementar medidas para su análisis, prevención y mitigación.

Entre los principales riesgos naturales que podrían afectar al municipio se encuentran los relacionados con la actividad tectónica y volcánica. Debido a que el municipio se encuentra ubicado en la Faja Volcánica Transmexicana por lo que enfrenta riesgos moderados derivados de la interacción constante de placas tectónicas. Los suelos predominantes, clasificados como tipo B y C (roca y roca suave o suelo denso), ayudan a mitigar parcialmente los efectos de los sismos, pero hacen indispensable el uso de construcciones seguras y medidas de emergencia efectivas.

La proximidad del municipio a relieves volcánicos del Cenozoico lo expone indirectamente a riesgos asociados con la actividad volcánica, como la caída de ceniza o la emisión de gases en caso de erupciones cercanas. Además, la presencia de depósitos aluviales recientes y terrenos saturados de agua incrementa la probabilidad de licuefacción durante movimientos sísmicos, lo que puede comprometer edificaciones e infraestructura.

Los fenómenos hidrológicos, como la erosión hídrica y las inundaciones, representan otra amenaza significativa para Tolcayuca. Las lluvias intensas, combinadas con las características geográficas y el uso intensivo del suelo, agravan estos problemas, particularmente en las zonas bajas. Asimismo, las actividades humanas, como la agricultura intensiva, aceleran la erosión del terreno, afectando su estabilidad y capacidad para resistir impactos naturales. Aunque no se mencionan directamente, las pendientes pronunciadas y los suelos inestables sugieren un riesgo potencial de deslizamientos de tierra, especialmente tras lluvias intensas o movimientos sísmicos.

En el ámbito sanitario, los fenómenos sanitario-ecológicos, como la pandemia de COVID-19, han evidenciado la vulnerabilidad del municipio. Las restricciones generaron cambios significativos en las dinámicas sociales, afectando eventos culturales, religiosos y educativos.

La sobreexplotación de recursos naturales y las prácticas agrícolas intensivas contribuyen a la degradación del suelo, aumentando la susceptibilidad de Tolcayuca a desastres naturales y resaltando la urgencia de

implementar estrategias de gestión sostenible del territorio.

El proyecto Atlas de Riesgos surge con el firme propósito de proporcionar una herramienta valiosa para analizar la exposición y vulnerabilidad de la región frente a diversos riesgos, como los citados anteriormente, facilitando la planificación y la toma de decisiones estratégicas para mitigar sus impactos adversos.

Es importante destacar que la evaluación y gestión de estos riesgos es realizada de manera integral, involucrando a las autoridades locales, la población en general y expertos en gestión de riesgos. Por lo tanto, el objetivo general del presente Atlas de Riesgos es prevenir y estimar el impacto social y ecológico frente a una emergencia o desastre de origen natural o antrópico, así como brindar las medidas de mitigación idóneas en caso de presentarse.

El objetivo declarado, se alcanzó mediante la compilación, integración y generación de conocimiento geológico, biológico, meteorológico, topográfico y social del municipio. Estos conocimientos, se organizaron en una base de datos asociada a una cartografía referenciada validada en campo, y disponible para su consulta y actualización.

En resumen, el presente Atlas de Riesgos constituye una herramienta valiosa de prevención y mitigación que permitirá enfrentar adecuadamente los riesgos potenciales del municipio de Tolcayuca.

Prólogo

El Gobierno del Estado de Hidalgo, en coordinación con el Gobierno de la República a través de la Secretaría de Gobernación, presenta el Atlas de Riesgos del municipio de Tolcayuca. Este proyecto surge como un componente del compromiso de ambas autoridades gubernamentales para asegurar la seguridad de la población y la protección de su entorno, marcando un importante precedente en materia de planeación preventiva.

La elaboración de este documento fue encomendada a la empresa Ecosistemas Productivos, S.A. de C.V., mediante el oficio No. OM/DGCP/DCP/4286/2024, contando con la valiosa colaboración de la Dirección Estatal de Protección Civil. El resultado es un análisis exhaustivo de los fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos y sanitarios-ecológicos que podrían manifestarse en el municipio, ofreciendo una visión integral de su origen y de los posibles efectos negativos sobre la población y su entorno.

Este enfoque integral permite no solo identificar las amenazas, sino que también establece los fundamentos para la implementación de estrategias de mitigación y respuesta.

El propósito que motivó la elaboración del Atlas de Riesgos es brindar una herramienta para fortalecer las capacidades locales y estatales frente a los desafíos actuales. Su elaboración representa un paso decisivo hacia la construcción de comunidades más seguras, fortalecidas y mejor preparadas ante posibles eventualidades, reafirmando el compromiso de las autoridades con el bienestar de la sociedad.

Su desarrollo se basa en el estudio detallado de la región, complementado con la adquisición y compilación de información digital, bibliográfica y cartográfica. Además, incluye datos obtenidos directamente a través de trabajo de campo, lo que enriquece y valida el análisis realizado.

En este esfuerzo conjunto, se reafirma el compromiso de las instituciones públicas con la protección y el crecimiento sostenible de la población de Tolcayuca, Hidalgo.

Resumen

Las amenazas frecuentes relacionadas con fenómenos naturales y los desastres derivados de éstos han dejado una marca significativa en la historia de Tolcayuca. Este documento tiene como propósito principal renovar el conocimiento sobre los peligros, riesgos y vulnerabilidades que impactan a la comunidad, fomentando una mayor sensibilización al respecto.

Además, busca describir las características del territorio municipal mediante información detallada sobre los diversos riesgos, representados en mapas que faciliten su identificación y permitan planificar acciones eficaces para la prevención y mitigación de amenazas.

En este marco, el Gobierno del Estado de Hidalgo, a través del Oficio No. OM/DGCP/DCP/4286/2024, y con el apoyo de la Dirección Estatal de Protección Civil, encomendó a la empresa Ecosistemas Productivos S.A. de C.V. la elaboración del Atlas de Riesgos del municipio de Tolcayuca. Este instrumento está diseñado como una herramienta versátil y dinámica, con capacidad para ser actualizada continuamente.

Se compone de mapas y una base de datos integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG), lo que facilita tanto el manejo como el análisis de la información. Para su creación, se utilizó como referencia la Guía de contenido mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED, 2016).

En la primera etapa del proyecto, se realizó la recolección, evaluación, depuración e interpretación de información relevante, enfocándose en los temas de mayor impacto en el ámbito estatal. Posteriormente, en la segunda etapa, se llevó a cabo la validación de la información mediante trabajo de campo, que incluyó la recopilación de puntos, la obtención de coordenadas y la captura de imágenes. Finalmente, en la tercera etapa, se digitalizaron los límites de las zonas de riesgo identificadas en el campo, se incorporó la información en el SIG y se determinaron los riesgos asociados a los distintos fenómenos naturales.

El atlas presenta un análisis detallado de los componentes del entorno natural, así como de las características sociales, económicas y demográficas de la región, con el objetivo de entender mejor la relación entre la población y su entorno.

Además, integra el estudio de fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos, sanitario-ambientales y socio-organizativos. A partir de esta información, se realizan los análisis territoriales necesarios para identificar las áreas vulnerables a los fenómenos mencionados, proporcionando así a las autoridades herramientas fundamentales para la planificación y la implementación de

medidas que reduzcan riesgos y mitiguen desastres. El Atlas de Riesgos del municipio de Tolcayuca se configura como un recurso de política pública en el ámbito de protección civil, orientado a la prevención, mitigación y atención de desastres en la región.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

Introducción

El municipio de Tolcayuca se encuentra en la región centro-sur del estado de Hidalgo, formando parte del Valle de Tizayuca. Su posición geográfica Entre los paralelos 19° 51' y 20° 04' de latitud norte; los meridianos 98° 51' y 99° 01' de longitud oeste; altitud entre 2400 y 2 900 m.

La temperatura media anual es de aproximadamente 18°C, con variaciones notables a lo largo del año debido a su localización en una zona de transición entre regiones áridas y templadas. La precipitación promedio anual oscila entre 500 y 700 mm.

Gracias a su ubicación y características orográficas, Tolcayuca presenta una variedad de climas que van desde el semiseco templado hasta el templado subhúmedo, lo que favorece la existencia de diferentes tipos de vegetación, como matorrales xerófilos, bosques submontanos, y bosques de encino, pino y oyamel.

La geografía y la distribución de las actividades humanas en Tolcayuca generan diversos riesgos naturales y antropogénicos. Las principales amenazas incluyen sismos, desbordamientos de cuerpos de agua, deslizamientos de tierra provocados por tormentas tropicales y huracanes, sequías prolongadas, riesgos relacionados con el transporte de combustibles, especialmente gas natural.

El riesgo sísmico se debe a su ubicación, que lo hace vulnerable a movimientos telúricos originados en la costa del Pacífico Mexicano, particularmente en estados como Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Además, el área presenta actividad sísmica local debido a fallas geológicas asociadas con la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM).

La sequía ha aumentado en frecuencia e intensidad debido al cambio climático y modificaciones en el uso del suelo en las últimas décadas. El Programa Monitor de Sequía de América del Norte ha documentado sequías moderadas y severas en Tolcayuca durante los últimos años, provocando pérdidas agrícolas e impactos negativos en los cuerpos de agua. Aunque no se han registrado episodios de sequía extrema, el riesgo sigue aumentando. Por otro lado, las lluvias intensas asociadas con tormentas tropicales representan un peligro particular en las zonas montañosas del noroeste del municipio.

Además, el riesgo volcánico es relevante; dentro de un radio de 100 kilómetros desde los límites del municipio hay aproximadamente 290 estructuras volcánicas, incluyendo volcanes como El Papayo y El Jocotitlán. Los riesgos antropogénicos son significativos, especialmente aquellos relacionados con el transporte de gas natural. Esto resalta la importancia de una gestión integral de riesgos en Tolcayuca.

La elaboración de un Atlas de Riesgos es fundamental para identificar y abordar estos desafíos. Este instrumento permite recopilar y analizar información geoespacial mediante mapas que faciliten a las autoridades y la población comprender los peligros naturales y humanos a los que están expuestos. Además, contribuirá a planificar estrategias para prevenir y responder ante desastres.

La correcta identificación de zonas de riesgo es esencial para mejorar el Sistema Estatal de Protección Civil y avanzar en la gestión de riesgos. Este enfoque busca promover un desarrollo humano sostenible y equitativo, reduciendo al máximo las pérdidas ocasionadas por fenómenos naturales y actividades humanas.

Finalmente, se establece la necesidad de implementar nuevas estrategias que involucren la colaboración entre diferentes niveles de gobierno y sectores sociales. Este esfuerzo colectivo permitirá a la sociedad de Tolcayuca enfrentar los riesgos efectivamente, asegurando una menor vulnerabilidad ante desastres futuros.

Antecedentes

Tolcayuca, situado en la región centro-sur del estado de Hidalgo, México, se encuentra en una zona geológicamente activa, influenciada por la actividad volcánica del Eje Neovolcánico. Esta actividad ha dado lugar a la formación de diversas rocas ígneas, como basaltos y andesitas, que predominan en la región. La interacción de estas formaciones con procesos erosivos ha modelado el relieve actual, caracterizado por lomeríos, llanuras, cerros y mesetas. En cuanto a los riesgos naturales, Tolcayuca es susceptible a sismos debido a su proximidad a fallas geológicas activas asociadas con el Eje Neovolcánico. Aunque no se cuenta con registros detallados de eventos sísmicos históricos específicos en el municipio, la región ha experimentado movimientos telúricos que podrían afectar la infraestructura local. Las sequías representan otro desafío significativo para Tolcayuca. El cambio climático y las alteraciones en el uso del suelo han intensificado la frecuencia y severidad de estos eventos, afectando la agricultura y el suministro de agua potable. Aunque no se dispone de datos precisos sobre sequías históricas en el municipio, es probable que, al igual que en otras regiones de Hidalgo, Tolcayuca haya enfrentado periodos de escasez hídrica que impactaron negativamente en las actividades económicas y la vida cotidiana de sus habitantes. Por otro lado, las precipitaciones intensas durante la temporada de lluvias pueden provocar inundaciones y desbordamientos de cuerpos de agua locales, como ríos y arroyos. Estos eventos pueden ocasionar daños a viviendas, infraestructura vial y tierras agrícolas. Aunque no se cuenta con registros precisos sobre inundaciones históricas en Tolcayuca, la presencia de cuerpos de agua en el municipio sugiere que existe un riesgo latente de desbordamientos durante periodos de lluvias intensas.

Además, la actividad volcánica en la región es un factor a considerar. Aunque no hay volcanes activos en las inmediaciones de Tolcayuca, la cercanía a campos volcánicos como el de Chichinautzin y la Caldera de Acoculco implica la posibilidad de eventos volcánicos que podrían afectar al municipio. Sin embargo, no se tienen registros de actividad volcánica reciente que haya impactado directamente a Tolcayuca. En cuanto a los riesgos antropogénicos, el transporte de sustancias peligrosas, como combustibles y productos químicos, a través de las vías de comunicación que atraviesan Tolcayuca, representa una amenaza potencial. La ocurrencia de accidentes relacionados con el transporte de estos materiales podría tener consecuencias graves para la población y el medio ambiente. Aunque no se dispone de datos específicos sobre incidentes de este tipo en el municipio, la presencia de infraestructura vial utilizada para el transporte de mercancías peligrosas

sugiere la necesidad de medidas preventivas y de respuesta ante posibles contingencias.

La gestión integral de riesgos en Tolcayuca es esencial para mitigar los efectos de estos fenómenos naturales y antropogénicos. La elaboración de un Atlas de Riesgos permitiría identificar las zonas más vulnerables y planificar estrategias de prevención y respuesta ante desastres, fortaleciendo la resiliencia de la comunidad. Este instrumento serviría como base para la implementación de políticas públicas orientadas a la reducción de riesgos y la protección de la población. En resumen, Tolcayuca enfrenta diversos riesgos naturales y antropogénicos debido a su ubicación geográfica y características socioeconómicas. La implementación de medidas de prevención, la planificación adecuada del uso del suelo y la educación de la población en materia de protección civil son fundamentales para reducir la vulnerabilidad del municipio y garantizar su desarrollo sostenible.

Objetivos

Como se mencionó en las secciones anteriores y como se apreciará a detalle a lo largo del presente Atlas de Riesgos, Tolcayuca presenta varios riesgos naturales y antrópicos potenciales, los cuales se han identificado minuciosamente en este estudio y se han actualizado las medidas de prevención y mitigación para cada uno.

Objetivo general

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un Atlas de Riesgos para el municipio de Tolcayuca, con el fin de identificar, analizar y representar de manera cartográfica los peligros, vulnerabilidades y riesgos asociados a fenómenos geológicos, hidrometeorológicos, químico-tecnológicos y sanitarios-ecológicos que puedan afectar a la región. Este esfuerzo se basará en la recopilación, integración y generación de información relevante que permitirá la formulación de estrategias efectivas para la prevención y mitigación de amenazas naturales y antropogénicas

Objetivos específicos

Identificación y Zonificación de Peligros:

- Realizar un análisis exhaustivo de los fenómenos naturales que representan un riesgo para la población y las infraestructuras del municipio.
- Elaborar mapas de zonificación que identifiquen áreas de mayor peligro y estimen los impactos potenciales en términos de alcance y severidad.
- Diseñar una guía práctica que sirva como recurso para planificar y ejecutar acciones preventivas y de mitigación, así como para atender de manera efectiva las contingencias.
- Diseñar un Sistema de Información Geográfica (SIG): Crear un Sistema de Información Geográfica (SIG) robusto y de fácil manejo, que permita integrar y actualizar datos relacionados con los riesgos del municipio.
- Garantizar que el SIG sea accesible para las autoridades municipales y estatales de Protección Civil, con funcionalidades orientadas a la toma de decisiones estratégicas.
- Optimizar el uso del SIG como herramienta para minimizar pérdidas económicas y priorizar la protección de vidas humanas en escenarios de riesgo.
- Fomentar la Participación Social:
- Promover la colaboración activa de los distintos sectores de la sociedad, incluyendo instituciones gubernamentales, académicas, organizaciones civiles y la población en general, en la gestión de riesgos.

Alcances

Mediante la actualización y valoración sobre los diferentes peligros y riesgos a los que está expuesta la población de Tolcayuca, se brindará información para generar consciencia social sobre los mismos, y se emitirán las recomendaciones pertinentes, así como un archivo gráfico (mapas, gráficas y fotografías), que podrá consultarse por la sociedad en general y autoridades para que, juntas, desarrollen y apliquen planes de prevención y mitigación de riesgos.

Metas

Elaboración de una base de datos actualizada y depurada sobre los peligros y riesgos naturales y antrópicos a los que se encuentra expuesto el municipio de Tolcayuca, Hidalgo. Gracias a los análisis precisos y extensivos de los fenómenos socio-organizativos, geológicos, químico-tecnológicos, hidrometeorológicos y astronómicos, se obtendrá la probabilidad de incidencia de cada uno y sus consecuencias.

Adicionalmente, se brindarán cartas temáticas y un glosario con los términos más importantes. Finalmente, todo el proyecto estará integrado dentro de un SIG (Sistema de Información Geográfica) en el software ArcGis V. 10.8., como una herramienta de consulta rápida, amigable y precisa de los resultados obtenidos.

Metodología general

El desarrollo del Atlas de Riesgos del Municipio de Tolcayuca se llevó a cabo siguiendo metodologías oficiales vigentes, como la Guía de Contenido Mínimo para la Elaboración del Atlas Nacional de Riesgos, emitida el 8 de noviembre de 2016 por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y las bases de licitación especificadas en el contrato establecido.

Se realizó la recolección, análisis e integración de la información proveniente de múltiples fuentes, incluyendo datos abiertos de páginas oficiales de gobernación y de organismos como el INEGI, SAGARPA, SGM, INAH, CONABIO, CONAFOR, CONAGUA, SEMARNAT, CONANP y UNAM; así como asesorías técnicas proporcionadas por el INEGI para la elaboración de metadatos.

Toda la información recopilada fue incorporada en un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando ArcGIS 10.8, lo que facilitó la creación de mapas temáticos, consultas, y la actualización de datos.

El análisis y procesos de la información se llevaron a cabo mediante tres etapas:

Primera etapa

- Identificación de los principales peligros existentes en el municipio de Tolcayuca.
- Recopilación y análisis de datos digitales, bibliográficos y cartográficos relacionados con la región. Esto incluye imágenes satelitales (Landsat, Spot, Quick y Bird), ortofotos, cartas topográficas y geológicas, modelos digitales de elevación, mapas temáticos (uso de suelo, límites municipales, zonas urbanas, climatología), entre otros.
- Investigación de los datos históricos y estadísticos para la identificación de zonas susceptibles a problemáticas derivadas de fenómenos naturales.
- Planificación de las salidas para trabajo de campo y generación de fichas de campo para la verificaron de los peligros identificados en la entidad.

Segunda etapa:

- Visitas al área de estudio para la verificación y descripción de características litológicas, geotécnicas y estructurales.
- Documentación de los sitios con datos precisos, incluyendo ubicación, coordenadas (ITRF2008, Proyección Cónica conforme Lambert), observaciones relevantes y fotografías, también se tomaron coordenadas y fotografías de los puntos inspeccionados.
- Integración de los datos en una base para la elaboración de planos por tema, con la información recopilada, se generaron niveles de información sobre pendientes, geología, edafología, precipitaciones y estructuras geológicas.

- Evaluación de las zonas del municipio considerando infraestructura pública, social, económica y de salud, obteniendo niveles de peligro, vulnerabilidad y riesgo.

Tercera etapa

- Organización de la información obtenida en campo y se digitalización de polígonos de las zonas de peligro verificadas; con esto, se generaron mapas con la zonificación de peligros, combinando datos del SIG y observaciones de campo.
- Definición de las áreas afectadas por fenómenos naturales con base en metodologías vigentes de CENAPRED, adaptadas por el Servicio Geológico Mexicano.
- El proceso culminó con un Atlas de Riesgos del municipio de Tolcayuca que permite identificar zonas vulnerables y proporciona herramientas prácticas para la planificación de acciones de prevención, mitigación y atención a contingencias en el municipio.

Definiciones y conceptos básicos de la gestión integral del riesgo

Peligro

Se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino de cierta intensidad, durante un cierto periodo de tiempo y en un sitio determinado.

Para el estudio de los peligros, es importante definir los fenómenos perturbadores mediante parámetros cuantitativos. En la mayoría de los fenómenos pueden distinguirse dos medidas, una de magnitud y otra de intensidad. La magnitud es una medida del tamaño del fenómeno, de su potencial destructivo y de la energía que libera. La intensidad es una medida de la fuerza con que se manifiesta el fenómeno en un sitio dado. Por ello un fenómeno tiene una sola magnitud, pero tantas intensidades como son los sitios en que interese determinar sus efectos.

Vulnerabilidad

Se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un fenómeno perturbador.

En términos generales pueden distinguirse dos tipos: la vulnerabilidad física y la vulnerabilidad social. La primera es más factible de cuantificarse, por ejemplo, la resistencia que ofrece una construcción ante las fuerzas de los vientos producidos por un huracán; mientras que la segunda, se valora cualitativamente y es relativa, ya que está relacionada con aspectos económicos, educativos, culturales, así como el grado de preparación de las personas.

Riesgo

Se define como la probabilidad de ocurrencia de daños, pérdidas o efectos indeseables sobre sistemas constituidos por personas, comunidades o sus bienes, como consecuencia del impacto de eventos o fenómenos perturbadores. La probabilidad de ocurrencia de tales eventos en un cierto sitio o región constituye una amenaza, entendida como una condición latente de posible generación de eventos perturbadores.

Los riesgos están ligados a las actividades humanas. La existencia de un riesgo implica la presencia de un agente perturbador (ya sea un fenómeno natural o generado por el hombre) que tenga la probabilidad de ocasionar daños a un sistema vulnerable, como asentamientos humanos, infraestructura, planta productiva, entre otros en un grado tal, que constituye un desastre (ciudadana, 2021).

Desastre

Resultado de la ocurrencia de uno o más agentes perturbadores severos y o extremos, concatenados o no, de origen natural o de la actividad humana, que cuando acontecen en un tiempo y en una zona determinada, causan daños y que por su magnitud exceden la

capacidad de respuesta de la comunidad afectada (Gobernación, 2014).

Comunicación del riesgo

La siguiente adaptación del comunicado y recomendaciones en materia de protección civil fue elaborada por la PRODECON, SEDESOL/DICONSA, SALUD, INALI, CONAPROC y SENADO con el propósito de difundir lo básico en prevención de riesgos hacía la población indígena.

CAPÍTULO II. DETERMINACIÓN DE NIVELES DE ANÁLISIS Y ESCALAS DE REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA

Zona de estudio

El municipio de Tolcayuca se localiza en el Estado de Hidalgo, México, se encuentra a una altitud promedio de 2200 metros sobre el nivel del mar, lo que le confiere características geográficas y climáticas particulares, su ubicación geográfica corresponde a las coordenadas 20°02'39" de latitud norte y 98°44'14" de longitud oeste, lo que lo sitúa a aproximadamente 30 kilómetros al norte de la ciudad de Pachuca, la capital del estado, y a unos 100 kilómetros al norte de la Ciudad de México, lo que le proporciona una excelente conectividad terrestre, facilitando el acceso a las comunicaciones con otras regiones.

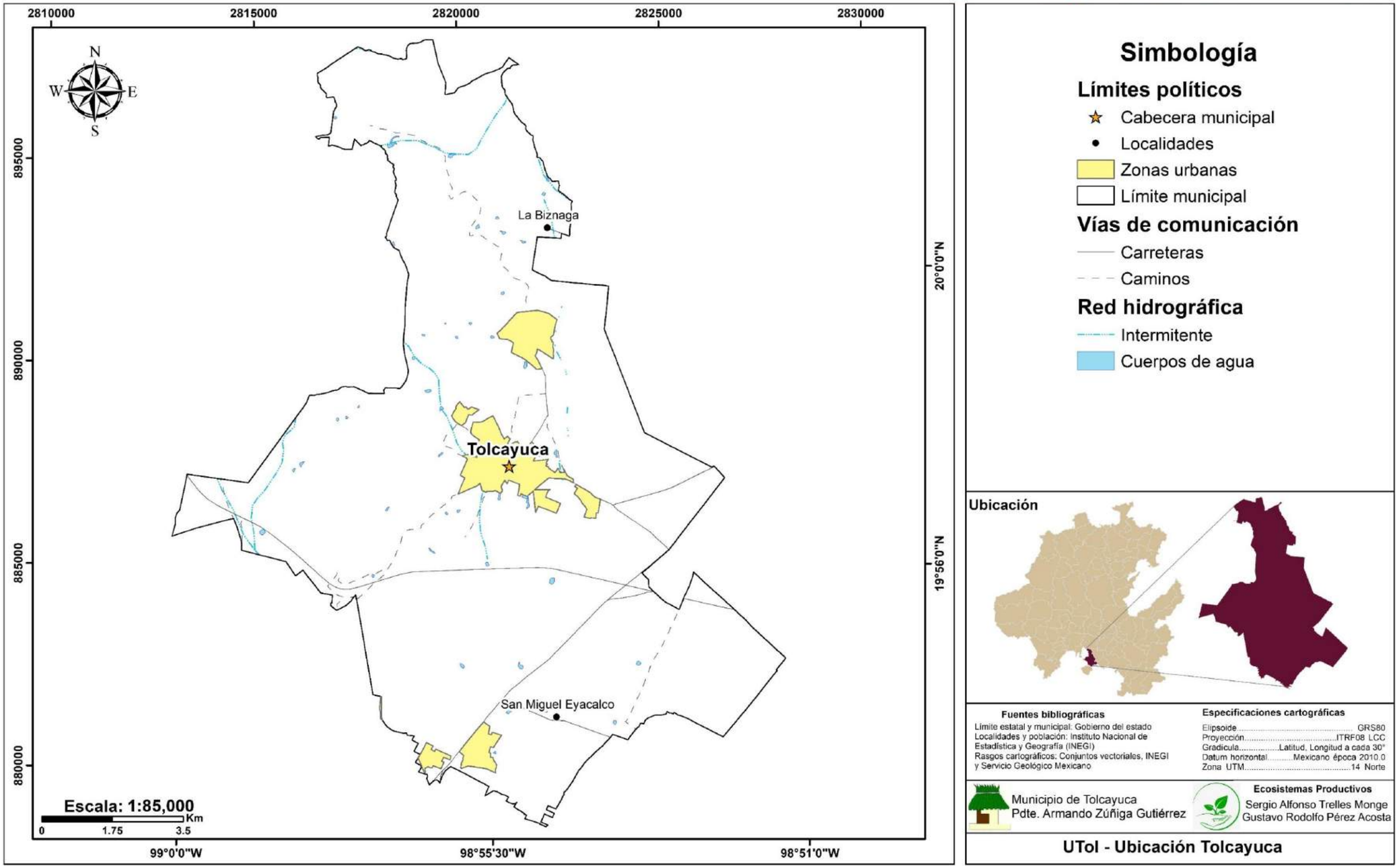
Tolcayuca presenta una variedad propia de la región semidesértica, con temperatura media anual de 16°C, por lo que permite que diversos tipos de especies se adapten a climas cálidos y secos. Entre las especies más comunes en la flora local se encuentran los mezquites, nopales, y diversas especies de matorrales xerófilos. Estas especies juegan un papel importante en la conservación del suelo, evitando la erosión y contribuyendo a la biodiversidad regional. Además, en algunas zonas se pueden encontrar áreas de cultivo donde se siembran productos agrícolas típicos de la región, como el maíz, el frijol, y el maguey.

Respecto a la fauna, está representada por una variedad de mamíferos, aves reptiles, anfibios y artrópodo. Las especies de mamíferos que se pueden encontrar en el municipio incluyen desde pequeños roedores como el conejo y el ratón de campo hasta especies más grandes como el coyote y el zorrillo. Estos mamíferos desempeñan roles ecológicos importantes como controladores de plagas y carnívoros de nivel superior.

La geología de la región está dominada por formaciones volcánicas, sedimentarias y metamórficas que datan del Cenozoico, principalmente de la era Terciaria. La unidad geológica más relevante es el sistema de rocas volcánicas, compuesto por tobas, basaltos y andesitas, que evidencian una intensa actividad volcánica en épocas pasadas. En términos de riesgo geológico, Tolcayuca se encuentra en una zona con bajo riesgo sísmico debido a su distancia de los principales focos de actividad sísmica en el país.

La población de Tolcayuca es de aproximadamente 23,500 (INEGI, 2025) habitantes, siendo un municipio de tamaño medio, cuya población se distribuye entre la cabecera municipal y las localidades rurales circundantes. En cuanto a la economía está centrada en la agricultura, con una creciente importancia del comercio local y los servicios, especialmente aquellos vinculados a la cercanía con la Ciudad de México y Pachuca, lo que ha facilitado el desarrollo de actividades económicas secundarias como el comercio y la construcción.

Mapa de ubicación



Mapa base

El municipio de Tolcayuca es una división administrativa y política del estado de Hidalgo, se encuentra dentro de la zona geográfica conocida como el Valle de Tizayuca, que es una extensión territorial que forma parte de la región de transición entre la Sierra de Pachuca y el Valle de México.

Dentro del municipio, las localidades con mayor población son: General Felipe Ángeles, Bosques de Ibiza, Las Pintas, Lomas del Álamo, Santiago Tlajomulco, San Miguel Eyacalco., Vicente Guerrero .

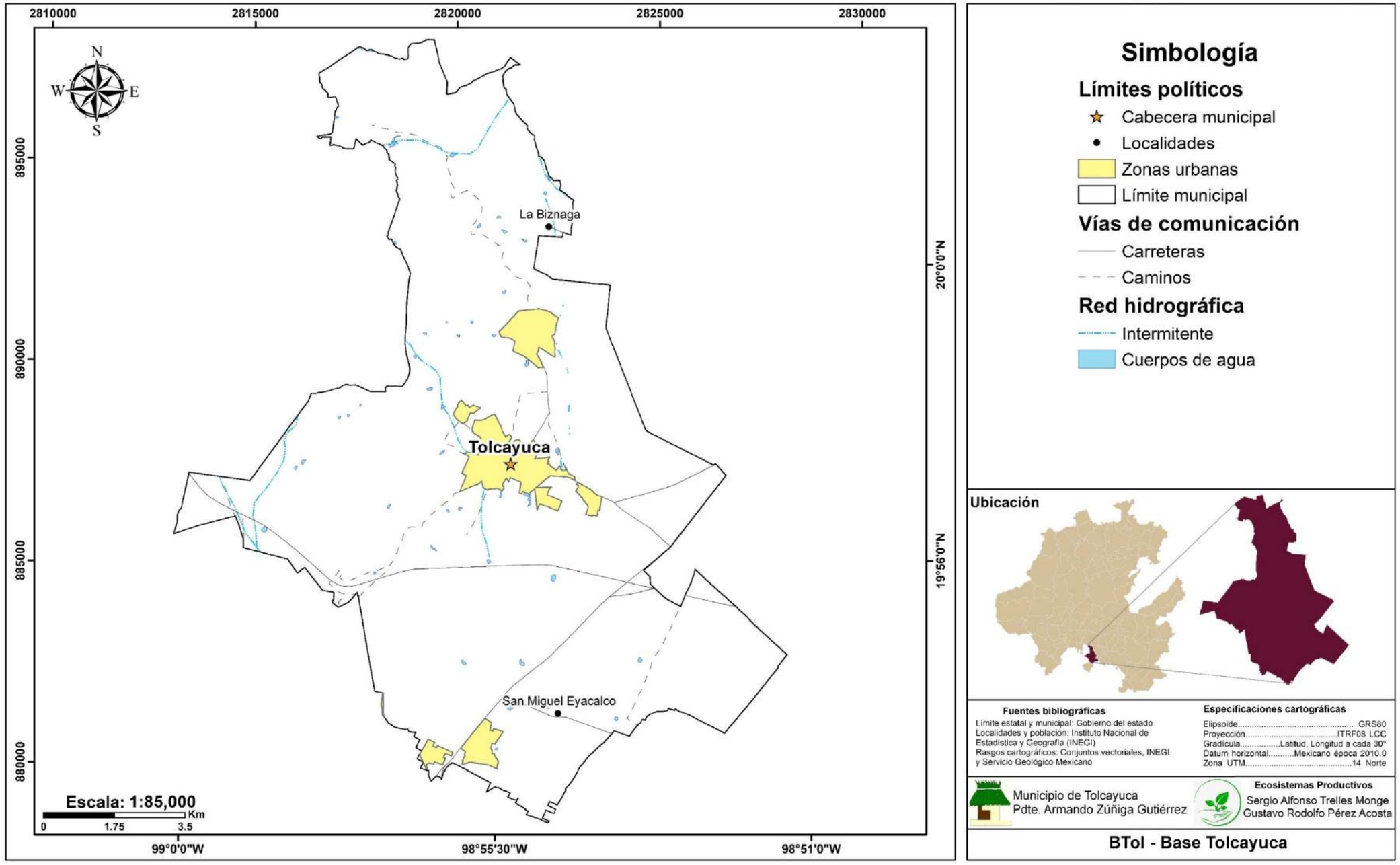
Tolcayuca conserva una rica herencia cultural que se refleja en sus festividades. La música, la danza, y las tradiciones gastronómicas, como el consumo de nopal y mezcal, son parte integral de la identidad local. Además, las danzas tradicionales, como la danza de los Huehues, son un reflejo de la historia y el mestizaje de la región. El municipio ha experimentado un crecimiento en infraestructura urbana en los últimos años, con mejoras en caminos, servicios básicos y educación. La cercanía con ciudades importantes como Pachuca y la Ciudad de México ha permitido a Tolcayuca beneficiarse del acceso a servicios y productos de estas áreas metropolitanas, favoreciendo el crecimiento de la infraestructura comercial y de servicios.

En cuanto a la hidrología, Tolcayuca se encuentra dentro de la Cuenca del Alto Mezquital, una subcuenca del Sistema Hidrológico del Valle de México. La red hidrográfica de la región está formada principalmente por ríos y arroyos que nacen en las zonas altas de los cerros y que fluyen hacia el sur en dirección al Valle de México.

El manejo de los recursos hídricos en Tolcayuca enfrenta retos debido a la creciente demanda de agua para la agricultura y la expansión urbana, lo que pone presión sobre los acuíferos y los cuerpos de agua superficiales. La calidad del agua también es un factor de preocupación, ya que la contaminación por residuos agrícolas y urbanos puede afectar la disponibilidad de agua potable y las condiciones ambientales de la región.

En conclusión, la geología e hidrología de Tolcayuca son factores fundamentales que determinan la distribución de los recursos naturales en la región, su capacidad para el desarrollo agrícola y la sostenibilidad de sus fuentes de agua. El conocimiento y manejo adecuado de estos recursos es esencial para garantizar un futuro sustentable para la población local.

Mapa base


2810000
2815000
2820000
2825000
2830000
895000
890000
885000
880000
20°0'0"N
19°56'0"N
99°0'0"W
98°55'30"W
98°51'0"W
N
S
E
W
La Biznaga
Tolcayuca
San Miguel Eyacalco
Escala: 1:85,000
Km
0
1.75
3.5
Simbología
Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal
Vías de comunicación
Carreteras
Caminos
Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua
Ubicación
Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte
Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez
Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta
BTol - Base Tolcayuca

Mapa base urbano

El mapa de base urbano es un instrumento clave para entender la dinámica del municipio y su relación con los riesgos, sirviendo como punto de partida para implementar estrategias de prevención, mitigación y respuesta que protejan a la población y su entorno. Proporciona una representación detallada de los elementos físicos, sociales y económicos presentes en las áreas urbanas del municipio. Este mapa es la base para identificar, analizar y evaluar la exposición de la población, infraestructura y servicios.

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, cuenta con ocho zonas urbanas. La mayoría de estas zonas se encuentran en el centro del municipio tales como; Santiago Tlajomulco, Vicente Guerrero (San Javier), Olmos, Lomas del Álamo, Bosques de Ibiza, El Carmen, Tolcayuca, General Felipe Ángeles.

Los límites políticos mostrados en el mapa son las líneas que marcan las divisiones entre diferentes entidades políticas, teniendo en este:

- Cabecera municipal
- Curvas de nivel
- Manzanas
- Colonias
- Límite municipal
- Zonas de cultivo
- Zonas urbanas

Lo más notable de la infraestructura de vialidad y transporte son:

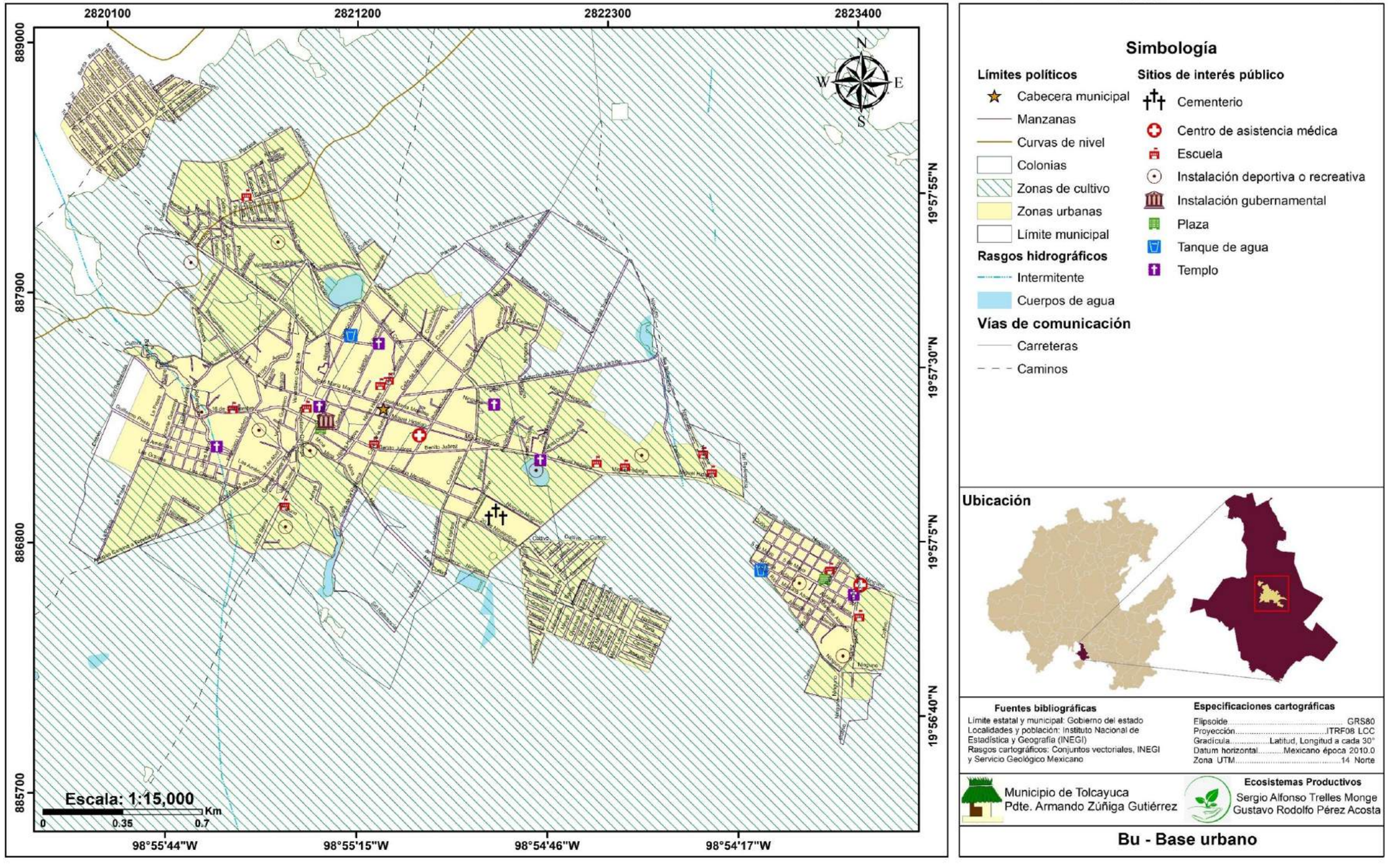
- Carreteras: 11
- Caminos: 12

Dentro de los sitios de interés público, se encuentran:

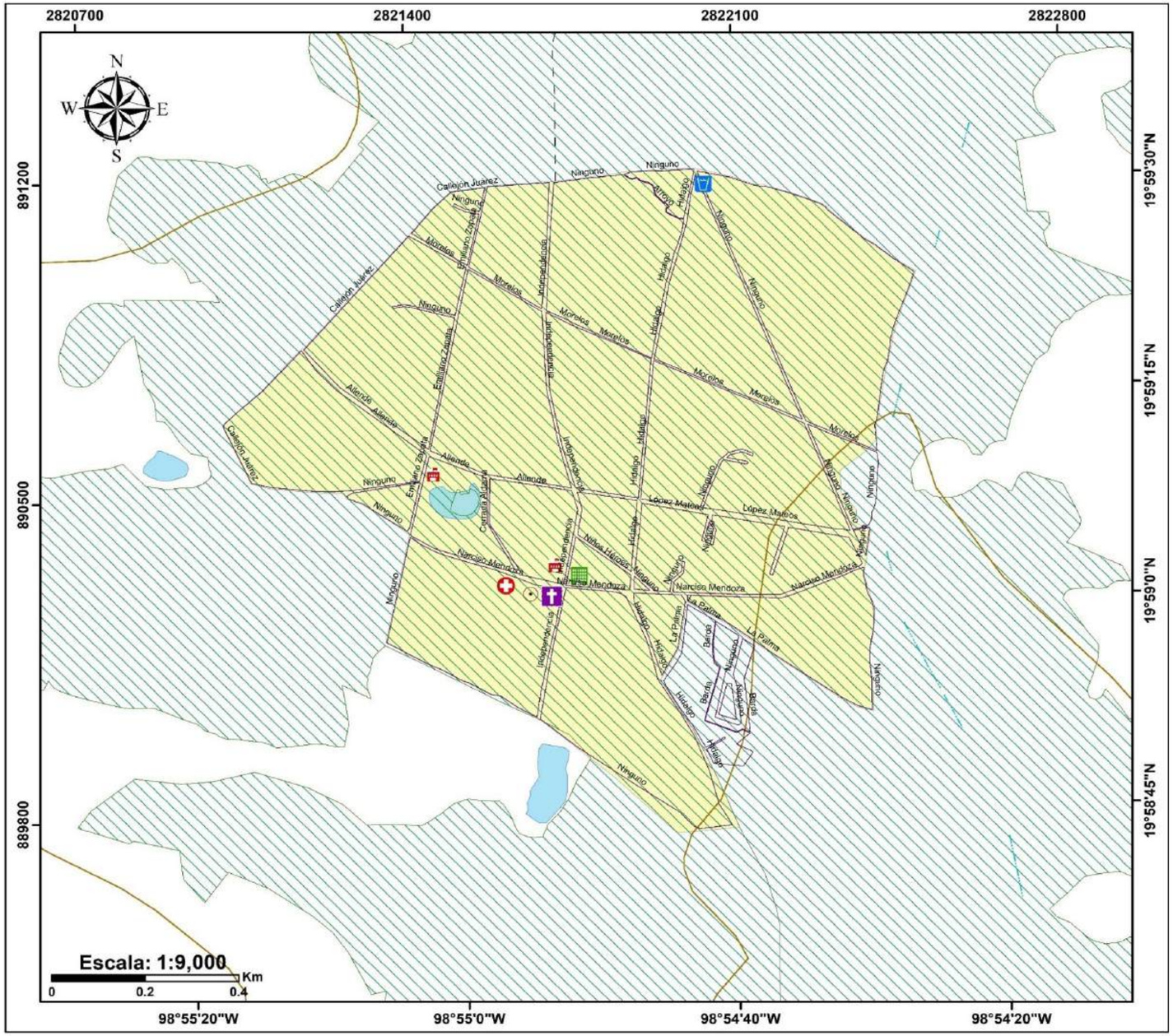
- Cementerio: 1
- Centro de asistencia médica: 5
- Escuela: 21
- Instalación deportiva o recreativa: 17
- Instalación gubernamental: 1
- Plaza: 4
- Tanque de agua: 6
- Templo: 11

Dentro de los rasgos hidrográficos se tienen varias corrientes intermitentes, es decir, el agua no fluye de manera continua a lo largo del año, alrededor del municipio de Tolcayuca.

Mapa de base urbano, zona centro



Mapa de base urbano, Santiago Tlajomulco



Simbología

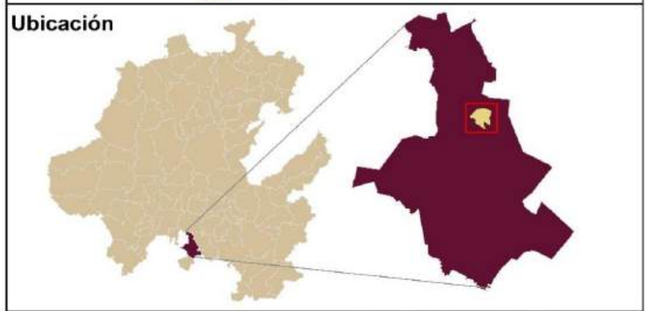
Límites políticos
- Manzanas
- Curvas de nivel
- Zonas de cultivo
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Marco geoestadístico
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación deportiva o recreativa
- Plaza
- Tanque de agua
- Templo

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

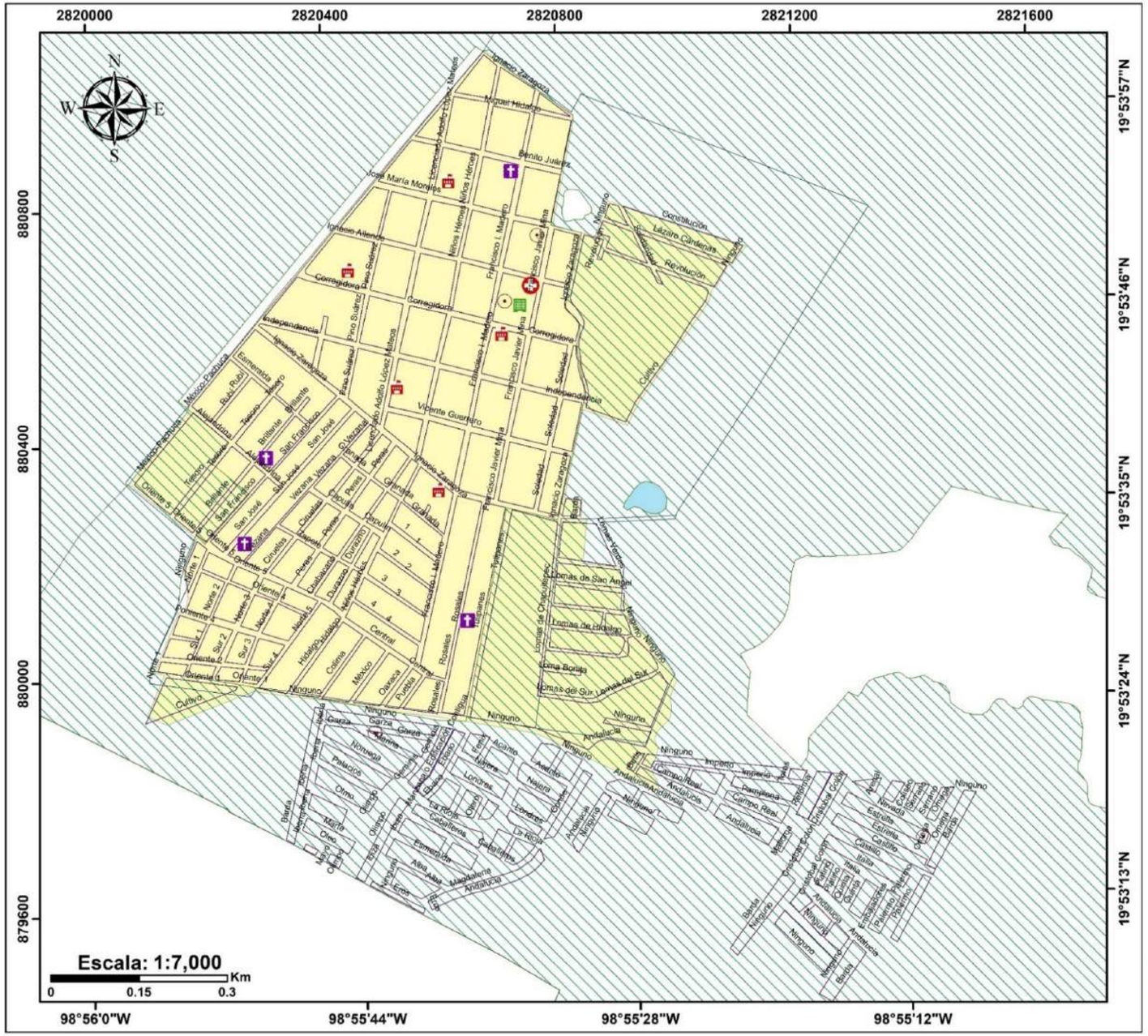
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Bu - Base urbano

Mapa de base urbano, General Felipe Ángeles



Simbología

Límites políticos

- Manzanas
- Colonias
- Zonas de cultivo
- Zonas urbanas
- Límite municipal
- Cuerpos de agua

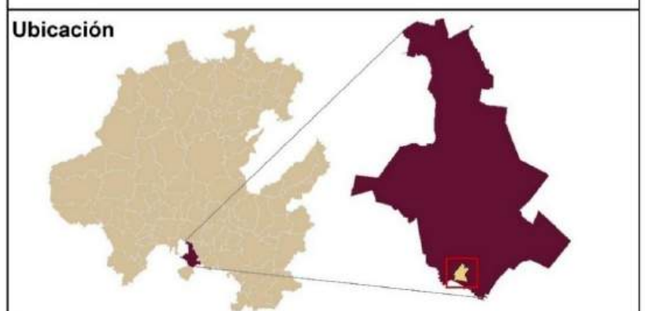
Vías de comunicación

- Carreteras

Marco geoestadístico

- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación deportiva o recreativa
- Plaza
- Templo

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

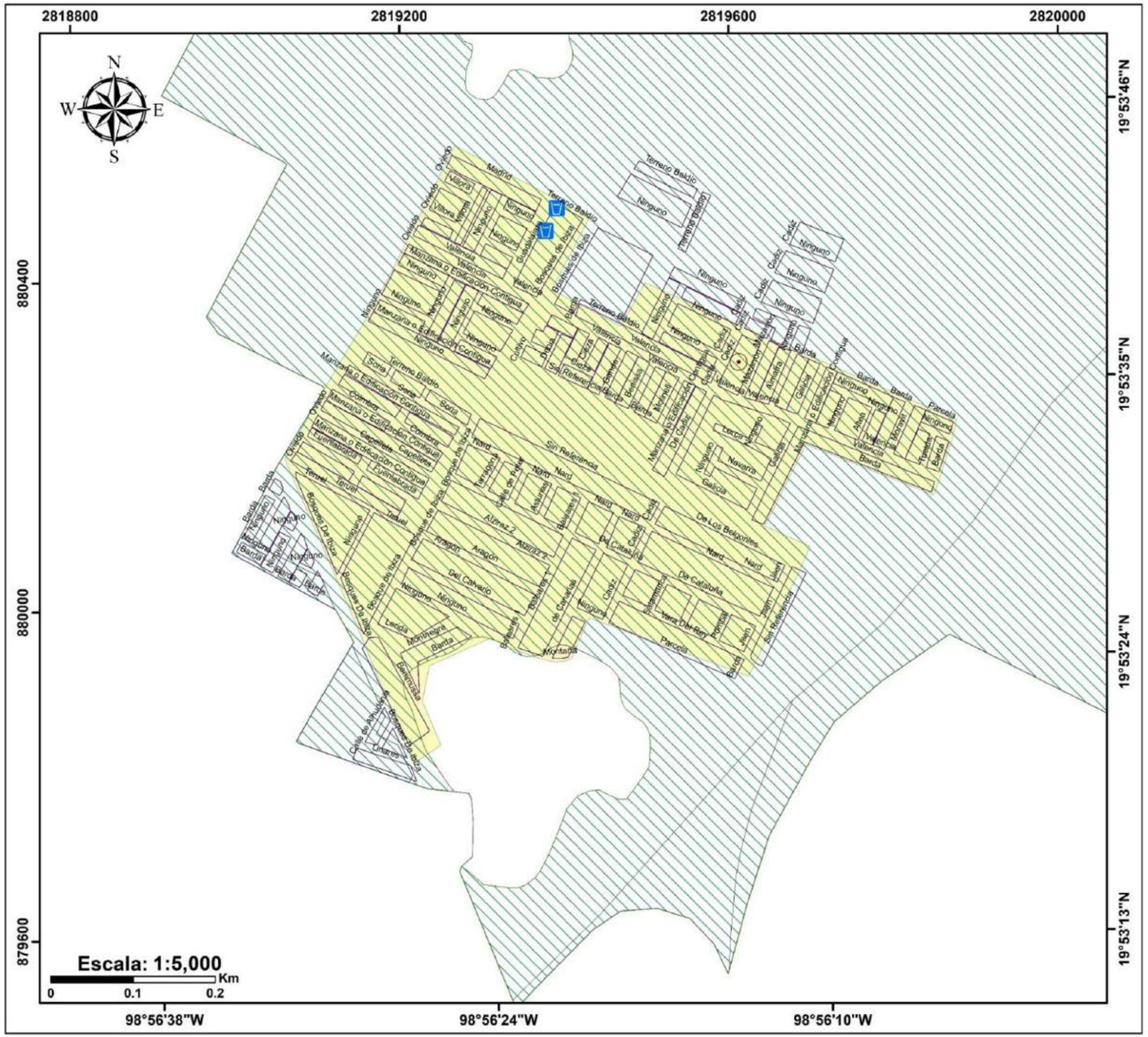
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Bu - Base urbano

Mapa de base urbano, Bosques de Ibiza



Simbología

Límites políticos

- Manzanas
- Colonias
- Zonas de cultivo
- Zonas urbanas
- Límite municipal

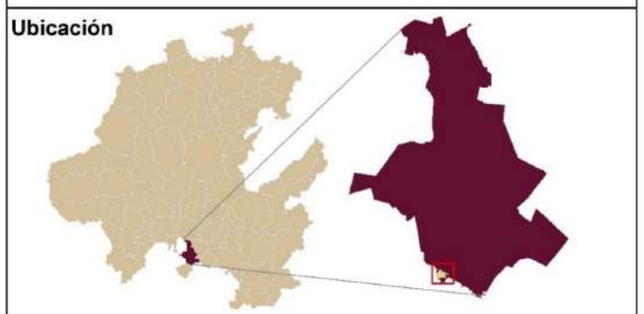
Vías de comunicación

- Carreteras

Sitios de interés público

- Instalación deportiva o recreativa
- Tanque de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Bu - Base urbano

CAPÍTULO III. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL MEDIO NATURAL

Marco físico

El municipio de Tolcayuca está ubicado en el estado de Hidalgo, México, dentro de la región de la Sierra de Pachuca. Su marco físico abarca una variedad de elementos geográficos naturales que configuran su territorio, como el relieve, los cuerpos de agua, el clima, la vegetación y los suelos. Estos factores son fundamentales para comprender la interacción entre la naturaleza y las actividades humanas dentro del municipio.

La relación cartográfica en el contexto de Tolcayuca hace referencia a la representación gráfica precisa del municipio en los mapas. Esta relación implica la correcta ubicación y escala de elementos geográficos como montañas, ríos, carreteras, ciudades y límites administrativos.

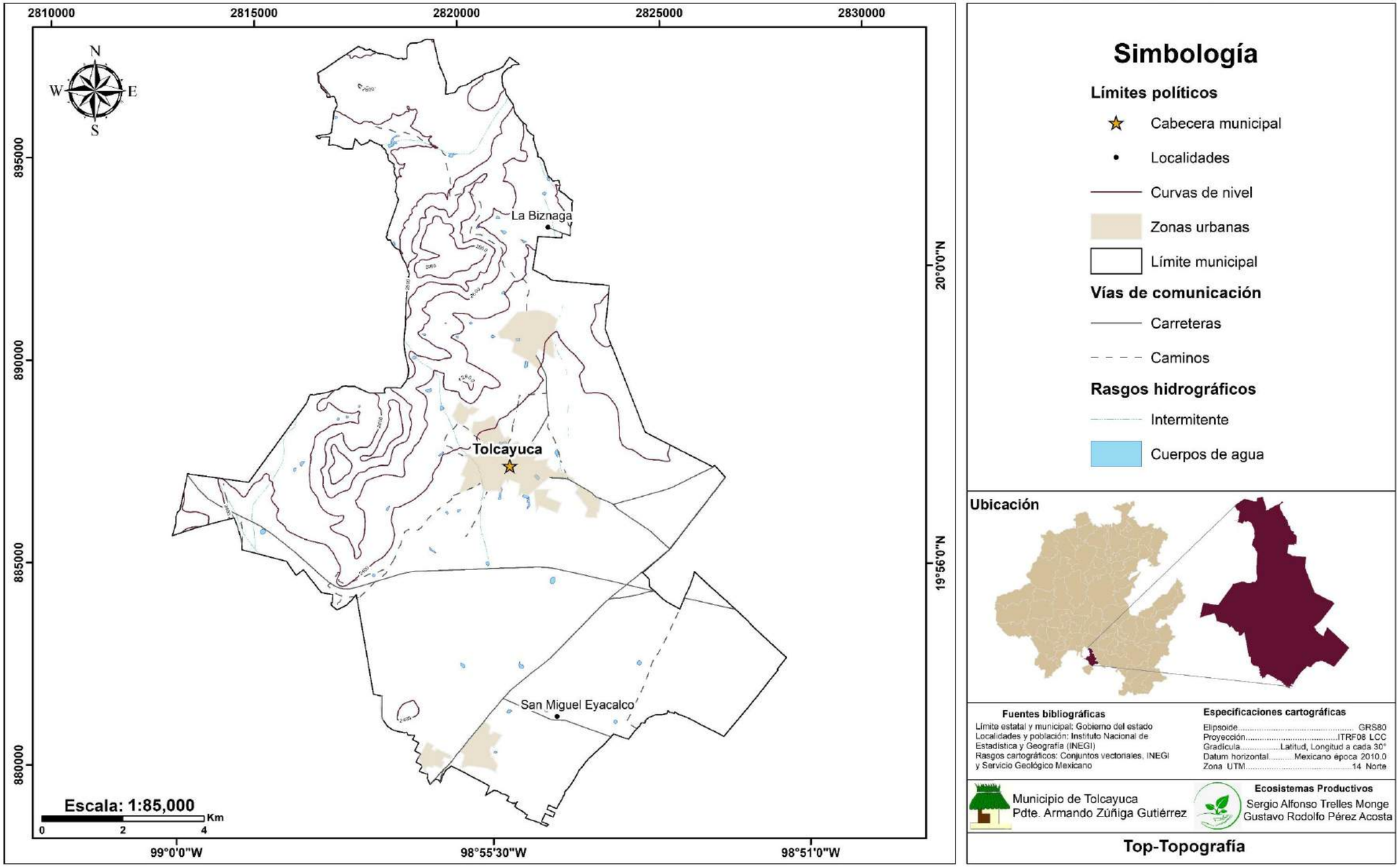
Las escalas cartográficas en los mapas del atlas de Tolcayuca varían desde mapas a escala municipal hasta representaciones detalladas de áreas específicas. La elección de la escala depende del propósito del mapa y de la información que se desea resaltar.

Topografía

Los mapas de Tolcayuca incluyen detalles topográficos que proporcionan información clave sobre la forma y las características físicas del terreno en una región específica. Estos detalles permiten comprender las altitudes, las formaciones geográficas, los cuerpos de agua, los colores hipsométricos, las pendientes y gradientes, los puntos de interés, así como las curvas de nivel del municipio.

La topografía del municipio de Tolcayuca se caracteriza por una predominante planicie con algunas elevaciones menores, lo que configura un paisaje en su mayoría llano, con ligeras ondulaciones. Este municipio se ubica dentro de la región del Valle de México, en la Comarca Lagunera, y su relieve está influenciado principalmente por los procesos geológicos de origen volcánico, con suelos derivados de lavas basálticas y materiales piroclásticos.

Mapa de topografía



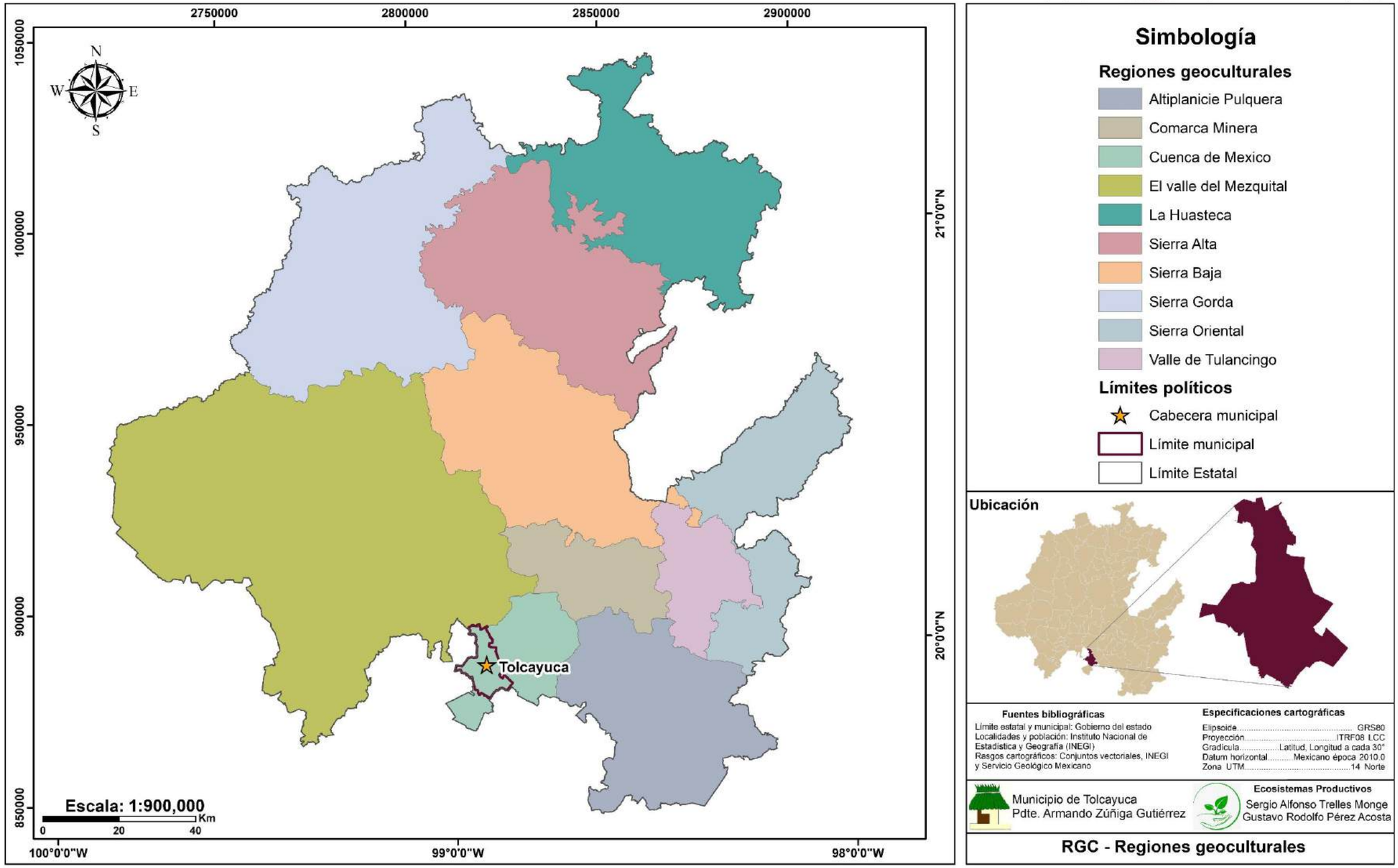
Regiones geoculturales

El estado de Hidalgo, ubicado al centro de México, se caracteriza por su notable diversidad natural, compuesta por su geografía, flora, fauna y el contraste del clima; además de su patrimonio cultural que se distingue por su arquitectura, lingüística, gastronomía, costumbres y tradiciones. El estado se divide en diez regiones geoculturales, cada una con características ambientales, económicas, políticas e históricas particulares, además de contar con diferentes grupos étnicos. Estas regiones son: La Huasteca, Sierra Gorda, Sierra Alta, Sierra Baja, Sierra Oriental, Valle de Tulancingo, Comarca Minera, Altiplanicie Pulquera, Cuenca de México y el Valle del Mezquital (Guadarrama et al., 2022).

El municipio de Tolcayuca se localiza en la región geocultural conocida como la Cuenca de México la cual forma parte de una extensa planicie que se extiende desde Pachuca y Mineral de la Reforma, hasta Tizayuca, pasando por Zapotlán, Villa de Tezontepec y Tolcayuca (Méndez et al., 2017).

El clima del municipio es templado y seco, debido a las escasas lluvias que se presentan en el año. La vegetación de esta región consiste en pirules, nopales y yucas (Méndez et al., 2017). Entre su fauna, se han registrado ardillas, armadillos, zorrillos, tlacuaches, lagartijas, tórtolas y gorriones (Regiones de Hidalgo, 2014).

Mapa de regiones geoculturales



Altimetría

Rama de la topografía que determina las diferencias de altura o nivel entre los puntos de una superficie o terreno, lo cual se representa por un valor numérico que se denomina curva y/o cota con respecto a un plano horizontal de referencia.

Las curvas de nivel corresponden a puntos unidos por una línea de igual altura con respecto a un plano, creando así formas de representación original del relieve geomorfológico. En los mapas se aprecia que las curvas nunca se cortan entre sí, y cuando se cierran dentro de los límites de un plano indican una elevación o depresión.

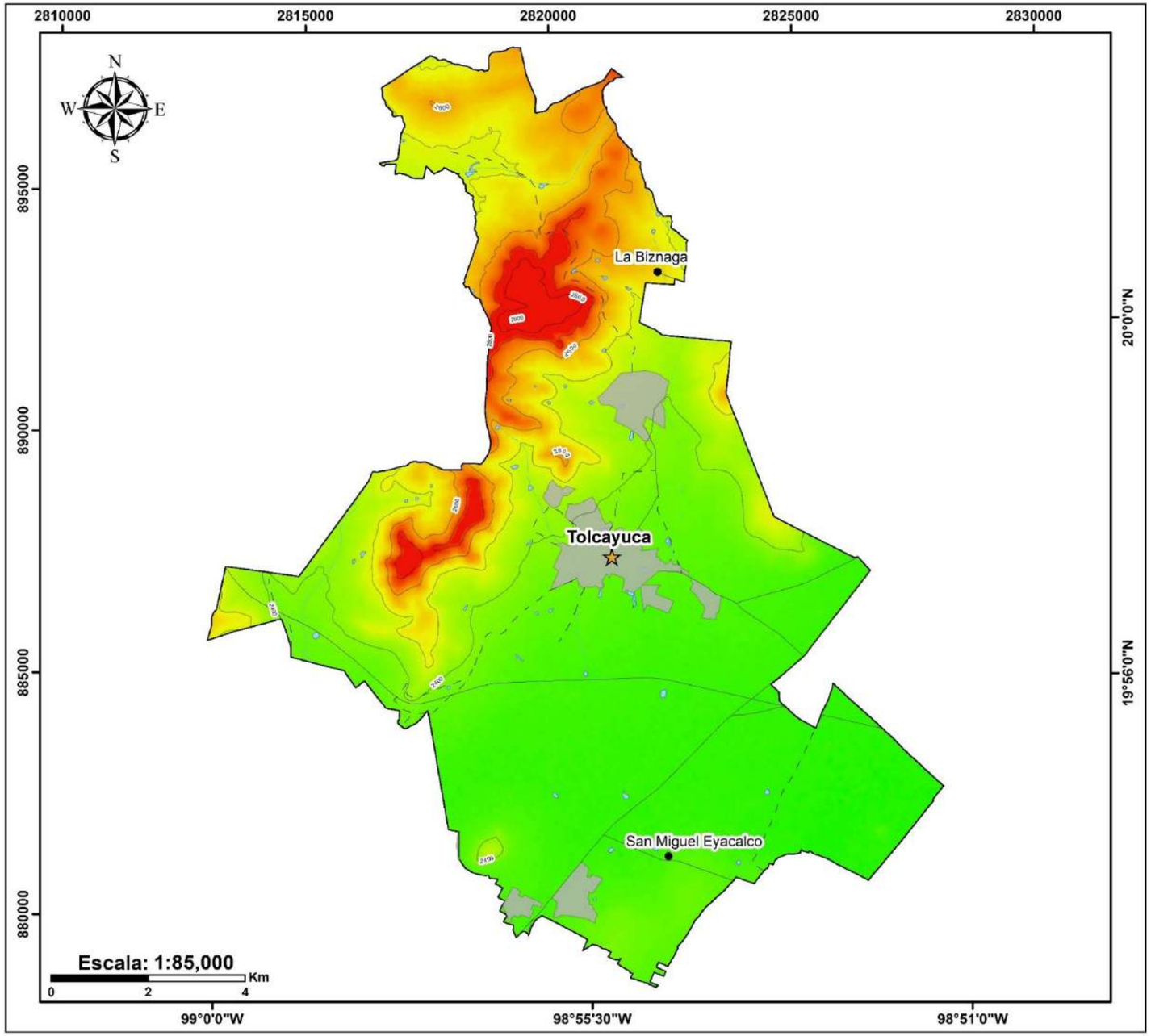
La altimetría de Tolcayuca es un factor importante respecto a su identidad geográfica y funcional. El hecho de que, sus elevaciones pertenezcan a una de las provincias fisiográficas más estudiadas de México, la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), lo dota de un carácter único. La FVTM pertenece al Cinturón de Fuego del Pacífico. En México se manifiesta como una franja que cruza al país de este a oeste en su región central (Aura, 2024), y tiene aproximadamente 40 volcanes que conectan varias regiones volcánicas de México (News, 2019).

Las elevaciones máximas se sitúan en la parte norte de la cabecera municipal, mientras que las de menor altitud se presentan en la parte centro-sur, donde se utilizan principalmente para cultivos y asentamientos humanos. La altura promedio de Tolcayuca es de 2,419 metros sobre el nivel del mar.

Entre las zonas altas del municipio destacan el Cerro Las Cruces (2,518 m s.n.m), Cerro El Rosal (2,786 m s.n.m), Cerro Santa Rosa (2,508 m s.n.m) y Cerro Sotula (2,782 m s.n.m) (PueblosAmerica, 2024).

Algunas de estas elevaciones no solo son importantes fisiográficamente, también pertenecen al sector económico, pues ofrecen diversas actividades turísticas como: vistas panorámicas, escenarios para actividades recreativas y eventos comunitarios. Tal es el caso del Cerro Las Cruces, que es conocido por sus excepcionales rutas de senderismo que permiten explorar el paisaje natural del municipio.

Mapa de altimetría



Simbología

Altimetría

Alto: 2916

Bajo: 2308

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Curvas de nivel
- Zonas urbanas
- Límite municipal

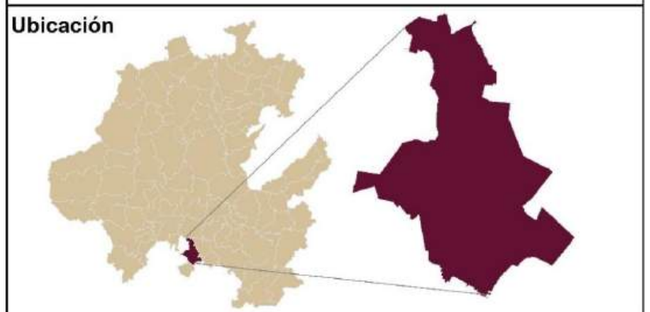
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Alt-Altimetría

Fisiografía

La fisiografía engloba al estudio de las formas del relieve, la litosfera y la descripción de la naturaleza. Se basa en el análisis de información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica (INEGI, 2025).

Tolcayuca presenta una fisiografía que determina su relieve, clima y ecosistemas, principalmente se encuentra dentro de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico o Faja Volcánica Transmexicana (FVTM), esta es una franja de actividad volcánica que atraviesa el centro del país, presentando una serie de altiplanos y estructuras volcánicas de miles de metros de altura.

Más a detalle, la Faja es una cadena montañosa que atraviesa el centro-sur de México de oeste a este. Se extiende desde el estado de Nayarit en la costa del Pacífico hasta la región de Los Tuxtlas en Veracruz, cerca del Golfo de México, abarcando una longitud aproximada de 800 km y una anchura media de 180 km (Terrasa, 2023).

Entre sus características geológicas destaca que forma parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, una zona de alta actividad sísmica y volcánica que rodea el océano Pacífico. Esta faja marca el límite sur de la placa tectónica de Norteamérica y es producto de la subducción de la placa de Cocos debajo de la placa norteamericana. Este proceso tectónico ha dado lugar a la formación de numerosos volcanes a lo largo de la faja.

De acuerdo al "Compendio de información geográfica municipal 2010" (INEGI, 2010) Tolcayuca se ubica dentro de la sub-provincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, que se extiende desde el oeste de la ciudad de Querétaro hasta Pachuca de Soto, que presenta un corredor abajo de los 2 000 msnm, de lomeríos bajos de materiales volcánicos y llanuras.

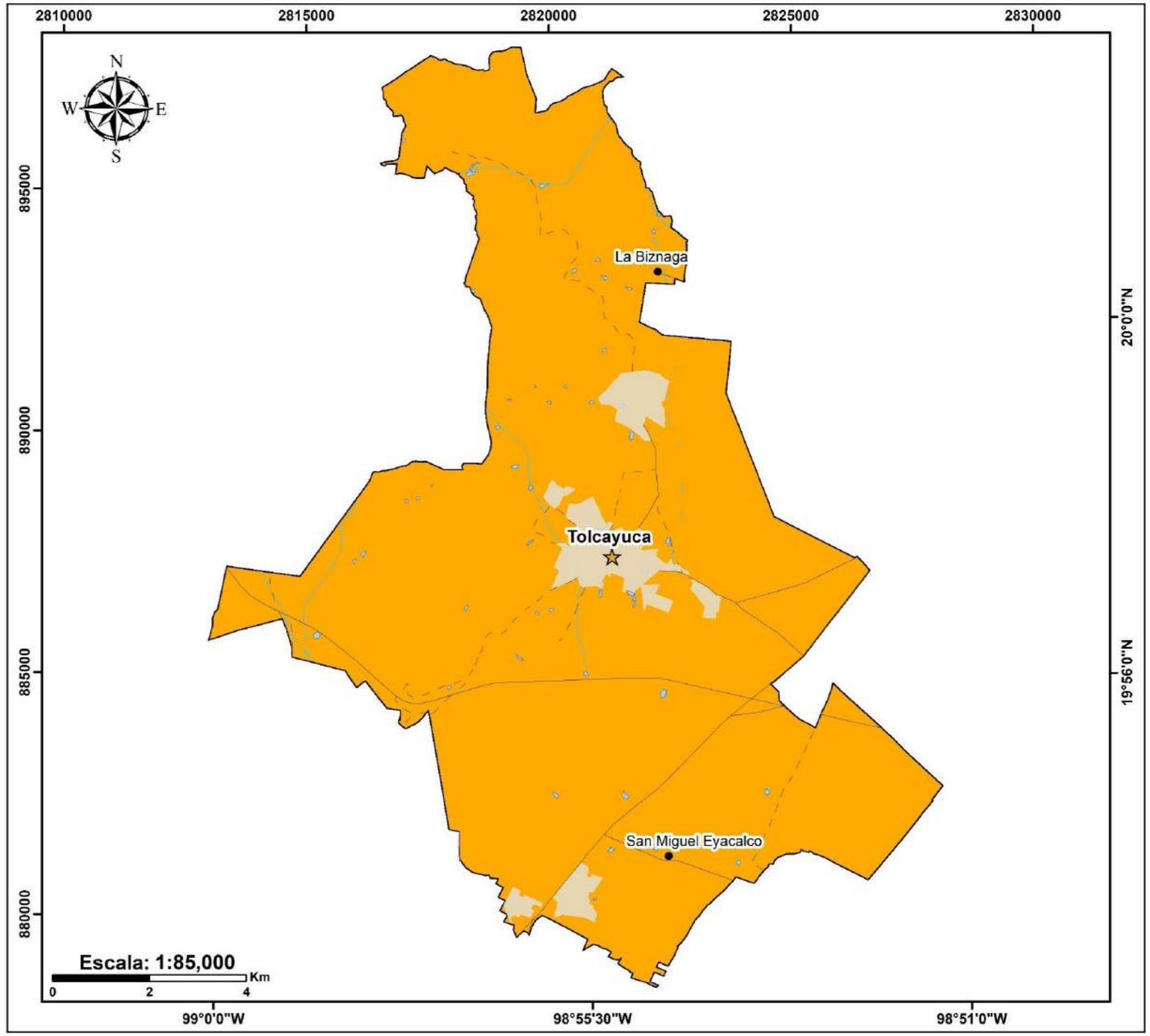
El clima, geología, hidrografía y vegetación también conforman a la fisiografía. El clima está determinado por la altitud y la ubicación geográfica, la cual resulta en un clima semiseco templado, lo que limita la erosión hídrica, pero favorece los procesos de meteorización química en zonas más bajas.

La geología tiene gran influencia, pues las rocas volcánicas y la tectónica juegan un papel importante, ya que el terreno presenta fallas y fracturas menores que han influido en la configuración del relieve.

La presencia de arroyos intermitentes y corrientes efímeras ha contribuido al modelado de valles y al transporte de sedimentos en la región.

Por último, la vegetación compuesta por matorrales xerófilos, ha sido transformada por el desarrollo agrícola y urbano, lo que ha modificado las áreas ha incrementado la susceptibilidad a la erosión eólica.

Mapa de fisiografía



Simbología

Fisiografía

- Faja Volcánica Transmexicana

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

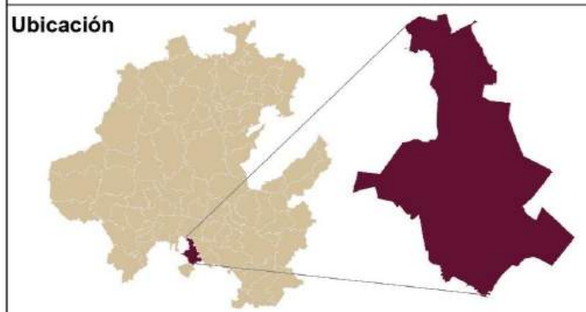
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Fis-Fisiografía

Geomorfología

La geomorfología es la rama tanto de la geología como de la geografía, que estudia las formas de la superficie terrestre, para comprender su origen, transformaciones y comportamiento actual (concepto, 2025).

El municipio de Tolcayuca presenta una geomorfología diversa influenciada por la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) que se caracteriza por la variedad de sistemas de topoformas que modelan su paisaje y determinan sus características geológicas y climáticas.

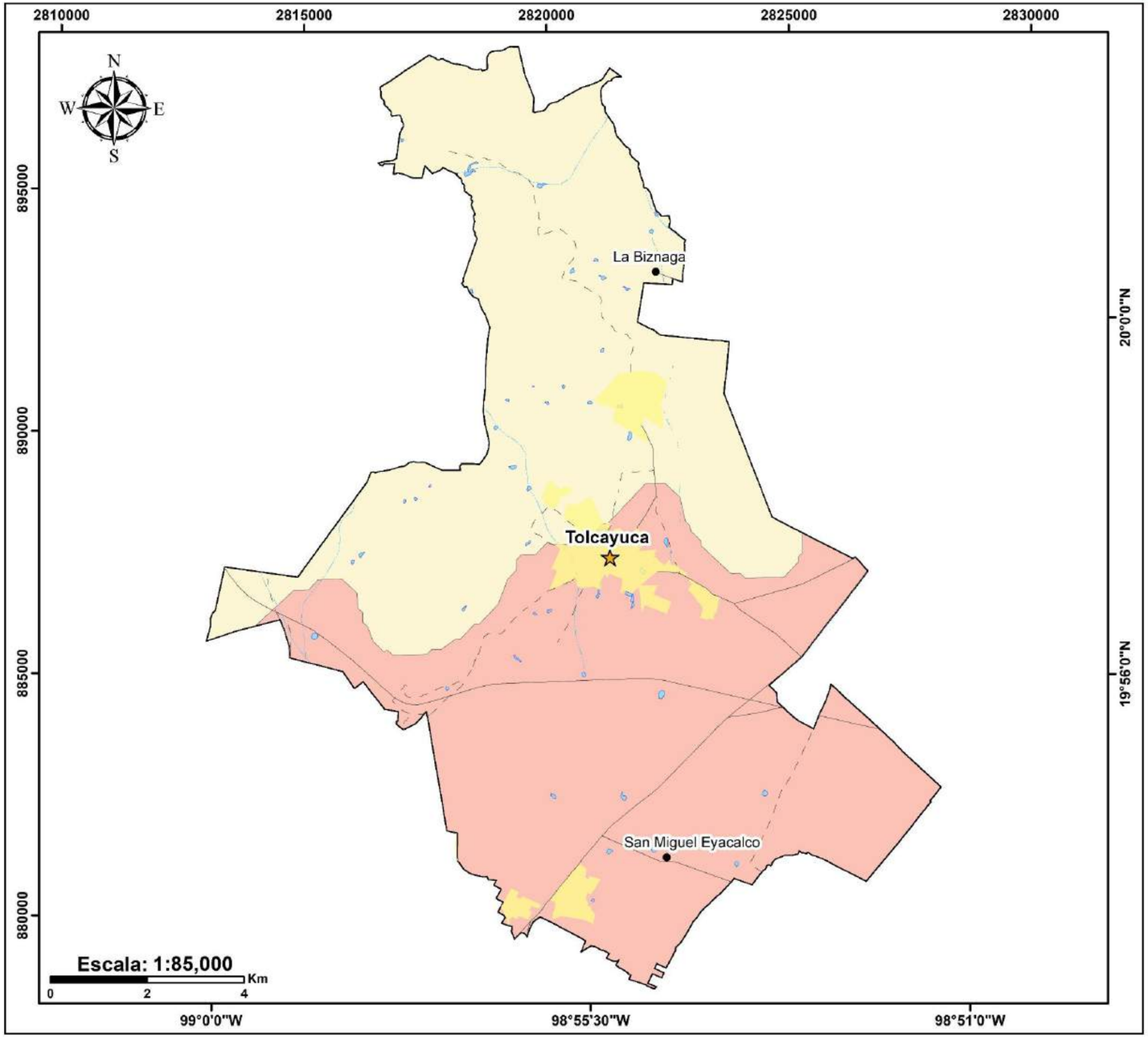
El sistema de topoformas del municipio es de llanuras (55.44%) y sierras (44.56%) (INEGI, 2010), mas detalladamente las Llanuras pertenecen a la subprovincia de Lagos y Volcanes de Anáhuac, la cual se caracteriza por la presencia de llanuras y cuerpos volcánicos. Las llanuras son superficies planas o ligeramente onduladas que facilitan actividades agrícolas y asentamientos humanos, mientras que la actividad volcánica histórica ha dejado depósitos de materiales ígneos, enriqueciendo los suelos y aportando una topografía distintiva.

La subprovincia de Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo ofrecen una topografía más abrupta, pues las sierras aportan diversidad ecológica y climática al municipio, de igual manera, estas formaciones influyen en los patrones de drenaje y en la distribución de la vegetación.

La geología, clima e hidrología también contribuyen en la geomorfología, pues las rocas ígneas como andesita, basalto-brecha volcánica básica, toba ácida y basalto son resultado de antiguas erupciones volcánicas que han moldeado el relieve actual, por otro lado, los depósitos aluviales indican la presencia de antiguos sistemas fluviales que han contribuido a la formación de suelos fértiles.

El clima es variado según la altitud y la topografía, en Tolcayuca predominan dos tipos de clima, el primero es el templado subhúmedo con lluvias en verano y el semiseco templado.

Mapa de geomorfología



Simbología

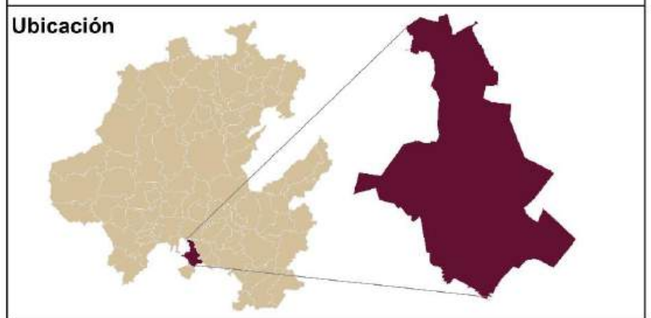
Geomorfología
- Llanura
- Sierra

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

GF-Geomorfología

Tipos de erosión

Tolcayuca presenta problemas relacionados con la erosión del suelo, un fenómeno que afecta la capacidad productiva de la tierra y la sustentabilidad ecológica. Principalmente se presenta la erosión hídrica, seguida por la antrópica. La primera es causada por el agua en forma de lluvia, escorrentías o flujos de ríos, mientras que la segunda es causada por actividades humanas, como la expansión urbana, la construcción de infraestructura y la sobreexplotación agrícola.

La erosión hídrica se clasifica en pluvial, fluvial y laminar. La laminar (HL) es la que afecta al municipio y ocurre cuando la intensidad de la lluvia es mayor que la capacidad de infiltración del suelo y resulta en la pérdida de las partículas más finas del suelo que contienen nutrientes y materia orgánica (EOS DATA ANALYTICS, 2024). Este tipo de erosión provoca una pérdida de nutrientes esenciales y contribuye a la sedimentación de ríos y embalses, de igual forma, se tiene un impacto negativo en los recursos hídricos de la zona.

Usualmente los tipos de erosión se escriben con abreviaturas, tal es el caso de HL1, que hace referencia al tipo de erosión, que en este caso es hídrica laminar y su grado de erosión es leve. Los grados de erosión se miden en rangos de 1 a 4, donde 1 es leve, 2 es moderado, 3 es fuerte y el 4 es extremo.

Las subclases de erosión hídrica de Tolcayuca se pueden llegar a confundir, ya que son la laminar de surcos y de cárcavas, para comenzar hay que definir la diferencia entre un surco y una cárcava.

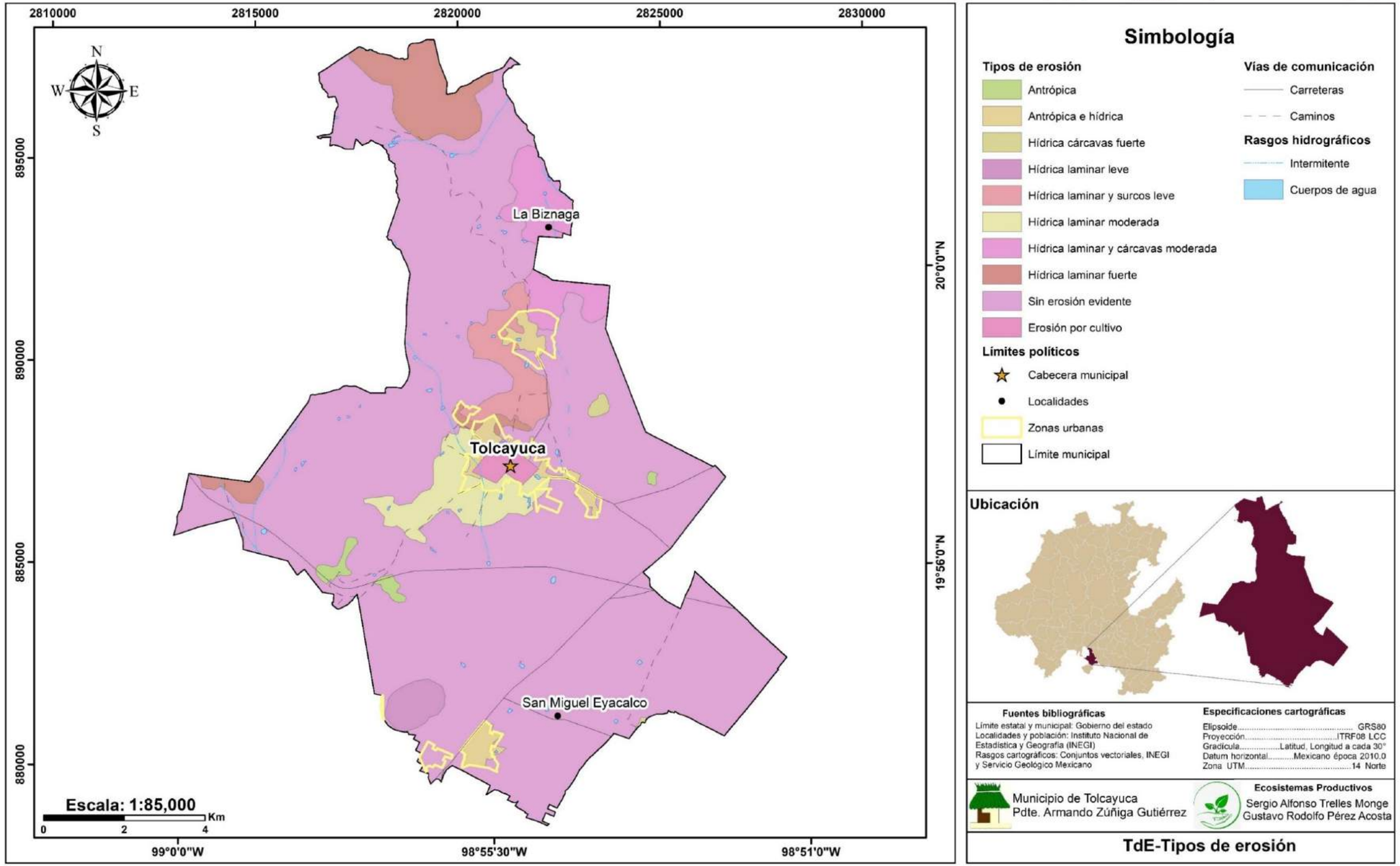
Las cárcavas se forman debido a las actividades antropogénicas y factores físicos como son el uso inapropiado del suelo y de la vegetación, sobrepastoreo, construcción de caminos, senderos creados por animales o vehículos, intensidad y cantidad de lluvia, topografía, tamaño y forma de la cuenca, longitud y gradiente de laderas, y características del suelo (Bravo-Espinosa et al., 2010).

Los surcos son más visibles en el terreno, ya que cuando llueve el agua abre pequeñas zanjas siempre en favor de la pendiente, arrastrando el suelo fértil.

Definimos a la erosión en cárcavas como el vaciado de partículas del suelo o sustrato por un flujo de agua concentrado que da lugar a estrechas incisiones, de mayor tamaño y profundidad que un reguero, y que generalmente llevan agua sólo durante, e inmediatamente después de fuertes precipitaciones (Gómez-Gutiérrez, 2010).

Por otro lado, la erosión en surcos ocurre cuando el agua forma surcos o canales más pequeños en la superficie del suelo. Esto puede suceder cuando hay un flujo más concentrado de agua, como después de una lluvia intensa.

Mapa de tipos de erosión



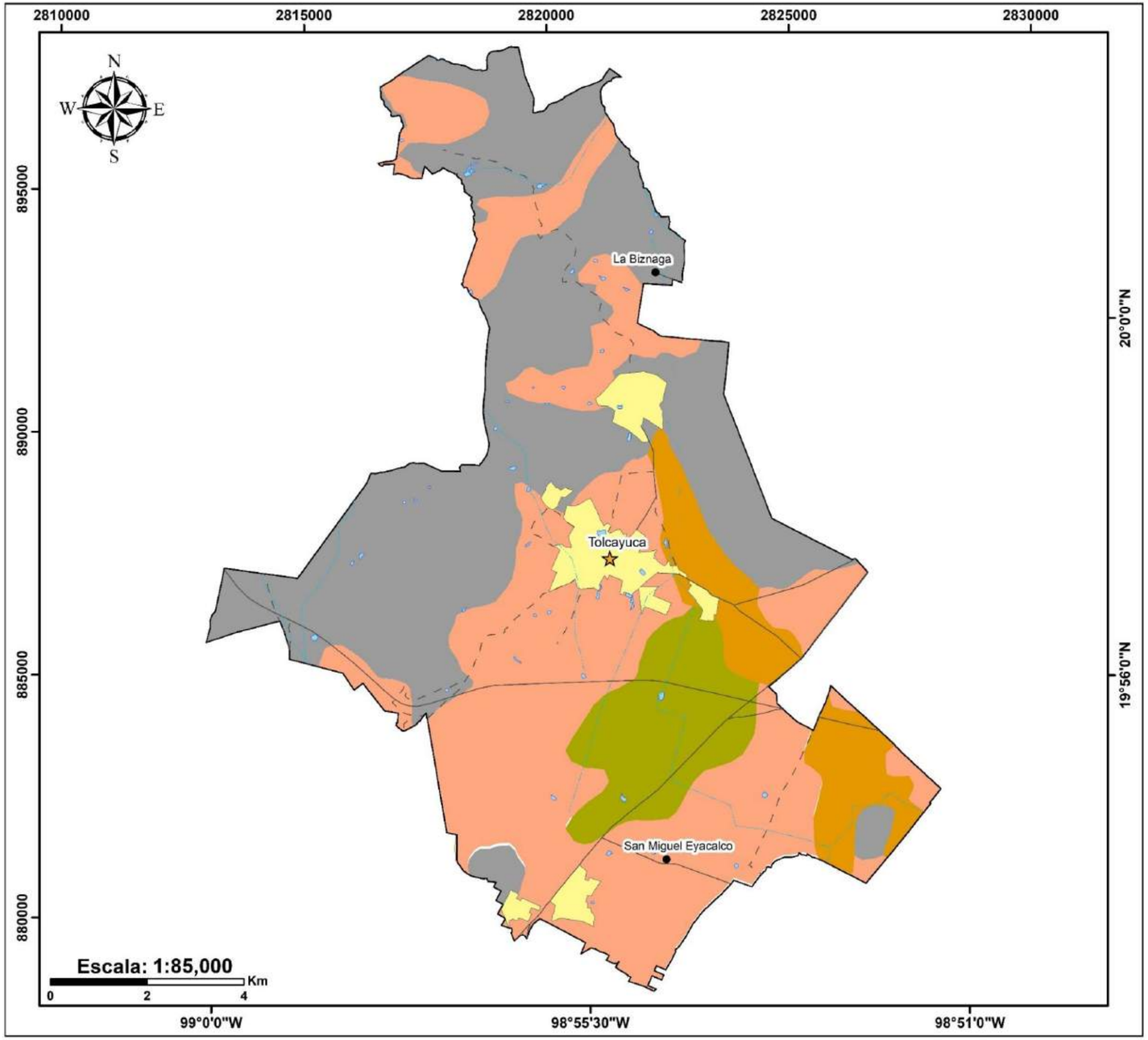
Edafología

La edafología es una rama de la ciencia que estudia los suelos en relación con su formación, composición, propiedades y su interacción con los seres vivos, especialmente las plantas. Se centra en comprender cómo las características del suelo afectan a la vegetación y, por extensión, al medio ambiente y la agricultura.

La edafología es crucial para varias aplicaciones prácticas, como la agricultura, la ingeniería civil, la ecología y la gestión del medio ambiente. En la agricultura, por ejemplo, el conocimiento profundo de las características del suelo permite mejorar las técnicas de cultivo, optimizar el uso de fertilizantes y sistemas de riego, y prevenir la erosión y otros problemas relacionados con la degradación del suelo. En términos ecológicos, los suelos son fundamentales para los ecosistemas, ya que actúan como reservorios de nutrientes y agua, soportan la vida microbiana y tienen un papel en la regulación del carbono en la atmósfera.

Además, la edafología está estrechamente relacionada con otros campos como la geología, la climatología y la biología, y utiliza herramientas y métodos tanto cualitativos como cuantitativos para realizar estudios sobre los suelos. Los edafólogos también trabajan en la clasificación de los suelos, con el fin de entender su distribución y cómo se comportan bajo diferentes condiciones climáticas y ambientales.

Mapa de edafología



Simbología

Tipos de Suelo

- Cambisol Eútrico (Be)
- Feozem Calcárico (Hc)
- Feozem Háplico (Hh)
- Litosol (I)
- Planosol Mólico (Wm)
- Vertisol Pélico (Vp)

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Zonas urbanas

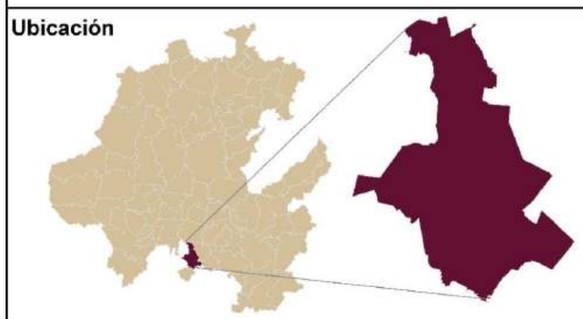
Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Eda-Edafología

Comunidades vegetales

Las comunidades vegetales son conjuntos de especies de plantas que coexisten en un espacio determinado, interrelacionándose entre sí y con el medio ambiente en el que habitan. Estas comunidades se pueden clasificar según el tipo de vegetación predominante, como bosques, praderas, desiertos, entre otros, y son fundamentales para la estabilidad ecológica, ya que proporcionan hábitats a diversos organismos, contribuyen al ciclo del carbono y la producción de oxígeno, y regulan el ciclo del agua.

En Tolcayuca, Hidalgo, una región situada en el altiplano central de México, las comunidades vegetales se caracterizan por una notable diversidad debido a su ubicación geográfica y a las variaciones en el clima, que van desde un clima semiárido hasta zonas más templadas. La vegetación predominante es la de matorral xerófilo (adaptada a la sequedad), que incluye especies de plantas resistentes a la falta de agua y temperaturas extremas, como cactáceas, agaves, mezquites y jarillas. Estas especies juegan un papel crucial en la conservación del suelo y en la prevención de la erosión, una de las principales amenazas en áreas áridas.

En las zonas más altas y cercanas a los cerros de Tolcayuca, pueden encontrarse comunidades de bosque de encino o de pino-encino, que requieren más humedad y temperaturas más frescas. Estos bosques, aunque menos comunes, son vitales para el equilibrio del ecosistema local y ofrecen una mayor biodiversidad.

A pesar de que la actividad humana ha modificado significativamente los ecosistemas de Tolcayuca, como la agricultura y el uso del suelo para la ganadería, todavía se pueden encontrar remanentes de estas comunidades vegetales en áreas no tan intervenidas. Además, la preservación de estas comunidades es clave para asegurar la sustentabilidad ambiental de la región y proteger los recursos naturales que dependen de ellas.

Uso de Suelo y Vegetación

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, cuenta con una superficie de aproximadamente 126,245 km² y presenta una diversidad de tipos de suelos y vegetación. Su ubicación dentro del Valle del Mezquital y su clima templado subhúmedo con lluvias en verano influyen en la distribución del uso del suelo y en la cobertura vegetal del territorio (INEGI, 2021).

Uso de suelo y vegetación, Tolcayuca, Hidalgo.

Uso de suelo y vegetación	Área km²
Agricultura	80.217
Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule	9.436
Pastizal inducido	5.712
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	13.131
Sin vegetación aparente	0.884
Matorral desértico rosetófilo	1.167
Asentamientos humanos	2.535
Matorral crasicaule	10.409
Vegetación secundaria arbórea de bosque pino-Encino	2.748
Total	**126.245**

Agricultura

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, forma parte del Valle del Mezquital, una región caracterizada por su tradición agrícola y suelos fértiles. La agricultura en este municipio es una de las principales actividades económicas, dependiendo de factores como la disponibilidad de agua, la calidad del suelo y las condiciones climáticas de la zona (INEGI, 2021).

En la zona predomina la agricultura de temporal anual con una extensión de 80.217 km², la agricultura de riesgo anual y semipermanente con 79.376 km² y la agricultura de temporal anual y permanente con 0.840 km².

Tolcayuca cuenta con suelos predominantemente, Phaeozem (45.19%), Leptosol (36.42%), Planosol (9.21%) y Cambisol (5.60%) los cuales presentan diferentes niveles de fertilidad y aptitud agrícola. Los Phaeozem son los más adecuados para el cultivo debido a su alta materia orgánica y capacidad de retención de agua (SEMARNAT, 2020).

El clima del municipio es Templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (58.89%) y semiseco templado (41.11%) (INEGI, 2010)

La agricultura en Tolcayuca se basa en el cultivo de granos básicos, hortalizas y forrajes, con una fuerte dependencia de los ciclos estacionales. Entre los cultivos más importantes destacan:

Maíz y avena: Son los principales cultivos de temporal y forman parte de la base alimentaria de la región. Su producción depende de la disponibilidad de agua y la calidad del suelo (INEGI, 2021).

Cebada (Hordeum vulgare): Cultivo de gran importancia económica, utilizado principalmente para la producción de forraje y en la industria cervecera (CONABIO, 2018).

Vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule

La vegetación secundaria arbustiva de matorral crasicaule es el resultado de la alteración o degradación del matorral original debido a actividades humanas como deforestación, ganadería extensiva, extracción de especies nativas y expansión urbana (SEMARNAT, 2020). Este tipo de vegetación surge como parte del proceso de sucesión ecológica en áreas perturbadas y está compuesta por especies pioneras que recolonizan el suelo y facilitan la regeneración del ecosistema (INEGI, 2021).

Las especies dominantes en la vegetación secundaria arbustiva en Tolcayuca incluyen:

-Matorrales espinosos, como el huizache (Acacia farnesiana) y el mezquite (Prosopis laevigata), cactáceas y suculentas en menor proporción, como el nopal (Opuntia spp.), astizales secundarios, como Bouteloua spp. y Muhlenbergia spp. A diferencia del matorral crasicaule original, la vegetación secundaria arbustiva tiene menor diversidad de especies, menor cobertura vegetal y menor capacidad de almacenamiento de agua, lo que la hace más vulnerable a la erosión y la desertificación (Rojas-Zenteno et al., 2017).

Pastizal inducido

El pastizal inducido en Tolcayuca se caracteriza por la presencia de especies de gramíneas como Bouteloua spp., Muhlenbergia spp., Paspalum spp., y algunas leguminosas que han sido sembradas o que han colonizado áreas previamente alteradas por actividades humanas. Estas especies son seleccionadas debido a su alta capacidad para soportar el pastoreo constante y su rápido crecimiento bajo las condiciones locales de clima semiárido y suelos poco fértiles (CONABIO, 2020).

La función principal del pastizal inducido es económica, ya que es utilizado para la ganadería extensiva, permitiendo la cría de ganado bovino, ovino y caprino. El forraje proporcionado por estas áreas facilita el abastecimiento de alimento para los animales durante los periodos secos del año, contribuyendo a la estabilidad de la producción ganadera. (SEMARNAT, 2018).

Sin embargo, este tipo de ecosistema enfrenta algunos retos importantes, como la erosión del

suelo, especialmente cuando las prácticas de pastoreo no están reguladas adecuadamente. El sobrepastoreo puede llevar a la degradación del suelo, la pérdida de nutrientes y la disminución de la capacidad productiva del pastizal, lo que pone en peligro su sostenibilidad a largo plazo (Rojas-Zenteno et al., 2017).

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

La vegetación secundaria arbustiva es un tipo de vegetación que ha surgido en áreas donde el bosque original ha sido alterado o degradado, generalmente por actividades humanas como la agricultura o la ganadería. En Tolcayuca, esta vegetación secundaria es una fase intermedia entre el bosque de encino y la completa degradación del área, donde predominan especies arbustivas y algunas hierbas, aunque los árboles de encino pueden estar presentes en menor cantidad (INAFED, 2019).

En la vegetación secundaria arbustiva, el dosel está menos denso, ya que los árboles son menos numerosos y más dispersos. El sotobosque está dominado por especies de arbustos y plantas herbáceas que crecen rápidamente en áreas donde el suelo ha sido perturbado. Aunque se pueden encontrar algunas especies de encino, estas son generalmente más pequeñas y menos maduras. En esta etapa, la regeneración del bosque aún es limitada (González et al., 2007).

La biodiversidad es menor debido a la presencia de especies más resistentes y menos especializadas. Sin embargo, esta fase tiene un valor ecológico importante ya que, si se gestiona adecuadamente, puede actuar como un paso hacia la restauración del bosque original. Además, las especies arbustivas presentes proporcionan hábitats para especies de fauna adaptadas a áreas perturbadas (Castillo et al., 2015).

La regeneración en la vegetación secundaria arbustiva es un proceso más lento y a menudo interrumpido por el uso agrícola o ganadero de la tierra. Sin embargo, si se implementan prácticas de manejo sostenible, la vegetación secundaria puede evolucionar hacia un bosque de encino maduro. La restauración ecológica de estas áreas requiere intervenciones como la reforestación y el control de especies invasoras (Zarco et al., 2016).

Bosque de encino

El bosque de encino es un ecosistema forestal maduro que se caracteriza por la predominancia de árboles de la familia Fagaceae, principalmente Quercus spp.. Este tipo de bosque se desarrolla en zonas templadas y subhúmedas. Su estructura es generalmente alta, con árboles que alcanzan varios metros de altura y una capa de sotobosque denso que incluye plantas herbáceas y arbustivas (Cavazos et al., 2008).

La estructura del bosque de encino es compleja, con un dosel cerrado de árboles altos que forman una capa continua. En el sotobosque, se encuentran diversas especies de plantas, tanto herbáceas como arbustivas, que requieren la sombra proporcionada por los árboles. Este tipo de bosque es considerado un ecosistema con alta capacidad de almacenamiento de carbono y protección del suelo contra la erosión (Rivas-Martínez et al., 2004). Es un ecosistema con una alta biodiversidad, albergando una amplia variedad de especies animales y vegetales. Este ecosistema cumple funciones ecológicas esenciales como la regulación del ciclo del agua, la protección contra la erosión y la provisión de hábitats para muchas especies endémicas. Además, los bosques de encino tienen un papel crucial en la conservación de los recursos hídricos de la región (Sánchez et al., 2012).

La regeneración del bosque de encino se da de manera natural a través de la sucesión ecológica. Las semillas de encino germinan y crecen en condiciones óptimas de humedad, sombra y nutrientes, favoreciendo el desarrollo de nuevas plantas. La regeneración es un proceso lento, pero constante, especialmente en áreas que no han sido alteradas por actividades humanas (Ramírez et al., 2009).

Asentamientos humanos

Según datos del INEGI (2020), la población de Tolcayuca ha experimentado un crecimiento moderado en las últimas décadas, en gran parte debido a la migración interna y el desarrollo de la infraestructura local. La mayoría de la población reside en la cabecera municipal, que concentra los servicios básicos como educación, salud y comercio. Sin embargo, también existen comunidades rurales que mantienen actividades relacionadas con el campo, como la siembra de maíz, frijol y la cría de ganado.

El desarrollo urbano de Tolcayuca está marcado por un modelo de asentamiento disperso, donde las viviendas rurales suelen estar rodeadas por terrenos agrícolas y boscosos.

El crecimiento de los asentamientos en Tolcayuca ha estado ligado al uso del suelo para la agricultura, que ha influido en la expansión de zonas habitacionales y en la transformación de áreas naturales.

Matorral crasicaule

El matorral crasicaule es un tipo de vegetación característica de las regiones áridas y semiáridas de México, compuesto principalmente por especies leñosas de tallos suculentos y gruesos, adaptadas a la sequía y a suelos con bajo contenido de materia orgánica (Rzedowski, 2006). En Tolcayuca, este ecosistema se encuentra en áreas con suelos delgados y pedregosos, especialmente en zonas de laderas y terrenos con baja disponibilidad de agua (CONABIO, 2018). Las especies predominantes en este tipo de matorral incluyen:

Cactáceas como Opuntia spp. (nopal) y Myrtillocactus geometrizans (garambullo).

Agaváceas, como Agave spp. y Yucca spp..

Arbustos leñosos, como el mezquite (Prosopis laevigata) y el huizache (Acacia farnesiana).

El matorral crasicaule en Tolcayuca cumple funciones ecológicas fundamentales, como la retención de suelo, regulación del ciclo hídrico y conservación de especies endémicas adaptadas a condiciones de baja humedad (Valiente-Banuet & Gutiérrez, 1996).

Matorral desértico rosetófilo

El matorral desértico rosetófilo es un tipo de vegetación adaptada a ambientes áridos, que se caracteriza por la formación de rosetas que ayudan a captar y conservar la humedad en condiciones de escasez de agua. En el municipio de Tolcayuca se pueden observar ejemplos como diversas especies que prosperan en el clima seco de la región.

En Tolcayuca, hay varias especies representativas, entre ellas Agave salmiana , con hojas suculentas en forma de roseta para el almacenamiento de agua; especies de Yucca, que adoptan una disposición de hojas similar; y cactus , que, a pesar de sus diferentes formas, son parte integral del ecosistema. Su presencia muestra cómo las plantas se adaptan a la sequía y las altas temperaturas, asegurando la estabilidad del suelo y la biodiversidad.

Bosque de pino encino

El bosque de pino-encino es un ecosistema montañoso caracterizado por la coexistencia de especies de pino (del género Pinus) y encino (del género Quercus). Este tipo de bosque se encuentra principalmente en elevaciones medias a altas, donde las condiciones climáticas son templadas, con inviernos fríos y veranos moderados. En algunas zonas de Tolcayuca, especialmente en áreas de mayor altitud y con climas más templados, se pueden encontrar remanentes de bosque de pino-encino. Este ecosistema se caracteriza por la coexistencia de especies como:

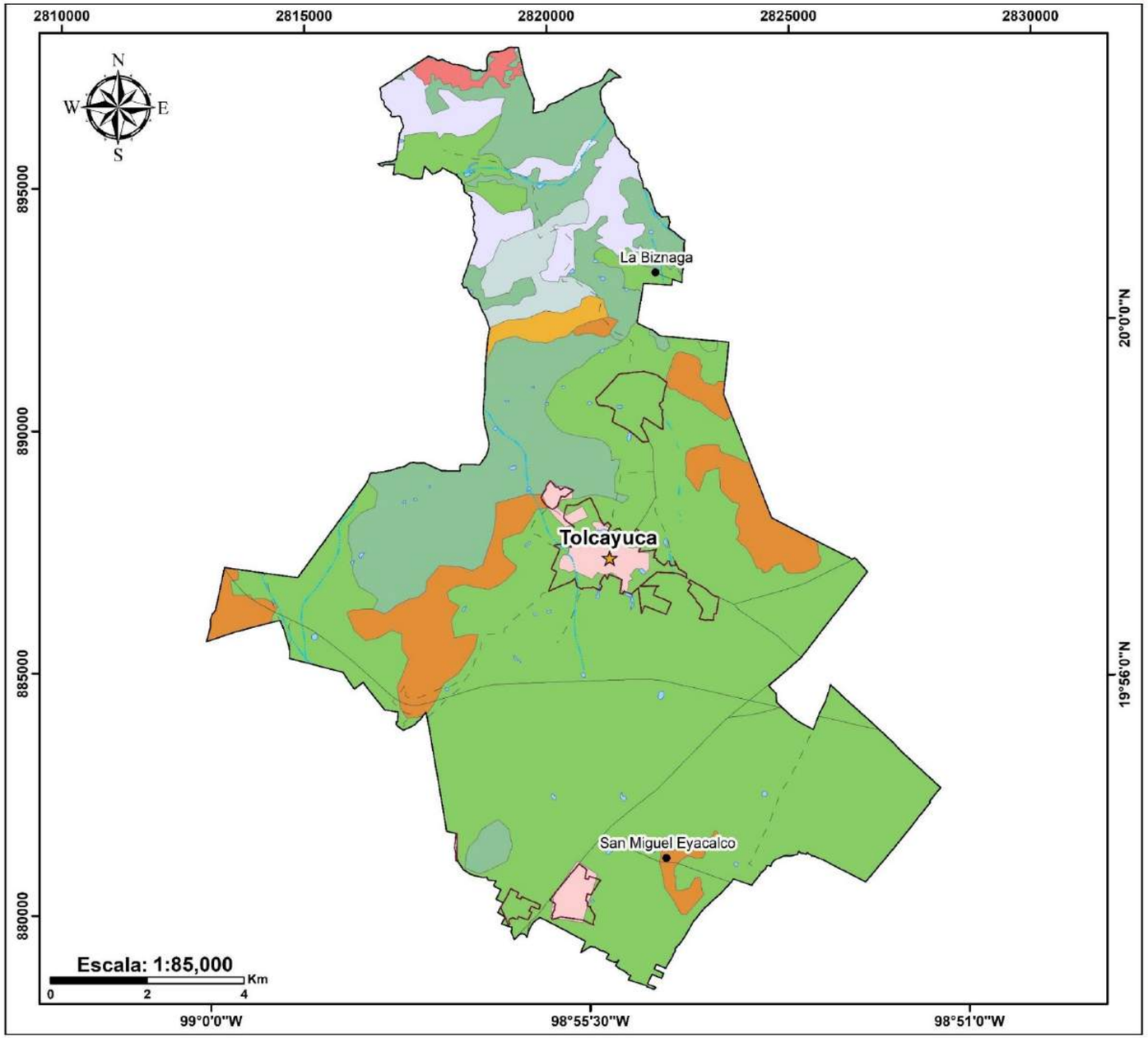
Pinos:

- Pinus montezumae (pino de Moctezuma)
- Pinus teocote

Encinos:

- Quercus laurina
- Quercus rugosa

Mapa de uso de suelo y vegetación



Simbología

Uso de suelo y vegetación

- Asentamientos humanos
- Agricultura de temporal
- Matorral crasicaule
- Matorral desértico rosétofilo
- Pastizal inducido
- Sin vegetación aparente
- Vegetación secundaria arbustiva
- Vegetación secundaria arbórea

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

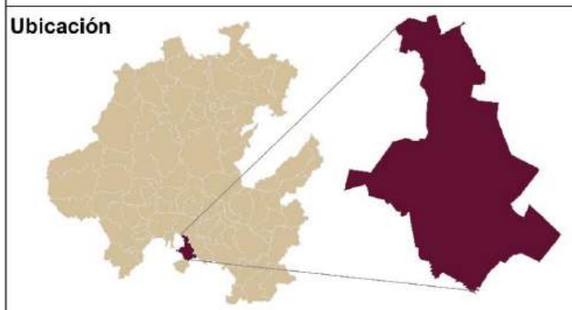
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Züñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

UDSyV - Uso de suelo y vegetación

Forestal

El sector forestal es clave para la sostenibilidad ambiental, económica y social, e incluye la gestión, conservación y explotación de los bosques. Estos son esenciales para la biodiversidad, el ciclo del carbono y la provisión de recursos naturales como madera y productos no maderables. Además de la reforestación, el sector busca asegurar la salud de los ecosistemas forestales y su capacidad de regeneración.

Una de las principales funciones del sector forestal es la regulación del clima. Los bosques actúan como sumideros de carbono, absorbiendo dióxido de carbono de la atmósfera y mitigando el cambio climático. Además, proporcionan hábitats para una gran variedad de especies animales y vegetales, lo que contribuye a la conservación de la biodiversidad global. Los bosques también juegan un papel esencial en la protección de los suelos contra la erosión, la regulación del ciclo hidrológico y la mejora de la calidad del aire.

A pesar de sus beneficios, la explotación forestal sin control puede tener efectos negativos significativos. La deforestación, impulsada por la agricultura, la urbanización y la tala ilegal, reduce la cobertura forestal, amenaza especies y contribuye al cambio climático. Por ello, se han implementado políticas y acuerdos internacionales que promueven la gestión sostenible de los bosques, como la Certificación Forestal, que garantiza que los productos madereros provienen de bosques gestionados de manera responsable.

El sector forestal también tiene una gran importancia económica, especialmente en países que dependen de los recursos forestales para la industria maderera, el papel y la producción de biomasa. Además, la creciente demanda de productos ecológicos y la promoción de la economía verde han impulsado el desarrollo de nuevas alternativas, como el uso de la madera como fuente de energía renovable y los productos derivados de los bosques no madereros.

Bosques y selvas (2001)

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, presenta una vegetación característica de zonas semiáridas, dominada por matorrales y pastizales. El municipio en el año 2001, contaba con una extensión de cobertura vegetal de 1.561 km^2.

Bosques y selvas 2001, Tolcayuca, Hidalgo.

Vegetación	Área km^2
Bosque de encino	1.561
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.000560
Total	**1.561 km^2**

Bosque de encino

El bosque de encino (Quercus spp.) es uno de los ecosistemas más representativos del estado de Hidalgo y tiene presencia significativa en Tolcayuca. Este tipo de bosque forma parte de las zonas templadas de México y se caracteriza por su alta biodiversidad y su papel crucial en la conservación del suelo y el ciclo hidrológico (Rzedowski, 2006).

En Tolcayuca, el bosque de encino se desarrolla principalmente en zonas con altitudes moderadas y suelos derivados de materiales volcánicos, lo que favorece el crecimiento de especies adaptadas a condiciones climáticas templadas (CONABIO, 2010). Las especies dominantes son encinos como Quercus rugosa, Quercus laurina y Quercus crassifolia, acompañados de una rica vegetación secundaria compuesta por arbustos como Buddleja americana y Dodonaea viscosa (Rzedowski & Calderón, 2013).

Este ecosistema brinda diversos servicios ambientales, como la regulación del ciclo del agua, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad. Además, es refugio de fauna silvestre como ardillas, zorros y diversas especies de aves, lo que contribuye al equilibrio ecológico (Challenger & Soberón, 2008).

A pesar de su importancia, el bosque de encino en Tolcayuca enfrenta amenazas como la expansión urbana, la agricultura y la tala inmoderada. Estos factores han provocado la degradación del ecosistema y la fragmentación del hábitat, lo que afecta tanto a la flora como a la fauna local (CONANP, 2015).

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

La vegetación secundaria arbustiva es el resultado de la regeneración natural que ocurre después de disturbios como la tala, incendios o el cambio de uso de suelo en áreas de bosque de encino. En Tolcayuca, Hidalgo, esta vegetación desempeña un papel fundamental en la recuperación de la biodiversidad y la conservación del suelo (Rzedowski, 2006).

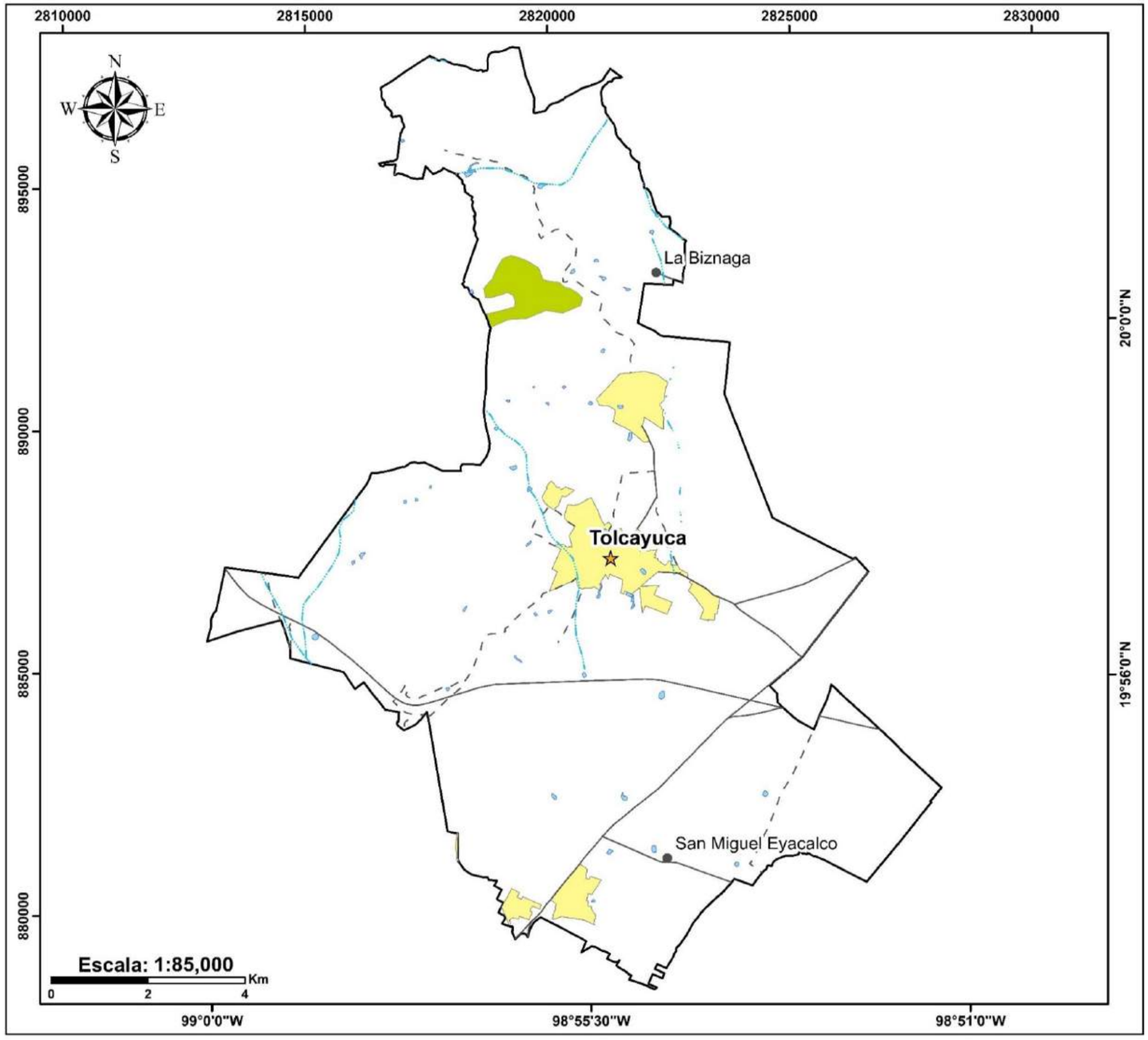
Los bosques de encino (Quercus spp.) son ecosistemas predominantes en varias zonas

del estado de Hidalgo, incluyendo Tolcayuca. Estos bosques albergan una gran diversidad de especies, tanto arbóreas como arbustivas, que forman parte del sotobosque. Sin embargo, debido al crecimiento urbano y a las actividades agropecuarias, muchas áreas han experimentado procesos de degradación, dando paso a la vegetación secundaria (CONABIO, 2010).

Entre las especies arbustivas más comunes en la vegetación secundaria de estos bosques se encuentran Buddleja americana, Mimosa biuncifera, Dodonaea viscosa, y Baccharis conferta (Rzedowski & Calderón, 2013). Estas plantas son pioneras, es decir, las primeras en colonizar suelos alterados, ayudando a estabilizar el terreno y facilitando la regeneración de especies arbóreas.

Además, la vegetación secundaria arbustiva proporciona refugio y alimento a diversas especies de fauna silvestre, como aves e insectos polinizadores (Challenger & Soberón, 2008). A pesar de su importancia ecológica, estas áreas suelen ser consideradas de menor valor que los bosques maduros, lo que aumenta el riesgo de su transformación para otros usos (CONANP, 2015).

Mapa de bosques y selvas, 2001



Simbología

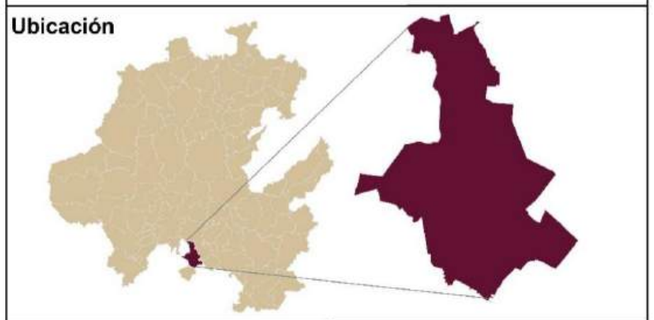
Cobertura vegetal
- Bosques y selvas

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicario época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ByS2001 - Bosques y selvas, 2001

Bosques y Selvas, 2021

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, presenta una vegetación característica de zonas semiáridas, dominada por matorrales y pastizales. El municipio en el año 2021, contaba con una extensión de cobertura vegetal de 15.880 km^2.

Bosques y selvas 2001, Tolcayuca, Hidalgo.

Vegetación	Área km^2
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	13.131
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	2.748
Total	**15.880 km^2**

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

La vegetación secundaria arbustiva es el resultado de la regeneración natural que ocurre después de disturbios como la tala, incendios o el cambio de uso de suelo en áreas de bosque de encino. En Tolcayuca, Hidalgo, esta vegetación desempeña un papel fundamental en la recuperación de la biodiversidad y la conservación del suelo (Rzedowski, 2006).

Los bosques de encino (Quercus spp.) son ecosistemas predominantes en varias zonas del estado de Hidalgo, incluyendo Tolcayuca. Estos bosques albergan una gran diversidad de especies, tanto arbóreas como arbustivas, que forman parte del sotobosque. Sin embargo, debido al crecimiento urbano y a las actividades agropecuarias, muchas áreas han experimentado procesos de degradación, dando paso a la vegetación secundaria (CONABIO, 2010).

Entre las especies arbustivas más comunes en la vegetación secundaria de estos bosques se encuentran Buddleja americana, Mimosa biuncifera, Dodonaea viscosa, y Baccharis conferta (Rzedowski & Calderón, 2013). Estas plantas son pioneras, es decir, las primeras en colonizar suelos alterados, ayudando a estabilizar el terreno y facilitando la regeneración de especies arbóreas.

Además, la vegetación secundaria arbustiva proporciona refugio y alimento a diversas especies de fauna silvestre, como aves e insectos polinizadores (Challenger & Soberón, 2008). A pesar de su importancia ecológica, estas áreas suelen ser consideradas de menor valor que los bosques maduros, lo que aumenta el riesgo de su transformación para otros usos (CONANP, 2015).

Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino

La vegetación secundaria arbórea es el resultado del proceso de sucesión ecológica que ocurre tras la degradación o perturbación

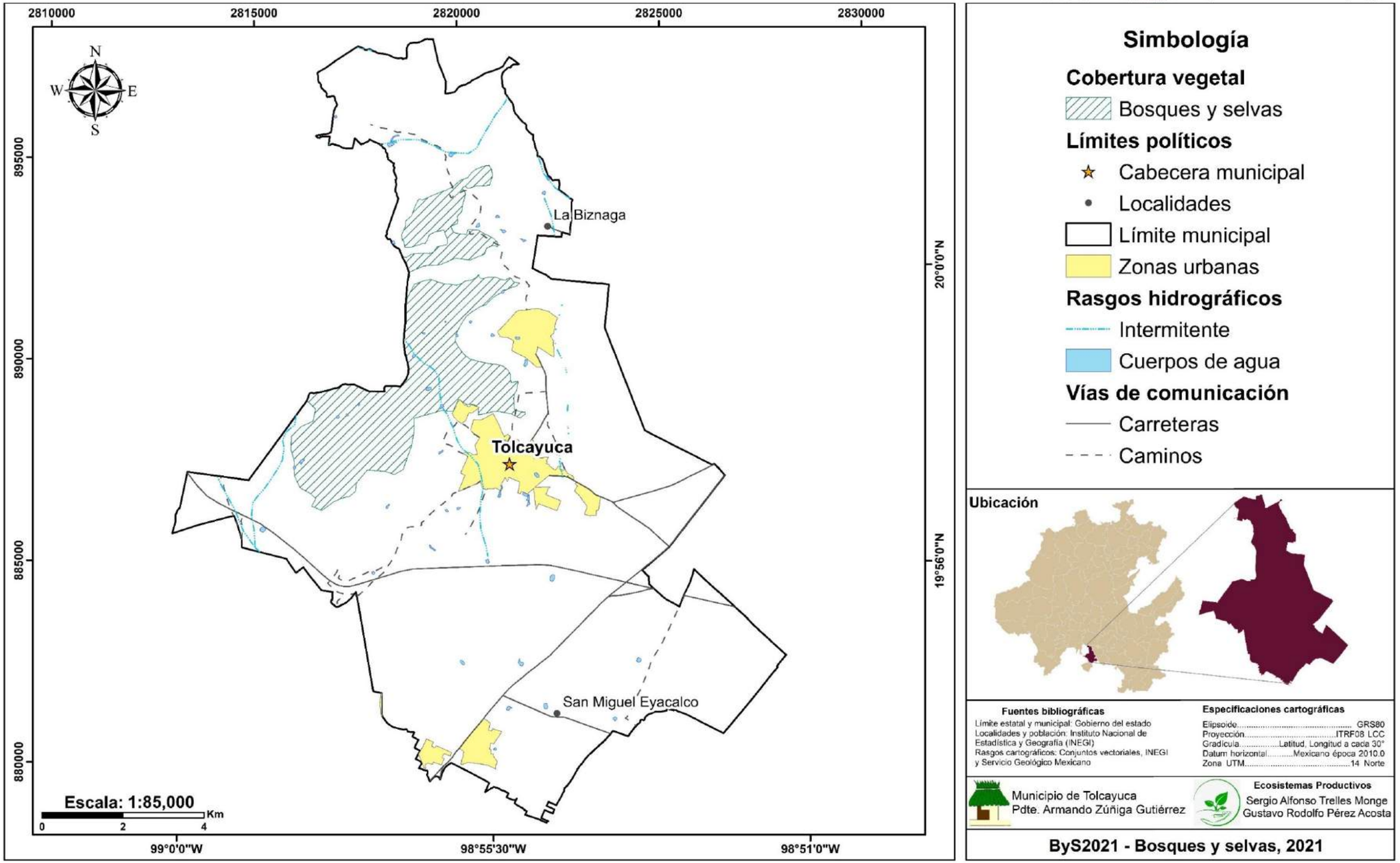
del bosque original. En Tolcayuca, Hidalgo, los bosques de encino (Quercus spp.) presentan áreas con vegetación secundaria arbórea debido a actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la urbanización (Rzedowski, 2006). Este tipo de vegetación es fundamental para la recuperación del ecosistema, ya que facilita la regeneración del bosque y mantiene servicios ambientales esenciales (CONABIO, 2010).

Las especies arbóreas secundarias más comunes en estos bosques incluyen Alnus acuminata, Myrsine juergensenii, Fraxinus uhdei y Prunus serotina, que son pioneras en colonizar áreas alteradas. Estas especies actúan como protectoras del suelo, reduciendo la erosión y favoreciendo la infiltración del agua (Challenger & Soberón, 2008). Con el tiempo, estas comunidades vegetales crean condiciones adecuadas para el retorno de especies propias del bosque maduro, como los encinos (Quercus rugosa y Quercus laurina) (Rzedowski & Calderón, 2013).

Además, la vegetación secundaria arbórea proporciona hábitat para diversas especies de fauna, como aves, mamíferos pequeños e insectos polinizadores, que contribuyen a la dispersión de semillas y la regeneración del bosque (CONANP, 2015). Su importancia ecológica es clave para la conectividad biológica, permitiendo que las especies se desplacen entre fragmentos de bosque.

Sin embargo, la expansión urbana y las prácticas agrícolas no sostenibles continúan amenazando estas áreas de regeneración. La conservación de la vegetación secundaria arbórea en Tolcayuca es crucial para proteger los servicios ambientales que brinda el ecosistema y garantizar la recuperación a largo plazo del bosque de encino (CONABIO, 2010).

Mapa de bosques y selvas, 2021



Bosques y Selvas, 2001-2021

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, presenta una vegetación característica de zonas semiáridas, dominada por matorrales y pastizales. El municipio en el año 2001-2021, hubo un incremento en la cobertura vegetal, con una extensión de 14.319 km^2.

Bosques y selvas 2001, Tolcayuca, Hidalgo.

Vegetación	Área km^2 2001	Área km^2 2021
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	0.000560	13.131
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	NA	2.748
Bosque de encino	1.561	NA
Total	**1.561 km^2**	**15.880 km^2**

Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino

La vegetación secundaria arbustiva es el resultado de la regeneración natural que ocurre después de disturbios como la tala, incendios o el cambio de uso de suelo en áreas de bosque de encino. En Tolcayuca, Hidalgo, esta vegetación desempeña un papel fundamental en la recuperación de la biodiversidad y la conservación del suelo (Rzedowski, 2006).

Los bosques de encino (Quercus spp.) son ecosistemas predominantes en varias zonas del estado de Hidalgo, incluyendo Tolcayuca. Estos bosques albergan una gran diversidad de especies, tanto arbóreas como arbustivas, que forman parte del sotobosque. Sin embargo, debido al crecimiento urbano y a las actividades agropecuarias, muchas áreas han experimentado procesos de degradación, dando paso a la vegetación secundaria (CONABIO, 2010).

Entre las especies arbustivas más comunes en la vegetación secundaria de estos bosques se encuentran Buddleja americana, Mimosa biuncifera, Dodonaea viscosa, y Baccharis conferta (Rzedowski & Calderón, 2013). Estas plantas son pioneras, es decir, las primeras en colonizar suelos alterados, ayudando a estabilizar el terreno y facilitando la regeneración de especies arbóreas.

Además, la vegetación secundaria arbustiva proporciona refugio y alimento a diversas especies de fauna silvestre, como aves e insectos polinizadores (Challenger & Soberón, 2008). A pesar de su importancia ecológica, estas áreas suelen ser consideradas de menor

valor que los bosques maduros, lo que aumenta el riesgo de su transformación para otros usos (CONANP, 2015).

Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino

La vegetación secundaria arbórea es el resultado del proceso de sucesión ecológica que ocurre tras la degradación o perturbación del bosque original. En Tolcayuca, Hidalgo, los bosques de encino (Quercus spp.) presentan áreas con vegetación secundaria arbórea debido a actividades humanas como la agricultura, la ganadería y la urbanización (Rzedowski, 2006). Este tipo de vegetación es fundamental para la recuperación del ecosistema, ya que facilita la regeneración del bosque y mantiene servicios ambientales esenciales (CONABIO, 2010).

Las especies arbóreas secundarias más comunes en estos bosques incluyen Alnus acuminata, Myrsine juergensenii, Fraxinus uhdei y Prunus serotina, que son pioneras en colonizar áreas alteradas. Estas especies actúan como protectoras del suelo, reduciendo la erosión y favoreciendo la infiltración del agua (Challenger & Soberón, 2008). Con el tiempo, estas comunidades vegetales crean condiciones adecuadas para el retorno de especies propias del bosque maduro, como los encinos (Quercus rugosa y Quercus laurina) (Rzedowski & Calderón, 2013).

Además, la vegetación secundaria arbórea proporciona hábitat para diversas especies de fauna, como aves, mamíferos pequeños e insectos polinizadores, que contribuyen a la dispersión de semillas y la regeneración del bosque (CONANP, 2015). Su importancia ecológica es clave para la conectividad biológica, permitiendo que las especies se desplacen entre fragmentos de bosque.

Sin embargo, la expansión urbana y las prácticas agrícolas no sostenibles continúan amenazando estas áreas de regeneración. La conservación de la vegetación secundaria arbórea en Tolcayuca es crucial para proteger los servicios ambientales que brinda el ecosistema y garantizar la recuperación a largo plazo del bosque de encino (CONABIO, 2010).

Bosque de encino

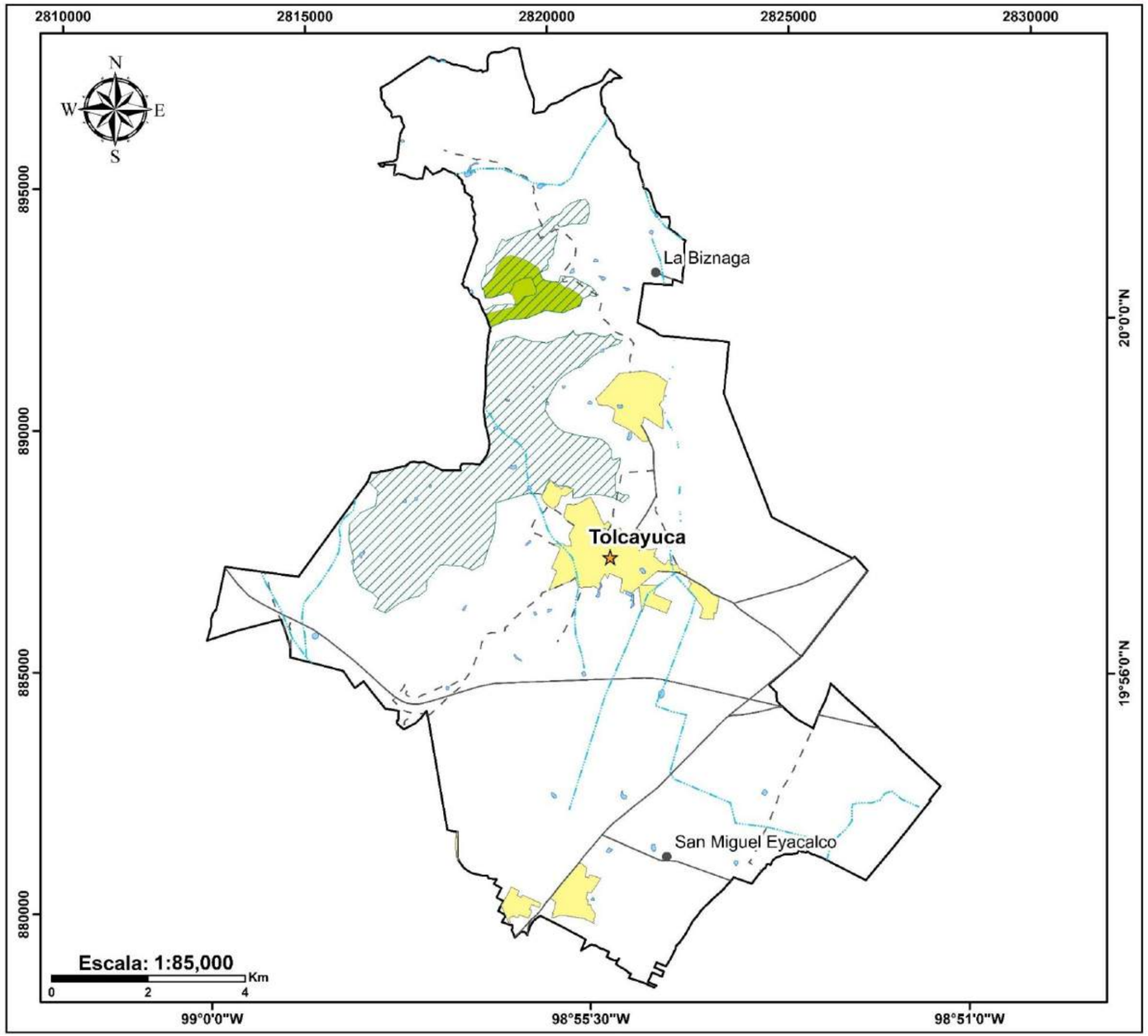
El bosque de encino (Quercus spp.) es uno de los ecosistemas más representativos del estado de Hidalgo y tiene presencia significativa en Tolcayuca. Este tipo de bosque forma parte de las zonas templadas de México y se caracteriza por su alta biodiversidad y su papel crucial en la conservación del suelo y el ciclo hidrológico (Rzedowski, 2006).

En Tolcayuca, el bosque de encino se desarrolla principalmente en zonas con altitudes moderadas y suelos derivados de materiales volcánicos, lo que favorece el crecimiento de especies adaptadas a condiciones climáticas templadas (CONABIO, 2010). Las especies dominantes son encinos como Quercus rugosa, Quercus laurina y Quercus crassifolia, acompañados de una rica vegetación secundaria compuesta por arbustos como Buddleja americana y Dodonaea viscosa (Rzedowski & Calderón, 2013).

Este ecosistema brinda diversos servicios ambientales, como la regulación del ciclo del agua, la captura de carbono y la conservación de la biodiversidad. Además, es refugio de fauna silvestre como ardillas, zorros y diversas especies de aves, lo que contribuye al equilibrio ecológico (Challenger & Soberón, 2008).

A pesar de su importancia, el bosque de encino en Tolcayuca enfrenta amenazas como la expansión urbana, la agricultura y la tala inmoderada. Estos factores han provocado la degradación del ecosistema y la fragmentación del hábitat, lo que afecta tanto a la flora como a la fauna local (CONANP, 2015).

Mapa de bosques y selvas, 2001-2021



Simbología

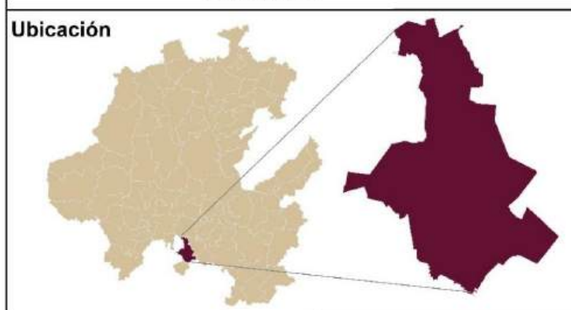
Cobertura vegetal
- Bosques y selvas, 2001
- Bosques y selvas, 2021

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Red hidrográfica
- Cuerpos de agua
- Intermitente

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ByS - Bosques y selvas, 2001-2021

Geología

La Geología es una disciplina científica que se encarga del estudio de la Tierra, enfocándose en su composición, estructura interna y externa, así como en los procesos dinámicos y evolución temporal.

A su vez realiza un análisis exhaustivo de los materiales que constituyen el planeta, como; rocas y minerales, los fenómenos geológicos que los modifican, siendo la tectónica de placas, el vulcanismo, la sedimentación y la metamorfosis.

La Geología también investiga la historia geológica de la Tierra mediante el registro fósil y la datación de eventos, permitiendo comprender los procesos que han configurado la superficie terrestre a lo largo de millones de años. Esta ciencia es crucial para la explotación de recursos naturales, la mitigación de riesgos geológicos y la gestión ambiental.

El municipio de Tolcayuca presenta una geología diversa y compleja que ha sido modelada por procesos volcánicos, sedimentarios y tectónicos a lo lago de millones de años. Está dominada por formaciones volcánicas que datan del Cenozoico, principalmente del periodo Pleistoceno, lo que confiere al área una gran actividad geológica pasada, reflejada en la presencia de suelos derivados de lavas basálticas y cenizas volcánicas. La región también se encuentra bajo la influencia de fallas geológicas, lo que implica una actividad tectónica que puede ocasionar movimientos en la corteza terrestre.

Litología

La litología se refiere a la descripción y clasificación de las rocas que componen la corteza terrestre en función de su origen, composición, estructura y características físicas. Cada sitio puede tener una litología diferente debido a una serie de factores geológicos y ambientales que influyen en la formación de las rocas.

Unidades litológicas

El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, está dominado litológicamente por rocas volcánicas y sedimentos aluviales recientes, producto de la intensa actividad geológica que caracteriza a esta región del Eje Neovolcánico Transversal. Los principales materiales incluyen tobas, basaltos y depósitos de origen fluvial y lacustre. Estas unidades reflejan una combinación de procesos tectónicos y volcánicos, que moldearon el paisaje actual (INEGI, 2016).

Las tobas, ampliamente distribuidas en el municipio, se originaron por erupciones explosivas de volcanes cercanos durante el Cenozoico, siendo las más antiguas aquellas pertenecientes a la formación Don Guinyo, que tiene presencia e influencia en el municipio de Tolcayuca y en sus alrededores. Estas rocas piroclásticas suelen ser poco consolidadas y presentan alta porosidad, lo que influye en su susceptibilidad a la erosión y a procesos de infiltración. Por su parte, los basaltos, formados por el enfriamiento de coladas de lava, son más

resistentes y constituyen elementos clave en la morfología del relieve. Los depósitos aluviales recientes, compuestos por arenas, limos y gravas, se concentran en las planicies y valles, y son resultado de procesos de transporte y sedimentación en condiciones semiáridas (Ferrari et al., 2012).

Estas condiciones litológicas tienen implicaciones directas en los riesgos geológicos del municipio. Las tobas y los depósitos aluviales, debido a su menor cohesión, son propensos a sufrir deslizamientos en pendientes pronunciadas o colapsos en suelos saturados por lluvias intensas. En contraste, los basaltos pueden fracturarse por tensiones tectónicas, generando zonas de debilidad que podrían facilitar movimientos de ladera o filtraciones de agua subterránea. La interacción entre los materiales geológicos y las precipitaciones, típicas de la temporada de lluvias, incrementa la susceptibilidad a flujos de escombros y erosión acelerada, especialmente en áreas sin cobertura vegetal (CENAPRED, 2020).

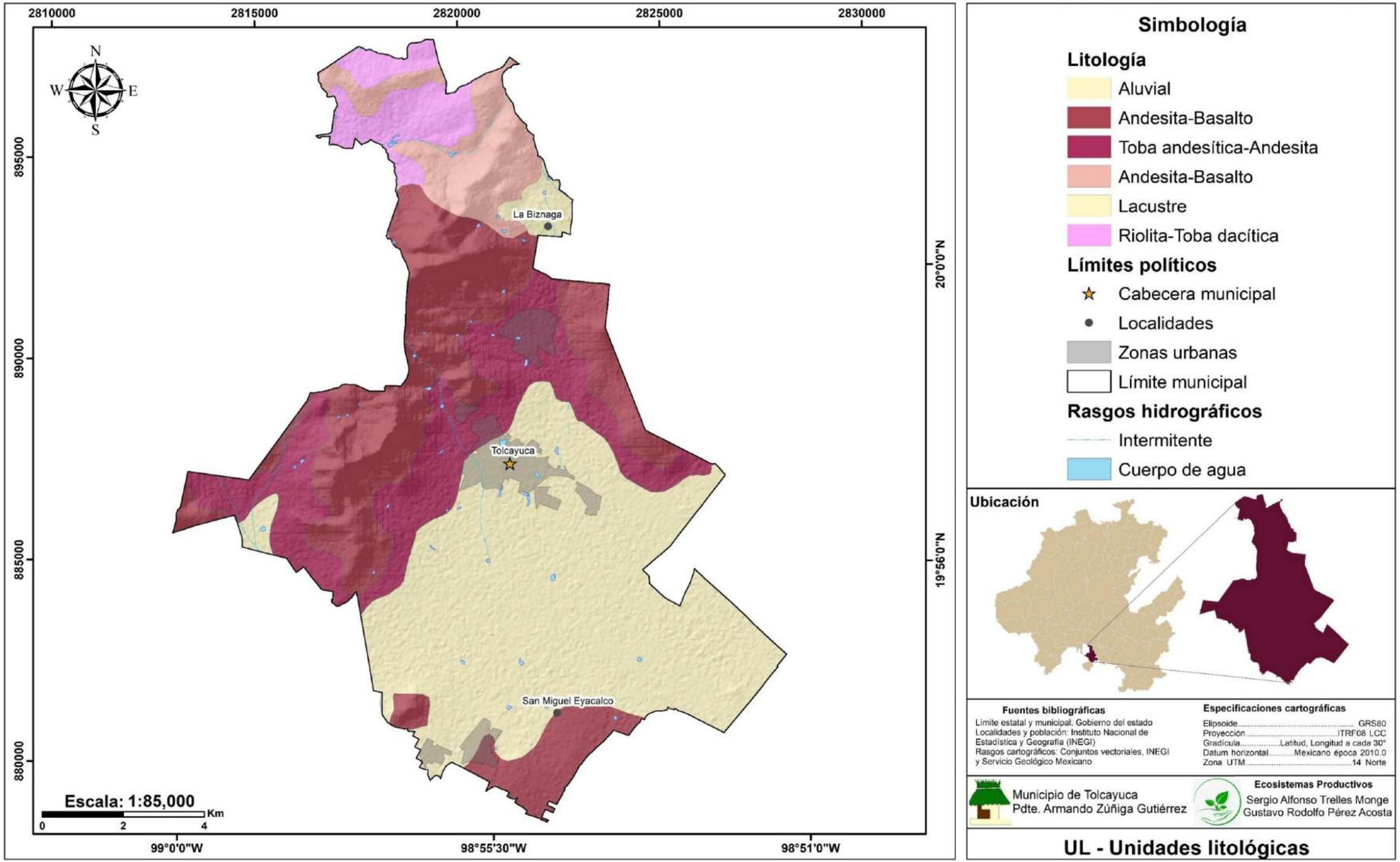
En conclusión, la litología de Tolcayuca, dominada por materiales de origen volcánico y sedimentario reciente, configura un entorno geológicamente activo que demanda una planificación territorial informada. La comprensión de estos procesos es fundamental para mitigar riesgos y fomentar la sostenibilidad del desarrollo urbano y rural en el municipio.

Unidades litológicas

Tipo de aparato	Total (km2)
Aluvial	55.81
Andesita – Basalto	40.62
Lacustre	1.85
Toba andesítica - Andesita	21.53
Riolita - Toba dacítica	6.41

La distribución espacial de la litología se plasma en el mapa UL – Unidades litológicas.

Mapa de unidades litológicas



Litología con estructuras geológicas

Tolcayuca, Hidalgo, se encuentra en una región de alta complejidad geológica caracterizada por estructuras tectónicas relacionadas con la evolución de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y el Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). Las principales estructuras identificadas en la región incluyen fallas normales y fracturas, que son el resultado de procesos tectónicos extensionales asociados al levantamiento y subsidencia del bloque continental durante el Neógeno y Cuaternario (Ferrari et al., 2012).

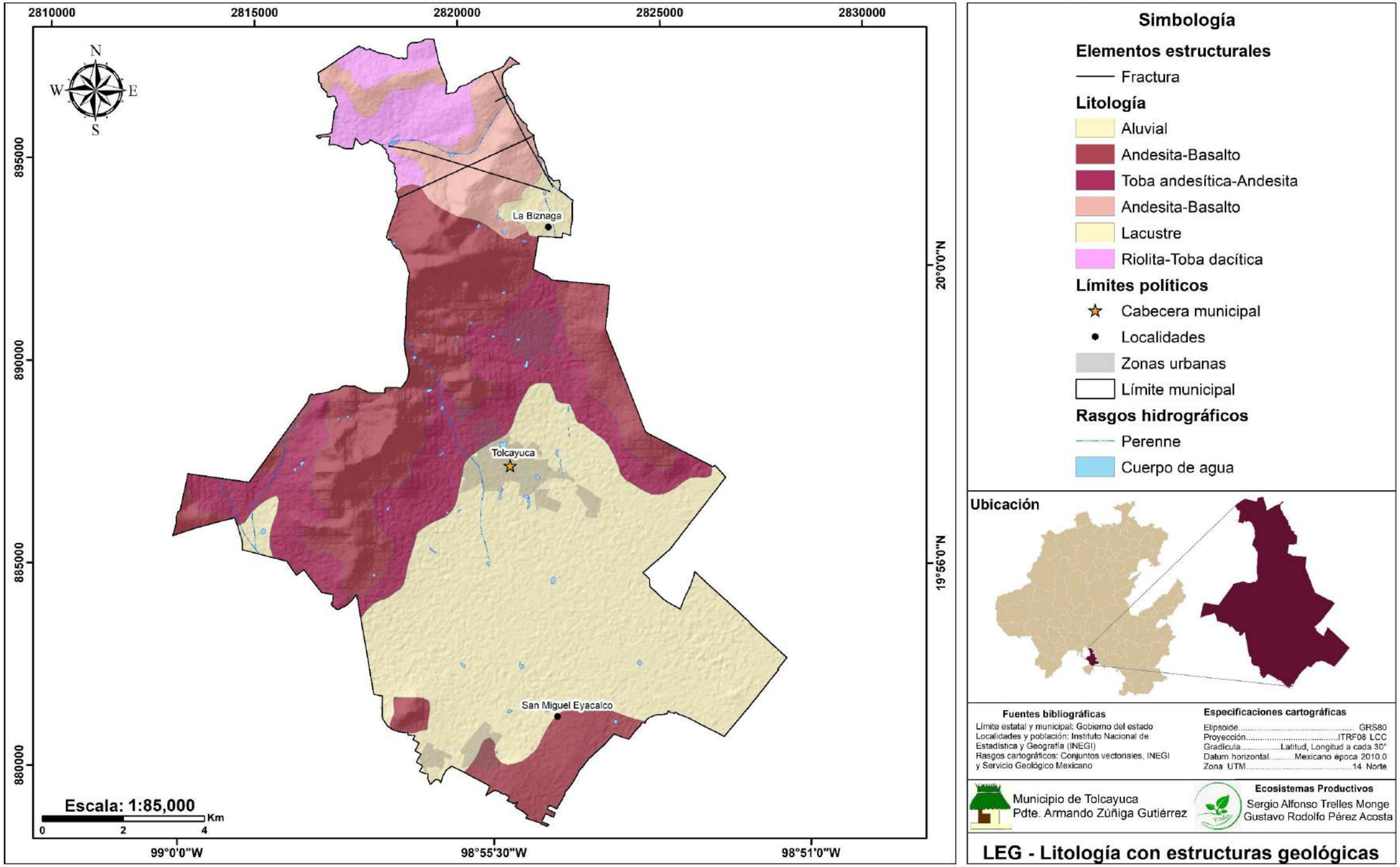
Las fallas y fracturas en el área son consecuencia de tensiones regionales inducidas por la interacción entre las placas tectónicas de Norteamérica, Cocos y del Caribe. El régimen extensional predominante ha generado estructuras que actúan como controles geológicos en la formación de cuencas, depósitos sedimentarios y vulcanismo. Las fallas principales tienen orientaciones preferenciales noreste-suroeste y este-oeste, coincidiendo con las direcciones de máxima extensión tectónica documentadas en la región (Suter, 1991).

En términos litológicos, Tolcayuca presenta una diversidad de materiales que incluye rocas ígneas volcánicas, sedimentos aluviales y depósitos lacustres. Estas unidades muestran variaciones en su comportamiento mecánico ante esfuerzos tectónicos. Las rocas volcánicas, por ejemplo, tienden a fracturarse de manera más densa debido a su rigidez y baja ductilidad, mientras que los depósitos sedimentarios pueden deformarse de forma más plástica, generando estructuras secundarias como pliegues y zonas de cizalla (Alaniz-Álvarez et al., 2001).

Las fallas en el área no solo han influido en la evolución geomorfológica, sino que también tienen implicaciones en la hidrogeología y en la susceptibilidad a riesgos geológicos. Por ejemplo, las fracturas pueden actuar como conductos preferenciales para el flujo subterráneo, modificando los patrones de recarga y descarga de acuíferos locales. Adicionalmente, la actividad tectónica histórica sugiere que estas estructuras tienen potencial para generar sismos locales, incrementando la exposición de la población a riesgos sísmicos (INEGI, 2010).

Comprender la relación entre la tectónica activa, las fallas y la litología de Tolcayuca es esencial para evaluar riesgos geológicos y planificar medidas preventivas en la región. La integración de estudios estructurales y geomorfológicos, junto con monitoreo sísmico, es clave para entender la dinámica tectónica, así como la vulnerabilidad de las infraestructuras locales.

Mapa de litología con estructuras geológicas



Vulcanismo

Es el proceso geológico en el que el magma, gases y cenizas emergen desde el interior de la Tierra hacia la superficie formando volcanes. Este fenómeno ocurre principalmente en zonas de subducción, dorsales oceánicas y puntos calientes, y contribuye a la formación de nuevas rocas y al cambio del clima.

Aparatos volcánicos

En este sistema se incluyen estructuras externas como el cono volcánico, los cráteres o coladas de lava, y por otra parte estructuras internas más complejas entre las que se encuentran cámaras magmáticas y conductos por donde asciende el magma. Los principales tipos de aparatos volcánicos son: volcanes en escudo, estratovolcanes, conos de ceniza, conos cineríticos, calderas, domos de lava y maars.

Formación y dinámica

El proceso de formación de un aparato volcánico comienza con la generación de magma en las profundidades de la Tierra, generalmente en zonas de subducción, donde una placa tectónica se hunde bajo otra. El magma asciende hacia la superficie debido a su menor densidad, y al llegar a ella, se enfría y solidifica, formando estructuras como conos, calderas o flujos de lava (Fletcher & Haug, 2004).

Importancia de su estudio

El estudio de los aparatos volcánicos es fundamental para entender los procesos geológicos y los riesgos asociados a la actividad volcánica, como los flujos de lava, flujos piroclásticos, emisiones de gases tóxicos y tsunamis, que pueden amenazar a las poblaciones cercanas. Además, las grandes erupciones volcánicas pueden afectar el clima y el medio ambiente global al liberar gases como el dióxido de azufre en la atmósfera.

La Faja Volcánica Transmexicana (FVTM)

Provincia geológica con forma de un arco volcánico desarrollado sobre el margen sudoccidental de la placa de Norteamérica, formada por la subducción de las placas Rivera y Cocos en la trinchera de Acapulco (Ferrari 2000). Atraviesa México de oeste a este, desde el océano Pacífico hasta el Golfo de México. El proceso de subducción genera magma que asciende hacia la superficie, lo que hace que esta región sea responsable de gran parte de la actividad sísmica y volcánica del país. Dentro de esta zona se encuentran volcanes activos e inactivos, como el volcán Popocatépetl, el volcán Iztaccíhuatl y el volcán de Colima, los cuales han tenido erupciones importantes a lo largo de la historia.

Estructuras geológicas y vulcanismo

Las fallas geológicas y el vulcanismo están estrechamente relacionados, ya que las tensiones tectónicas que generan las fallas pueden facilitar el ascenso del magma hacia la superficie, provocando erupciones volcánicas. Las fallas actúan como fracturas o conductos por donde el magma asciende, y el vulcanismo puede influir en la actividad tectónica de las áreas cercanas.

Aparatos volcánicos cercanos

El municipio de Tolcayuca se encuentra en la región sur del estado de Hidalgo, donde el territorio municipal se encuentra dentro de la provincia de la Faja Volcánica Transmexicana. En un radio de 100 km del límite municipal se localizan un total de 423 aparatos volcánicos entre:

Calderas

Gran depresión en la superficie terrestre que se forma cuando un volcán entra en erupción y el magma de su cámara magmática se vacía parcialmente o por completo, lo que provoca el colapso de la estructura volcánica. Las calderas suelen ser grandes, con diámetros que pueden superar los 10 km, y a menudo se asocian con lagos volcánicos (Keller & McNutt, 2006).

Conos de ceniza

Formación volcánica pequeña y empinada, compuesta principalmente por fragmentos de rocas volcánicas, ceniza y lapilli (piedras pequeñas) expulsados durante erupciones explosivas. Estas erupciones lanzan material piroclástico que se acumula alrededor del cráter, formando un cono. Los conos de ceniza tienen una forma pronunciada y suelen ser de corta duración, ya que las erupciones tienden a ser moderadas (Wilcock & White, 2004).

Institution. 2020).

Domos de lava

Formaciones volcánicas pequeñas y empinadas, creadas por la acumulación de lava viscosa (andesítica, dacítica o riolítica) que no fluye fácilmente, sino que se amontona cerca del cráter. Estos domos suelen resultar de erupciones efusivas pero lentas, y pueden ser peligrosos debido a su tendencia a colapsar o generar flujos piroclásticos (Smith, & Bailey, 1968).

Estratovolcanes

Volcanes grandes y de pendientes empinadas, formado por capas alternadas de lava viscosa y material piroclástico, como cenizas, rocas fragmentadas y lapilli. Las erupciones de un estratovolcán pueden ser tanto explosivas como efusivas**,** lo que da lugar a una acumulación de capas sucesivas de lava y material volcánico. Estos volcanes se encuentran comúnmente en zonas de subducción, donde una placa tectónica se hunde bajo otra (Fisher & Schmincke, 1984).

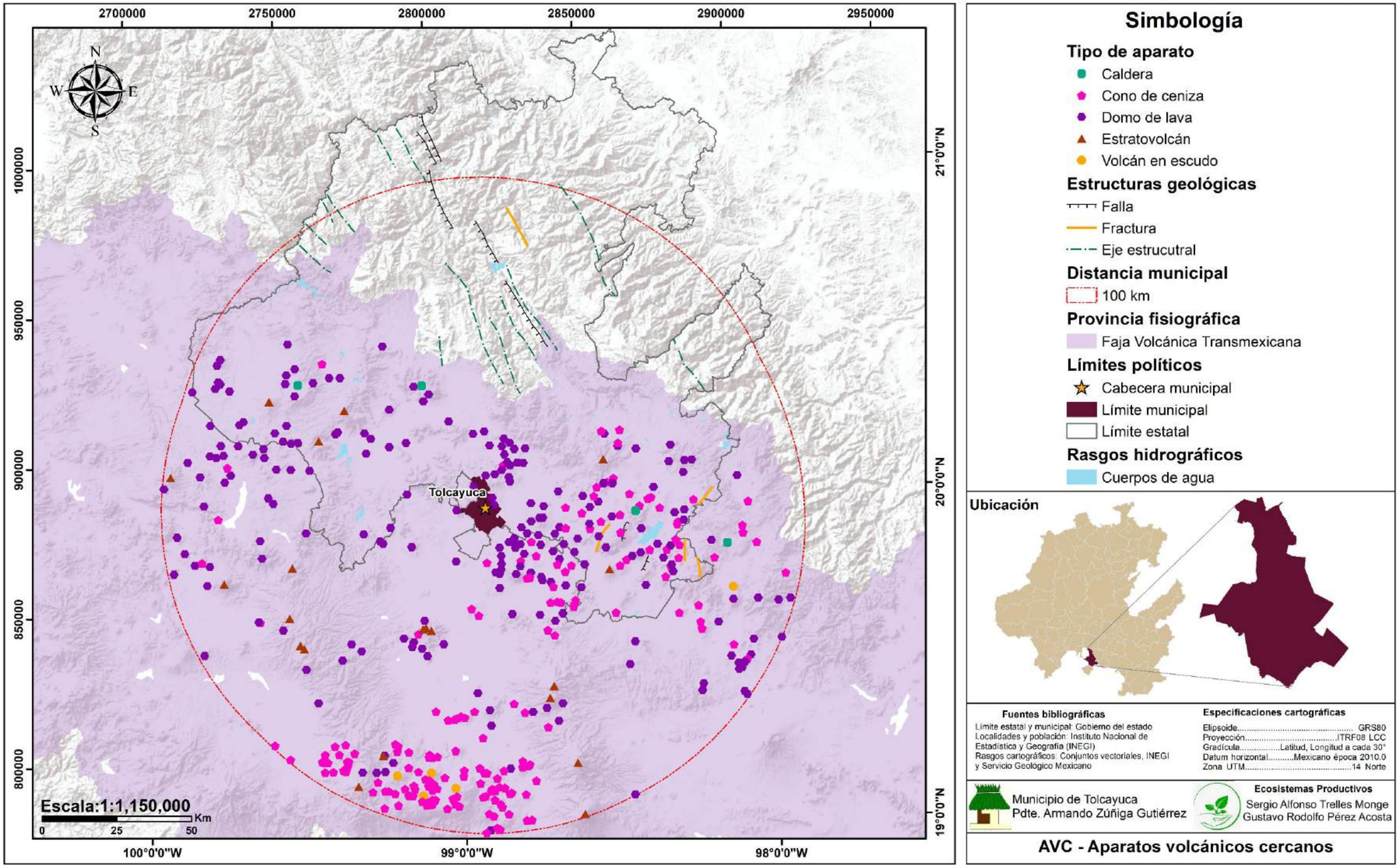
Volcanes en escudo

Volcanes grandes, de pendientes suaves y forma amplia. Principalmente se forman por erupciones efusivas de lava muy fluida, generalmente basáltica, que se extiende a gran distancia. Debido a la baja viscosidad de la lava, los flujos pueden cubrir amplias áreas sin formar estructuras empinadas (Smithsonian Institution, 2020).

Aparatos volcánicos en Tolcayuca

Tipo de aparato	Total
Caldera	4
Cono de ceniza	177
Domo de lava	217
Estratovolcán	20
Volcán en escudo	5

Mapa de aparatos volcánicos cercanos



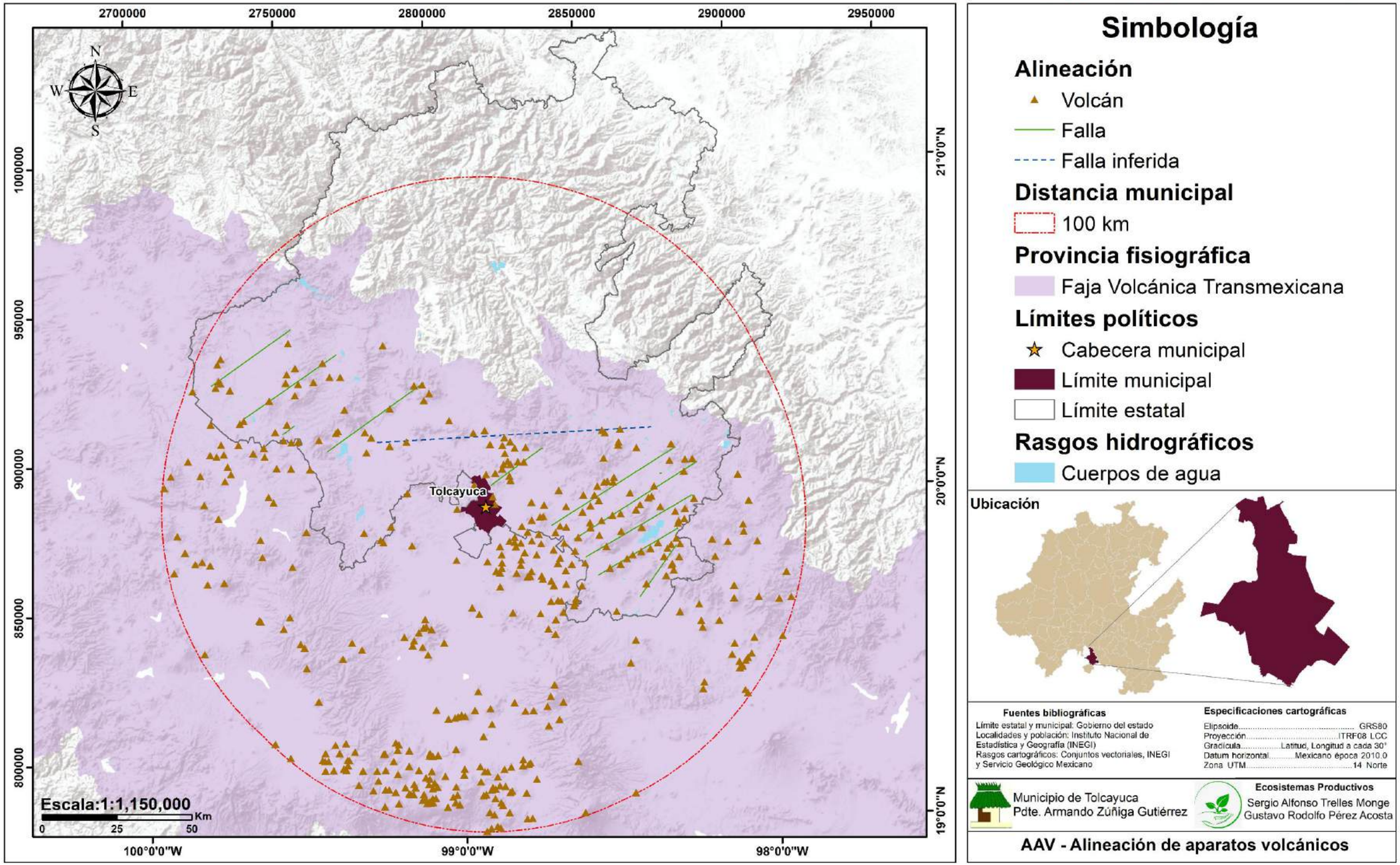
Alineación de aparatos volcánicos

La alineación de aparatos volcánicos es un fenómeno en el que los volcanes se distribuyen en patrones lineales o rectilíneos en lugar de estar dispersos aleatoriamente. Este patrón no es accidental y se debe a factores geológicos, principalmente relacionados con la tectónica de placas y estructuras como fallas, fracturas o zonas de subducción. Las alineaciones volcánicas reflejan procesos tectónicos y magmáticos que afectan la corteza terrestre y pueden ofrecer información clave sobre la formación de los volcanes (Moreno & Gutiérrez, 2017).

La subducción de la placa de Cocos bajo la placa norteamericana es uno de los principales factores responsables de la alineación volcánica en México, generando una intensa actividad volcánica a lo largo de la FVTM, donde volcanes como el Popocatépetl, el Iztaccíhuatl y el de Colima se alinean debido a la dinámica magmática producida por este proceso. Además, las fallas tectónicas y las fracturas en la corteza terrestre, particularmente en la FVTM, actúan como canales para el ascenso del magma, contribuyendo a la formación de volcanes alineados, como los del Valle de México (Serrano & Martínez, 2017).

De acuerdo con lo anterior, se puede observar que al interior de la FVTM existen cadenas de estratovolcanes y volcanes compuestos, que tienen una alineación general N-S y NE-SO. Aparentemente, ha ocurrido una migración de la actividad volcánica durante los últimos 2 millones de años hacia la porción frontal del arco volcánico, ubicándose en el extremo sur de las mismas (Macias, 2005). Así mismo, la disposición oblicua de ~15° con respecto a la trinchera Mesoamericana de la FVTM, ha llevado a proponer que su origen se debe a una zona de fractura o megacizalla (Cebull & Shurbet, 1987), por lo que se proponen la presencia de fallamientos.

Mapa de alineación de aparatos volcánicos



Hidrografía

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, se caracteriza por una hidrografía influenciada principalmente por la cuenca el río Moctezuma y varios cuerpos de agua menores. Esta cuenca es esencial para el abastecimiento de agua en la región, especialmente para la agricultura, que es una de las actividades productivas más importantes en la zona. Los flujos de los ríos varían a lo largo del año dependiendo de las precipitaciones, que son más abundantes durante la temporada de lluvias, de mayo a septiembre. Durante esta temporada, el caudal aumenta considerablemente, lo que favorece la recarga de acuíferos y el abastecimiento de agua para el riego de cultivos.

Sin embargo, en los meses secos, de octubre a mayo, la cantidad de agua disponible disminuye, lo que dificulta el abastecimiento tanto para el consumo humano como para las actividades agrícolas. Durante este tiempo, el caudal del río se reduce, y la gestión de los recursos hídricos se vuelve un desafío, ya que el municipio depende de las reservas de agua almacenadas en presas y balsas. Estas infraestructuras son clave para asegurar el suministro constante de agua durante la temporada de sequía.

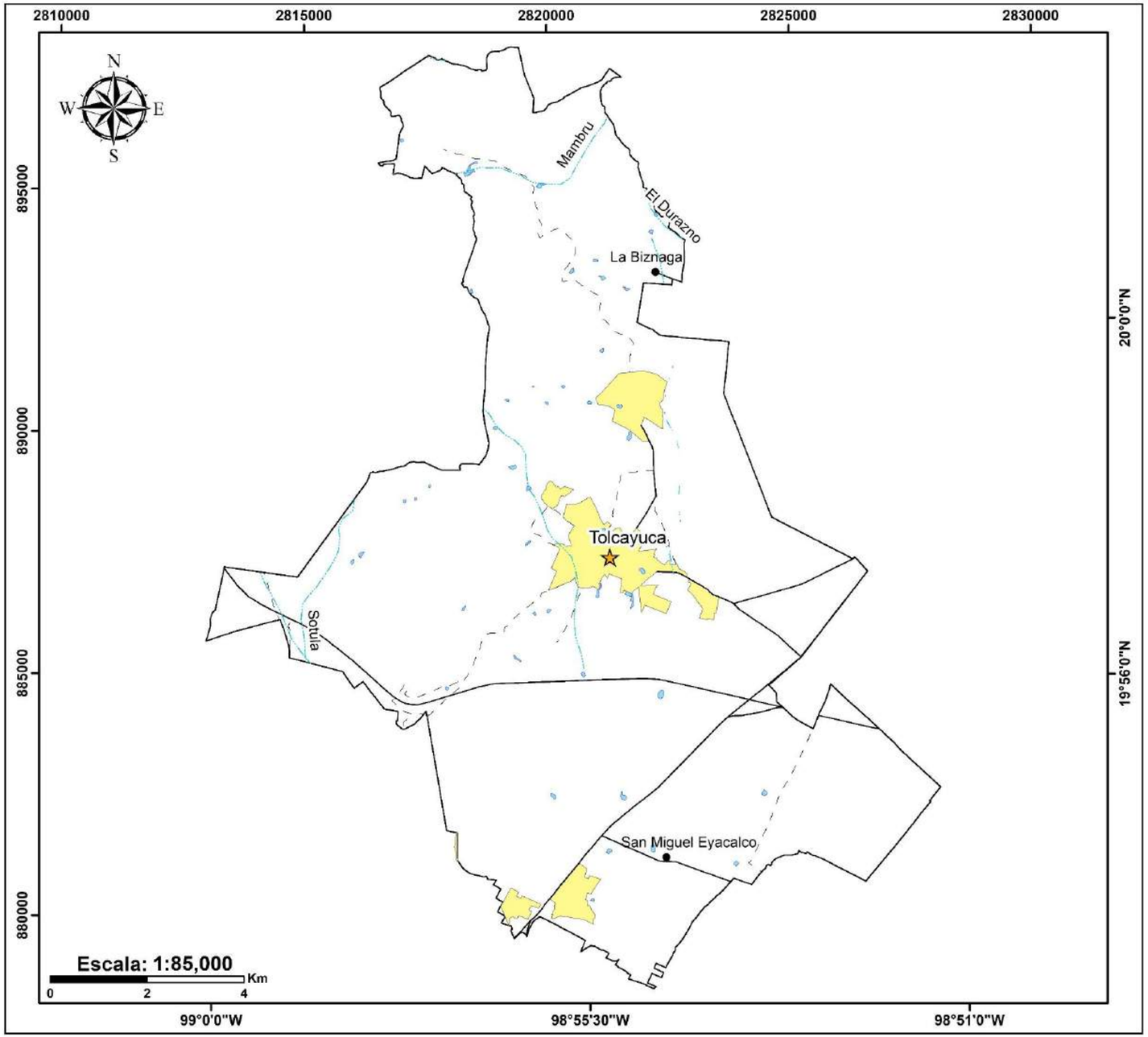
En la cuenca del río Moctezuma, también existen otros cuerpos de agua más pequeños, como arroyos y manantiales, que contribuyen al abastecimiento hídrico del municipio. Sin embargo, estos afluentes menores tienen un caudal irregular y no siempre están disponibles durante todo el año, lo que refuerza la necesidad de un manejo eficiente y sostenible del agua en la región.

La calidad del agua en el municipio de Tolcayuca es otro aspecto importante en su gestión hídrica. La contaminación derivada de actividades urbanas, agrícolas e industriales afecta tanto al río como a los afluentes menores. El tratamiento adecuado de aguas residuales y la implementación de prácticas agrícolas más sostenibles son esenciales para garantizar que el agua disponible no solo sea suficiente, sino también apta para el consumo y el riego.

Corrientes en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Tipo	Corrientes
Intermitente (Arroyo)	El Huizache
	Mambru
	El Durazno
	Gachupina
	Soluta

Mapa de hidrografía



Simbología

Rasgos hidrográficos

- Arroyo
- Cuerpos de agua

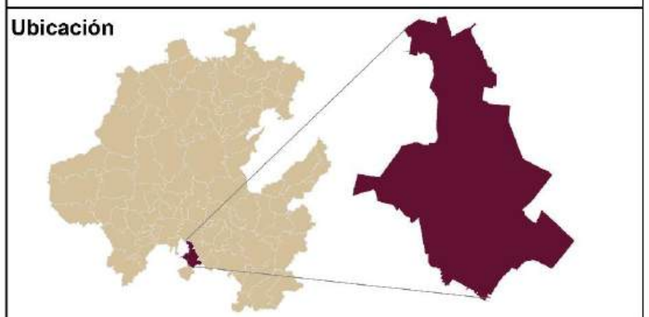
Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

H - Hidrografía

Cuencas

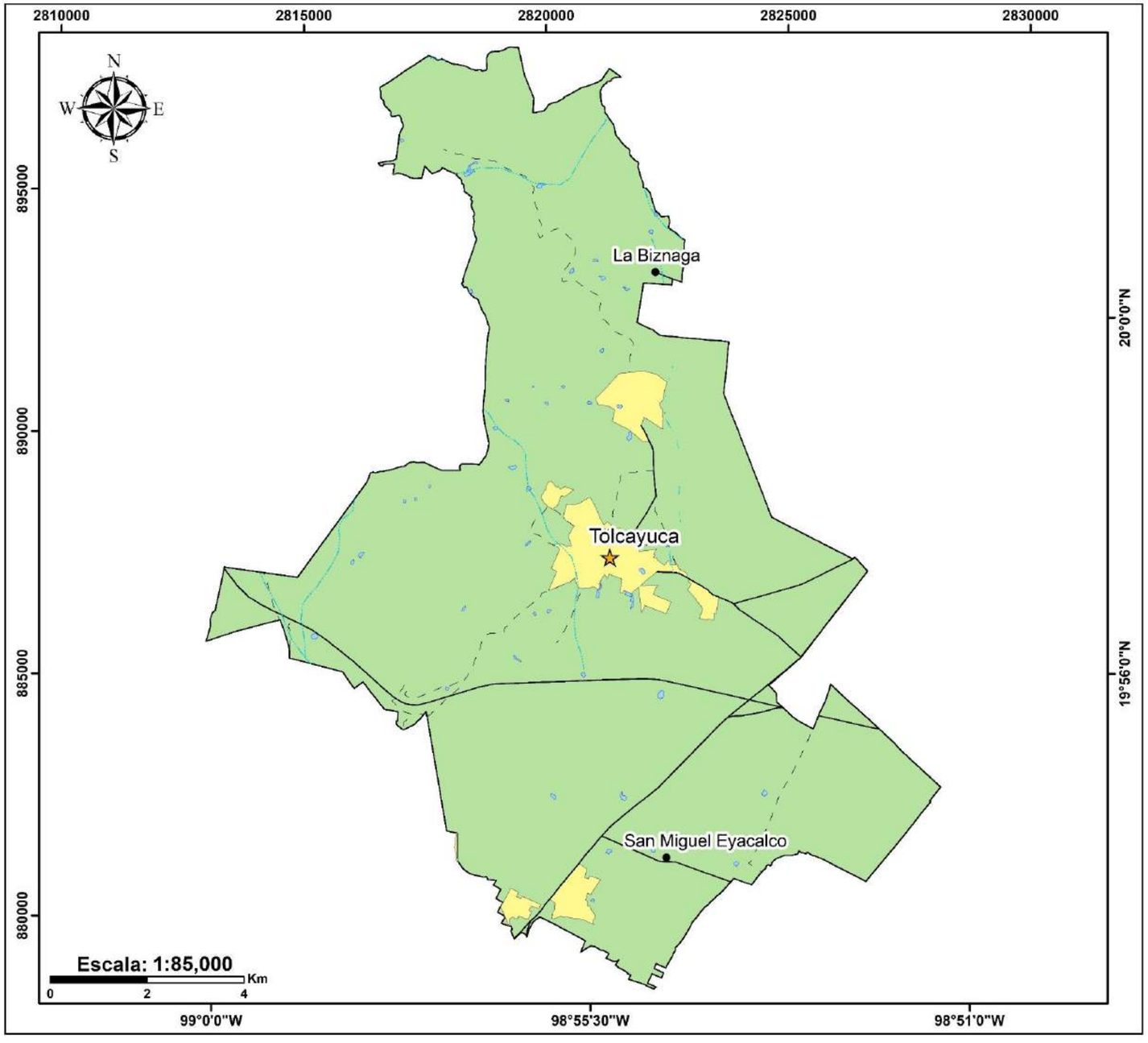
Una cuenca hidrográfica es un área geográfica delimitada por la topografía de la tierra, donde todas las aguas de lluvia y el escurrimiento fluyen hacia un único punto de salida, como un río, lago o mar. Funciona como un sistema natural de drenaje, que recoge y transporta el agua de precipitación hacia el océano.

En este contexto, la cuenca del río Moctezuma se destaca como una de las principales cuencas hidrográficas del estado de Hidalgo, siendo de gran relevancia para la región, sobre todo en términos de abastecimiento de agua tanto para consumo humano como para la agricultura. Esta cuenca abarca varios municipios y comunidades, incluyendo Tolcayuca, que se encuentra en su parte baja. El río Moctezuma es un afluente crucial en el sistema hidrológico del Valle de México y fluye a través de diversas zonas, impactando tanto la dinámica ambiental como las actividades socioeconómicas de los territorios que atraviesa.

El río Moctezuma y sus afluentes forman los principales cuerpos de agua de la cuenca hidrográfica. En Tolcayuca, el río recibe agua de varias corrientes que descienden de las sierras cercanas, creando una red de ríos y arroyos que abastecen a las poblaciones y áreas agrícolas de la región. Durante la temporada de lluvias, el caudal del río y sus afluentes puede aumentar considerablemente, lo que podría generar inundaciones si no se toman las medidas preventivas en las zonas más vulnerables.

La gestión de la cuenca Moctezuma es esencial no solo para la población de Tolcayuca, sino también para las comunidades cercanas que dependen de este recurso para riego agrícola, ganadería y abastecimiento urbano. Sin embargo, la cuenca enfrenta desafíos como la contaminación del agua, la sobreexplotación de los recursos hídricos y la deforestación. Para hacer frente a estos problemas, se han implementado diversos estudios y proyectos de manejo sostenible en la región. Según un estudio de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el monitoreo constante de los cuerpos de agua de la cuenca es crucial para asegurar su uso adecuado y proteger los ecosistemas acuáticos dependientes de estos flujos (CONAGUA, 2021).

Mapa de cuencas



Simbología

Cuenca

- Río Moctezuma

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

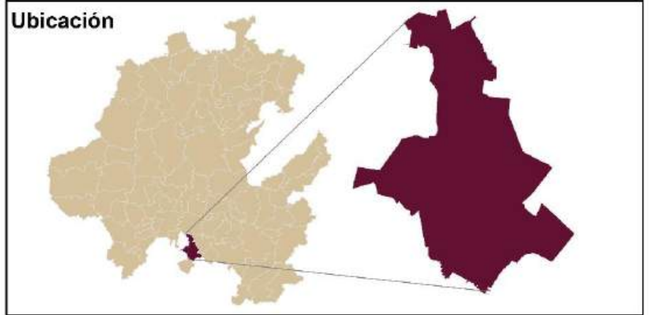
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Cue - Cuencas

Subcuencas

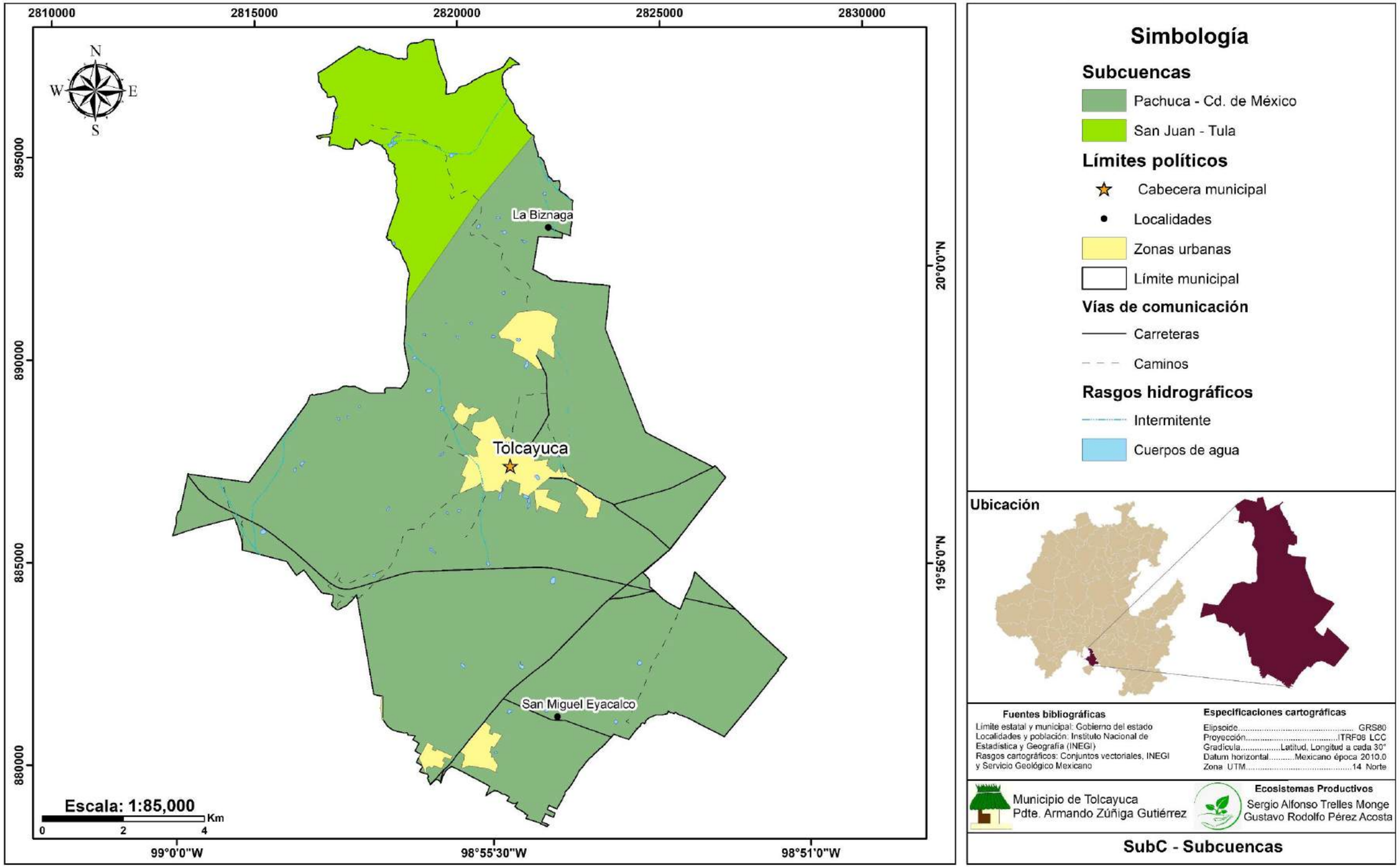
Las subcuencas hidrográficas se definen como la superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia un determinado punto de un curso de agua (generalmente un lago o una confluencia de ríos) (Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico, s.f.).

El municipio de Tolcayuca, en el estado de Hidalgo, se encuentra Pachuca - Cd. de México la cual es la subcuenca de mayor extensión es una región hidrológica que incluye varios municipios del estado de Hidalgo, entre ellos Tolcayuca, el cual se encuentra dentro del sistema hídrico de esta subcuenca. La subcuenca forma parte de la cuenca del río Moctezuma, la cual, a su vez, es uno de los principales sistemas fluviales que abastece a una amplia zona, que incluye a la Ciudad de México y otros municipios de la región.

El municipio de Tolcayuca, debido a su ubicación geográfica, es uno de los puntos clave dentro de esta subcuenca, ya que actúa como una zona intermedia entre las fuentes de agua de las montañas y los valles de la región central. El río Moctezuma, principal cuerpo de agua de la cuenca, es el afluente más importante para la región y atraviesa diversas áreas del municipio, aportando agua para diversas actividades como el consumo humano, la agricultura y el abastecimiento industrial. A lo largo del municipio, también existen varios arroyos y afluentes menores que desembocan en este río, contribuyendo al flujo de agua durante la temporada de lluvias.

La otra subcuenca que corresponde al municipio con menor extensión es la subcuenca de San Juan-Tula, también tiene relevancia en el municipio de Tolcayuca. Aunque su extensión es limitada en comparación con la otra subcuenca, sigue siendo fundamental para el suministro de agua a las comunidades cercanas. Esta subcuenca, que forma parte del sistema hidrográfico del río Tula, abastece de agua a actividades agrícolas y ganaderas, y su gestión adecuada es crucial para evitar la sobreexplotación de sus recursos y garantizar que continúe siendo un apoyo en el abastecimiento de agua para la región (Cruz et al., 2017).

Mapa de subcuencas



Climatología

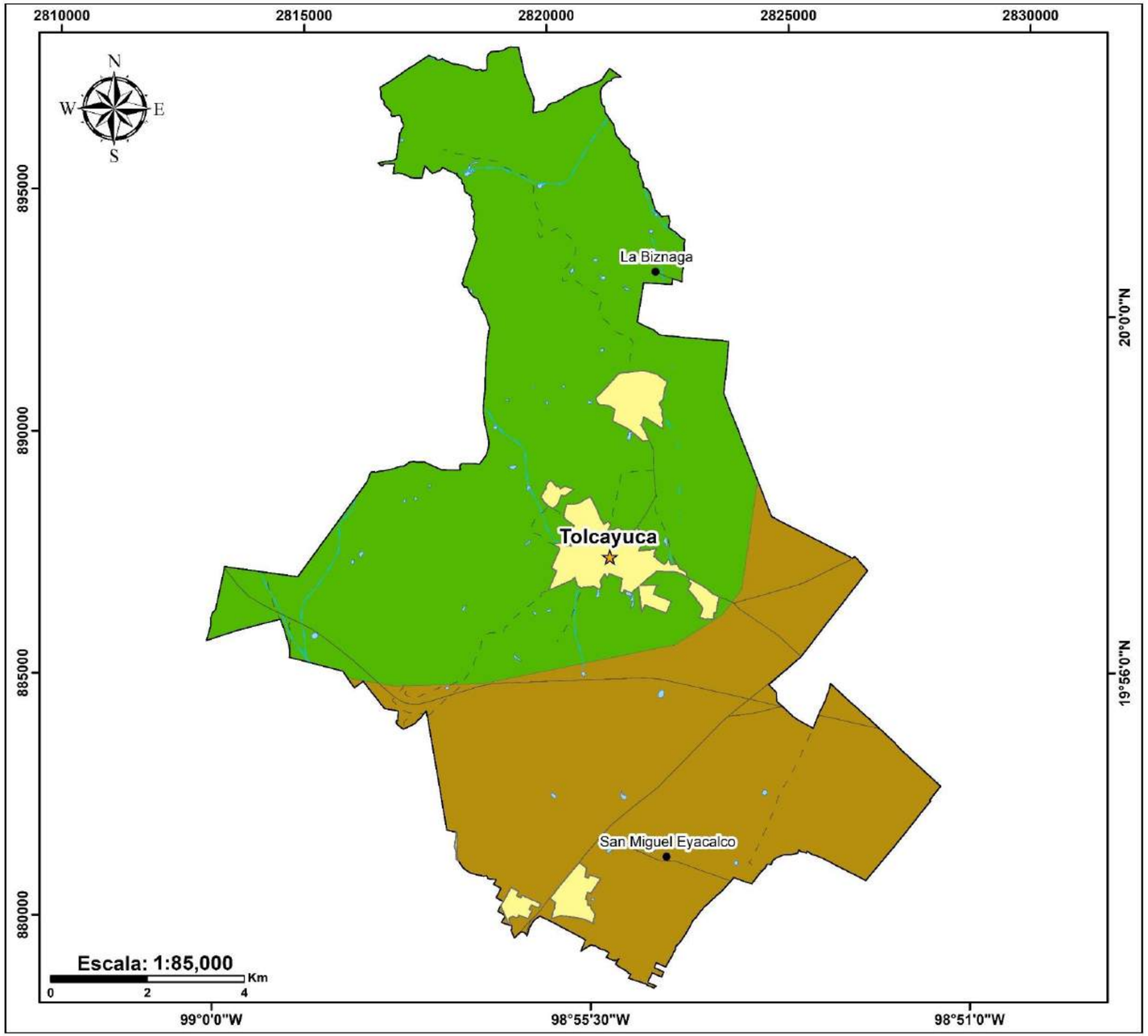
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta una climatología que combina dos tipos de clima predominantes: semiseco templado y templado subhúmedo, lo que genera un ambiente con estaciones bien definidas, influyendo de manera significativa en las actividades agrícolas y el manejo del agua. Las temperaturas en el municipio fluctúan entre los 12°C y los 22°C durante el año. Los meses más cálidos, generalmente de abril a mayo, pueden superar los 28°C, mientras que durante el invierno, de diciembre a febrero, las temperaturas descienden a valores cercanos a los 5°C, especialmente en las zonas de mayor altitud.

El clima semiseco templado se caracteriza por una precipitación anual moderada que oscila entre los 500 y 600 mm, siendo más frecuente durante la temporada de lluvias, de junio a septiembre, cuando los monzones del sureste afectan la región. Durante los meses secos, que van de noviembre a abril, las precipitaciones son mucho más escasas, lo que genera una aridez prolongada que afecta tanto la agricultura como la vegetación natural. Por otro lado, el clima templado subhúmedo presenta mayores lluvias, con un promedio anual de entre 600 y 800 mm, distribuidas también en los meses de verano. Esta diferencia en la pluviometría contribuye a una vegetación más densa en las áreas con clima subhúmedo, mientras que las zonas semisecas tienen una vegetación más resistente a la sequía, adaptada a la falta de humedad.

Los vientos predominantes en la región son suaves y provienen principalmente del noreste, con velocidades que oscilan entre los 15 y 25 km/h. Estos vientos, en combinación con las bajas precipitaciones durante la estación seca, favorecen la evaporación del agua, lo que puede intensificar los efectos de la sequía y dificultar el suministro de agua para las actividades humanas y agrícolas.

El clima de Tolcayuca es un factor determinante para las políticas de manejo de recursos naturales y la gestión del agua en el municipio. La variabilidad climática requiere de estrategias de adaptación que contemplen tanto la conservación del suelo como la optimización en el uso del agua, además de fomentar prácticas agrícolas sustentables que ayuden a mitigar los impactos de los periodos secos prolongados.

Mapa de climatología



Simbología
Climatología

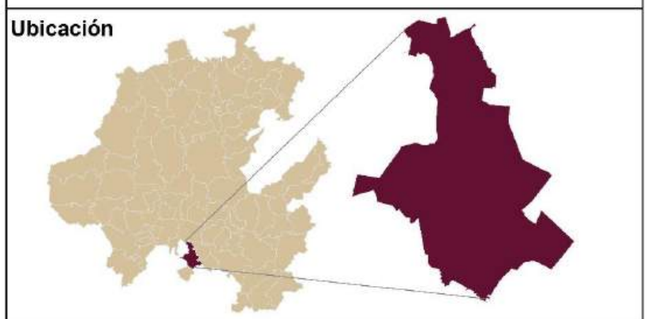
Climas
- Semiseco templado
- Templado subhúmedo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide GRS80
Proyección ..... ITRF08 LCC
Gradícula ..... Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal ..... Mexicano época 2010.0
Zona UTM ..... 14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Cli - Climatología

Temperaturas

Se refiere al grado de calor o frío presente en la atmósfera en un lugar y momento específicos. La temperatura es una medida fundamental para comprender el comportamiento del clima y se determina a partir del movimiento de las partículas en una sustancia: a mayor velocidad de las partículas, mayor temperatura. Las temperaturas varían según la ubicación geográfica (por ejemplo, en zonas cercanas al ecuador las temperaturas son más altas), la hora del día (las temperaturas suelen ser más altas durante el día y más bajas durante la noche), la temporada del año (en verano las temperaturas son más altas que en invierno) y otros factores climáticos como la altitud, la proximidad al mar, y la influencia de fenómenos meteorológicos como frentes fríos o cálidos.

Temperaturas máximas

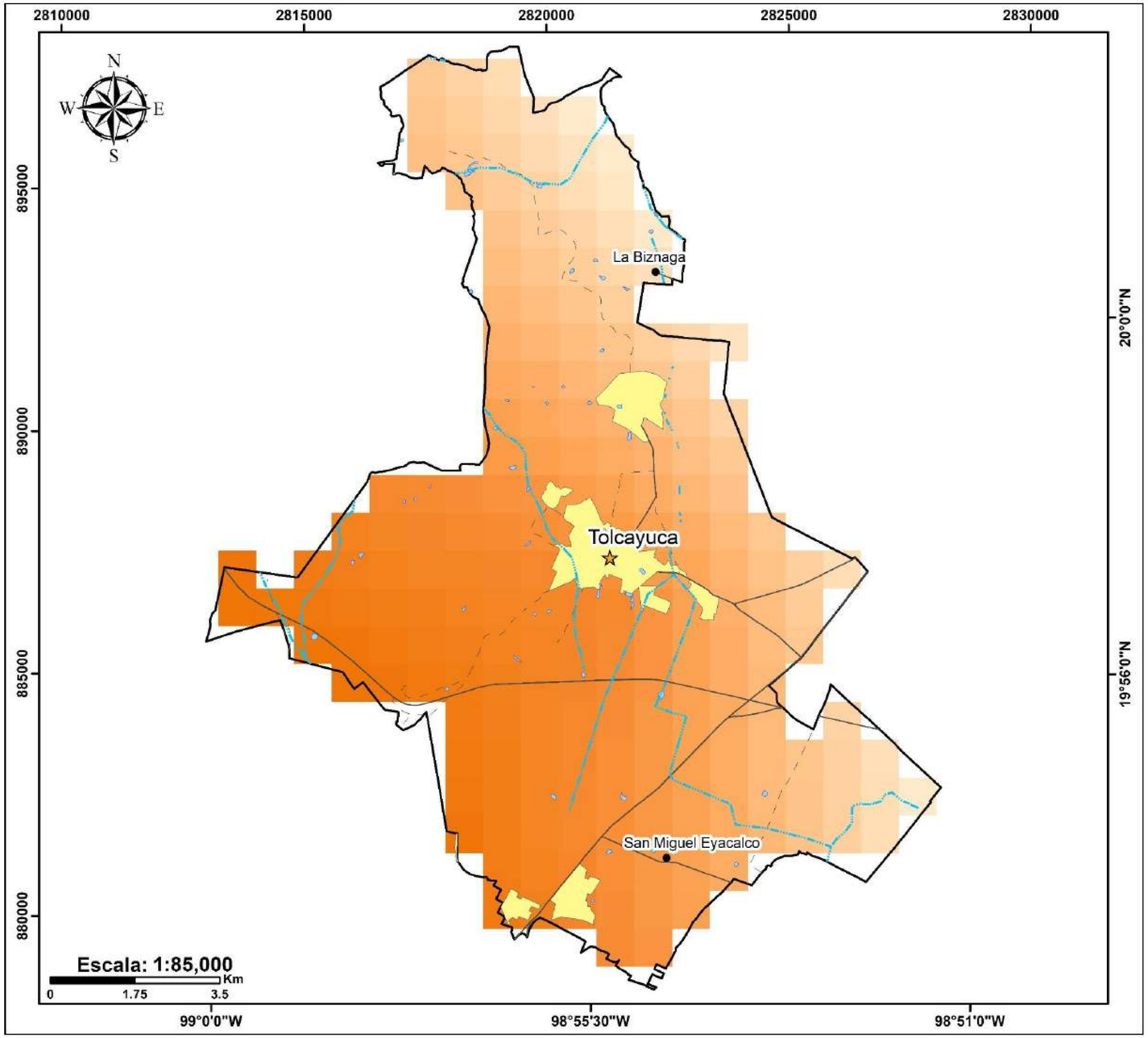
Se refiere a las temperaturas más altas que superan los valores normales o esperados para una región o temporada.

Las temperaturas máximas son indicativas de las condiciones de calor en un área y pueden influir de manera significativa en diversos aspectos, como la salud humana aumentando el riesgo de golpes de calor y deshidratación en población vulnerable como niños y adultos de la tercera edad, además de la agricultura, y el medio ambiente en general provocando cambios en los ecosistemas, alterando los ciclos de agua y afectando la fauna. Las altas temperaturas también pueden contribuir a fenómenos como incendios forestales y sequías severas.

El municipio de Tolcayuca ha experimentado variaciones en sus temperaturas máximas a lo largo de los años. Según (Meteoblue, s.f.) las temperaturas medias mensuales en Tolcayuca muestran que los meses más cálidos suelen ser mayo y junio, con temperaturas máximas promedio que oscilan entre 31.63 °C y 30.72 °C. Aunque, es importante destacar que estas cifras representan a promedios mensuales estimados mediante simulaciones o modelos que se toman de sitios oficiales y que, en días específicos, las temperaturas máximas pueden superar estos valores.

Sin embargo, para Tolcayuca no se dispone de registros públicos que indiquen temperaturas extremas que sean comparables a las registradas en los municipios más calurosos del estado de Hidalgo, como Huejutla, donde se alcanzaron 50.2°C el 14 de junio de 2017, o San Felipe Orizatlán, con 49.5°C el 6 de junio de 1998 (Nochebuena, 2024).

Mapa de temperaturas máximas



Simbología

Temperaturas máximas

31.63 °C

30.72 °C

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Límite municipal

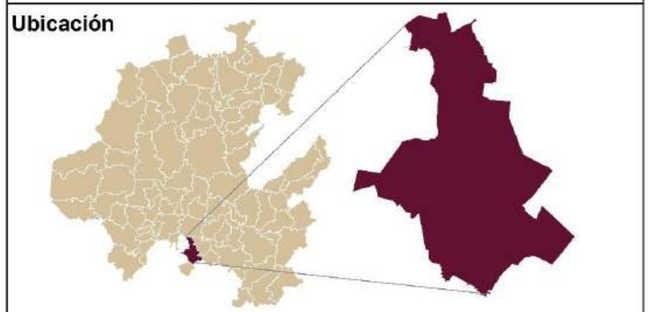
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

TemMax-Temperaturas máximas

Temperatura máxima mensual

Es la temperatura más alta registrada en un mes determinado. Esta medida es útil para identificar patrones de temperatura durante un periodo de 30 días y para analizar las variaciones estacionales (Climate ADAPT, s.f.). Una de las utilidades primordiales de la recopilación de estos datos es comparar las temperaturas máximas mensuales a lo largo de varios años para detectar tendencias climáticas y cambios a largo plazo, como el calentamiento global o fluctuaciones climáticas en ciertas regiones. Estas temperaturas también son utilizadas en la planificación de actividades agrícolas y en la gestión de recursos naturales.

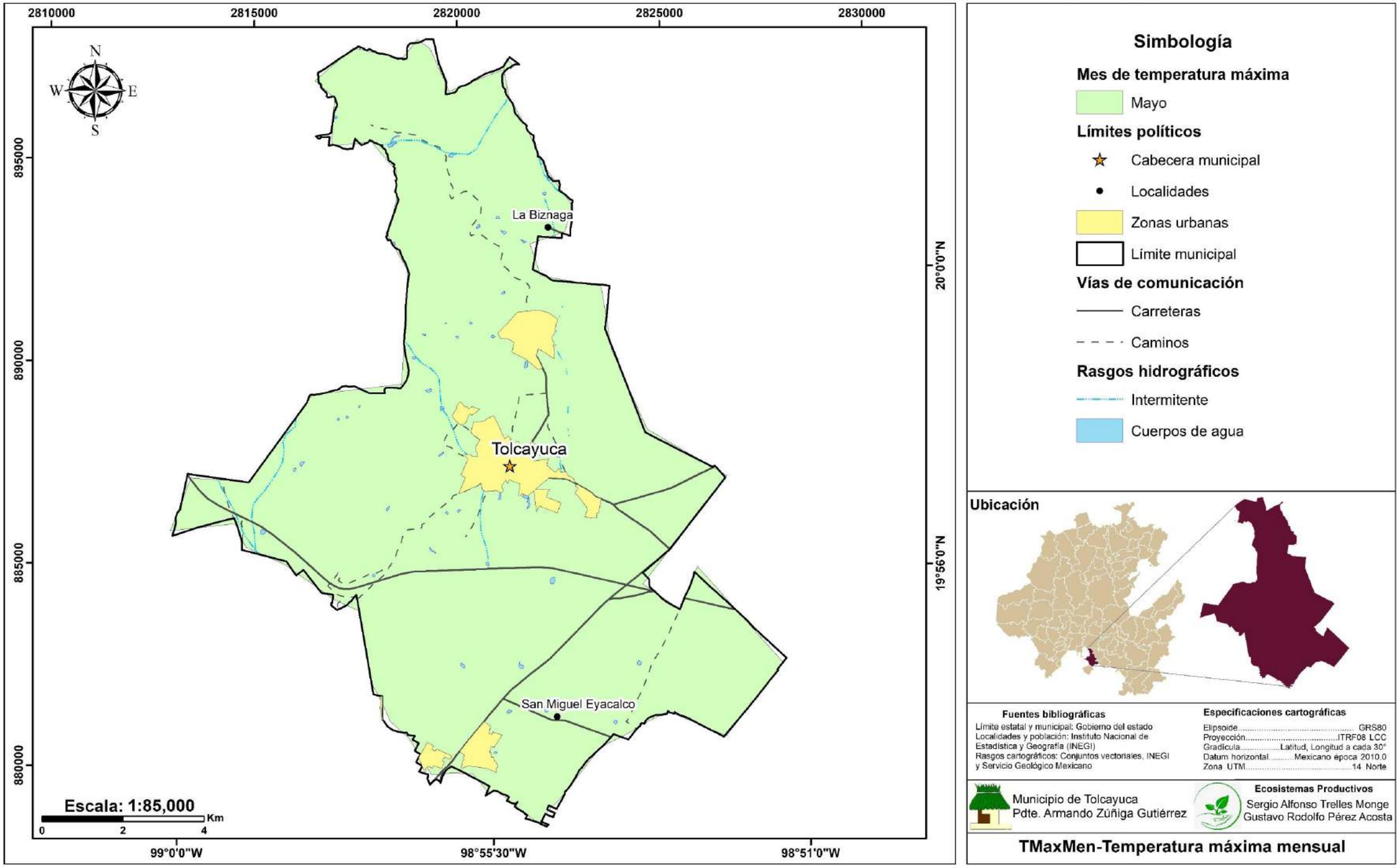
El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, México, presenta variaciones significativas en las temperaturas máximas mensuales a lo largo del año. Según datos recopilados entre 1981 y 2010, la temperatura máxima promedio mensual varía según los siguientes meses:

Temperaturas máximas mensuales (1981-2010)

Mes	Temperatura máxima mensual
Enero	21°C
Febrero	24°C
Marzo	26°C
Abril	27°C
Mayo	27°C
Junio	25°C
Julio	24°C
Agosto	24°C
Septiembre	23°C
Octubre	23°C
Noviembre	22°C
Diciembre	22°C

El mes más cálido es mayo, con una temperatura máxima promedio de 27 °C, mientras que enero registra la temperatura máxima promedio más baja con 21 °C (Weather atlas, s.f.).

Mapa de temperatura máxima mensual



Temperaturas máximas extremas

Tolcayuca destaca por tener registros de temperaturas máximas extremas, especialmente durante los meses de primavera y verano.

Especialmente en las localidades del norte, como La Biznaga, donde el clima semidesértico predomina y se ha tenido registro que han alcanzado temperaturas de hasta los 28 °C (Gobierno de México, s.f.).

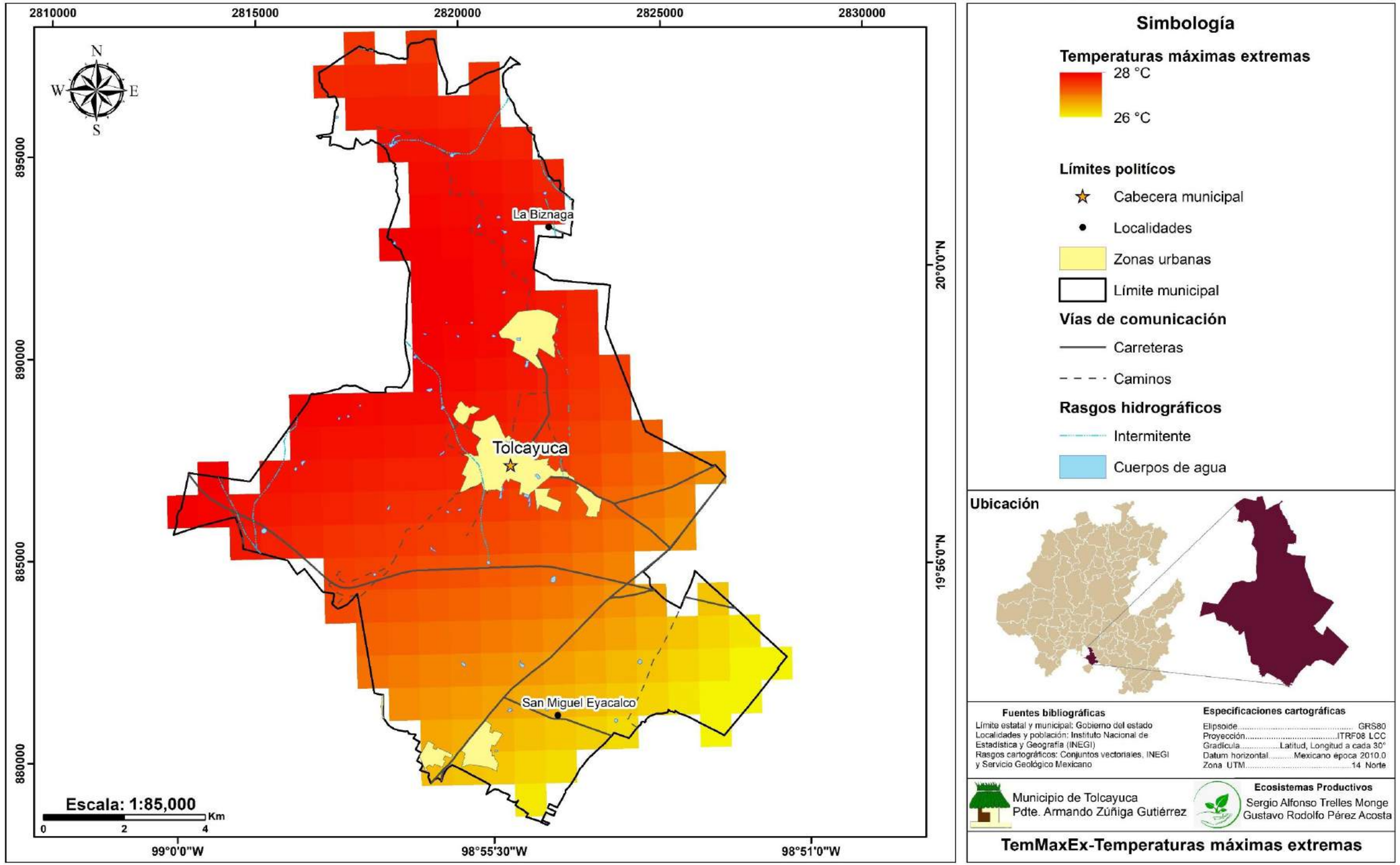
Las temperaturas máximas extremas son influenciadas por varios factores, incluyendo la reducida cobertura vegetal en las zonas áridas y la incidencia directa de radiación solar durante los períodos más calurosos del año. Además, el anticiclón subtropical suele intensificar las condiciones de calor al evitar la formación de nubes y fomentar cielos despejados, lo que incrementa la temperatura superficial. En Tolcayuca, la temperatura máxima registrada según el (Servicio Meteorológico Nacional, 2025) fue de 39 °C, en el 2011.

El calor extremo presenta afectaciones en diversos sectores económicos y sociales, afecta la salud de los habitantes, particularmente en comunidades rurales con acceso limitado a servicios básicos como agua potable y electricidad para sistemas de refrigeración. Durante las olas de calor, el riesgo de deshidratación, insolación y golpes de calor aumenta considerablemente, particularmente en grupos vulnerables como niños, adultos mayores y personas con enfermedades crónicas.

En cuanto a lo económico, las temperaturas máximas extremas también impactan negativamente a la agricultura y la ganadería, actividades básicas en Tolcayuca. Los cultivos de maíz, frijol y otros productos de temporal enfrentan problemas de estrés hídrico debido a la evaporación acelerada del agua del suelo y la disminución de la humedad relativa. Asimismo, el ganado sufre pérdidas de peso y disminución en la producción de leche, lo que repercute en los ingresos de los productores locales

La biodiversidad también enfrenta desafíos debido al calor extremo, la flora y fauna tienen que adaptarse a climas semidesérticos como los cactus y reptiles, sin embargo, otras especies pueden verse desplazadas o amenazadas por la pérdida de hábitat y la disponibilidad limitada de agua.

Mapa de temperaturas máximas extremas



Temperaturas mínimas

Es la temperatura más baja registrada en un lugar durante un periodo específico, las temperaturas mínimas son esenciales para evaluar fenómenos relacionados con el frío, como las heladas, que pueden ser perjudiciales para cultivos y ecosistemas, y también para prever eventos como la formación de escarcha o la caída de nieve en regiones más frías (Servicio Meteorológico Nacional, s.f.). Además, las temperaturas mínimas influyen en los procesos biológicos, ya que muchos organismos están adaptados a temperaturas bajas o a periodos de hibernación.

En los últimos 30 años el municipio de Tolcayuca ha experimentado variaciones significativas en sus temperaturas mínimas, de acuerdo con los datos registrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), la temperatura mínima promedio anual en la región es de aproximadamente 9.3 °C (CONAGUA), y se obtuvo en el mes de enero, el cuál es considerado el mes más frío del año.

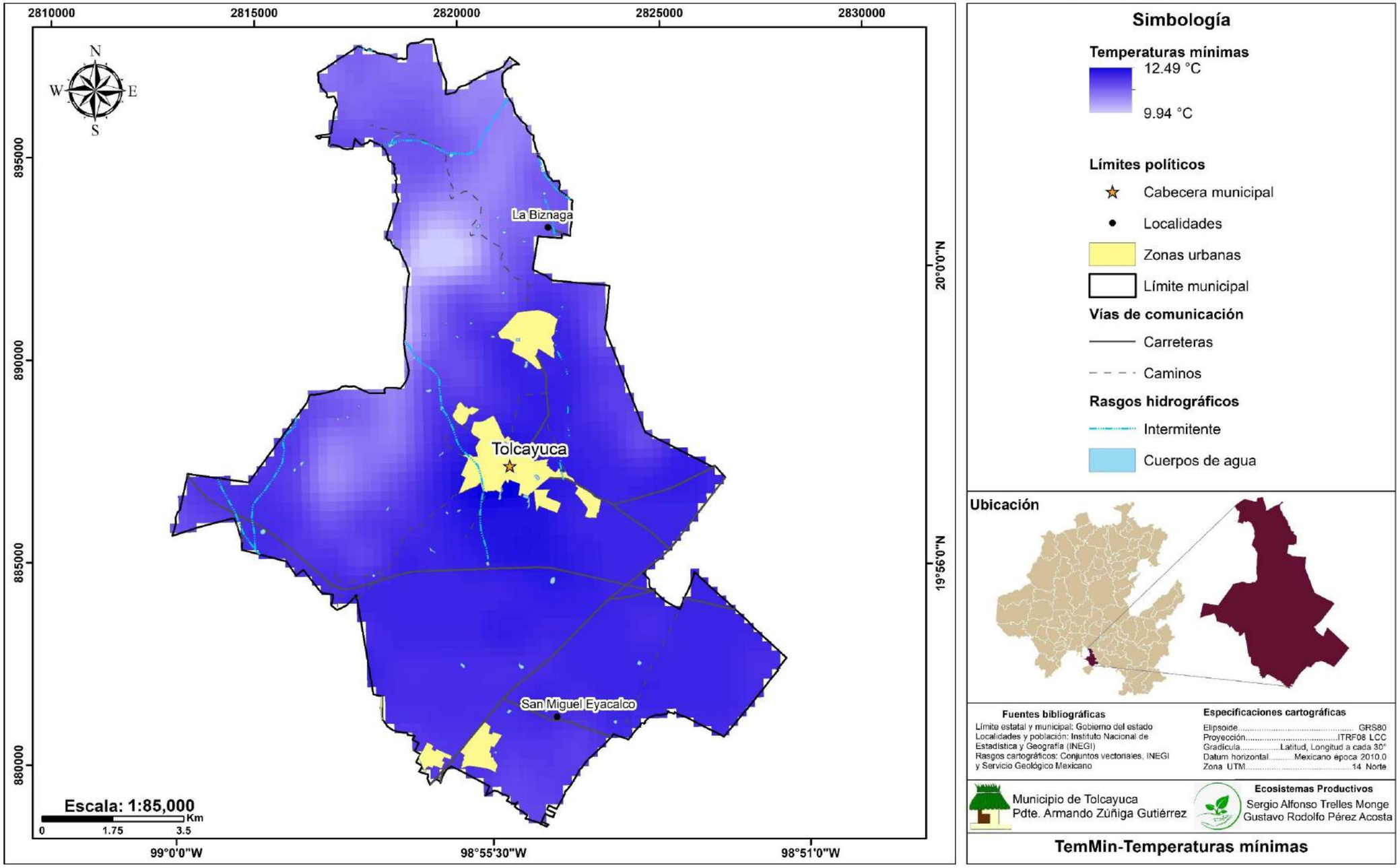
Es importante destacar que, aunque las temperaturas mínimas promedio se mantienen en torno a los 12.49 y 9.94 °C durante los meses más frío pueden descender aún más debido a la ubicación y demás factores que afectan la temperatura de Tolcayuca.

Los frentes fríos (FF) separan una masa de aire frío y seco de una masa de aire cálido. La masa de aire frío al ser más denso empuja por debajo a la masa de aire caliente, obligando a este aire cálido a elevarse. Si existe suficiente humedad en la atmósfera en esos momentos, la nubosidad y la posibilidad de tormentas eléctricas podrían desarrollarse (Gobierno de México, s.f.).

Entonces deducimos que, en Tolcayuca las incursiones de frentes fríos pueden ocasionar descensos significativos en la temperatura, llegando incluso a valores bajo cero, por lo que reforzarían las características del clima semiárido templado que predomina, el cual está influenciado por factores geográficos y estacionales.

Tolcayuca presenta temperaturas mínimas promedio moderadas, es susceptible a eventos climáticos que pueden provocar descensos abruptos en la temperatura, alcanzando registros históricos de hasta 1 °C en los últimos 30 años.

Mapa de temperaturas mínimas



Temperatura mínima mensual

Las temperaturas mínimas mensuales que varían considerablemente dependiendo de la estación del año y la altitud de sus regiones. Durante los meses de invierno, particularmente en diciembre y enero, las temperaturas suelen alcanzar sus valores más bajos, con promedios mensuales que oscilan entre los 10.5 °C y 1 °C (Weather atlas, s.f.).

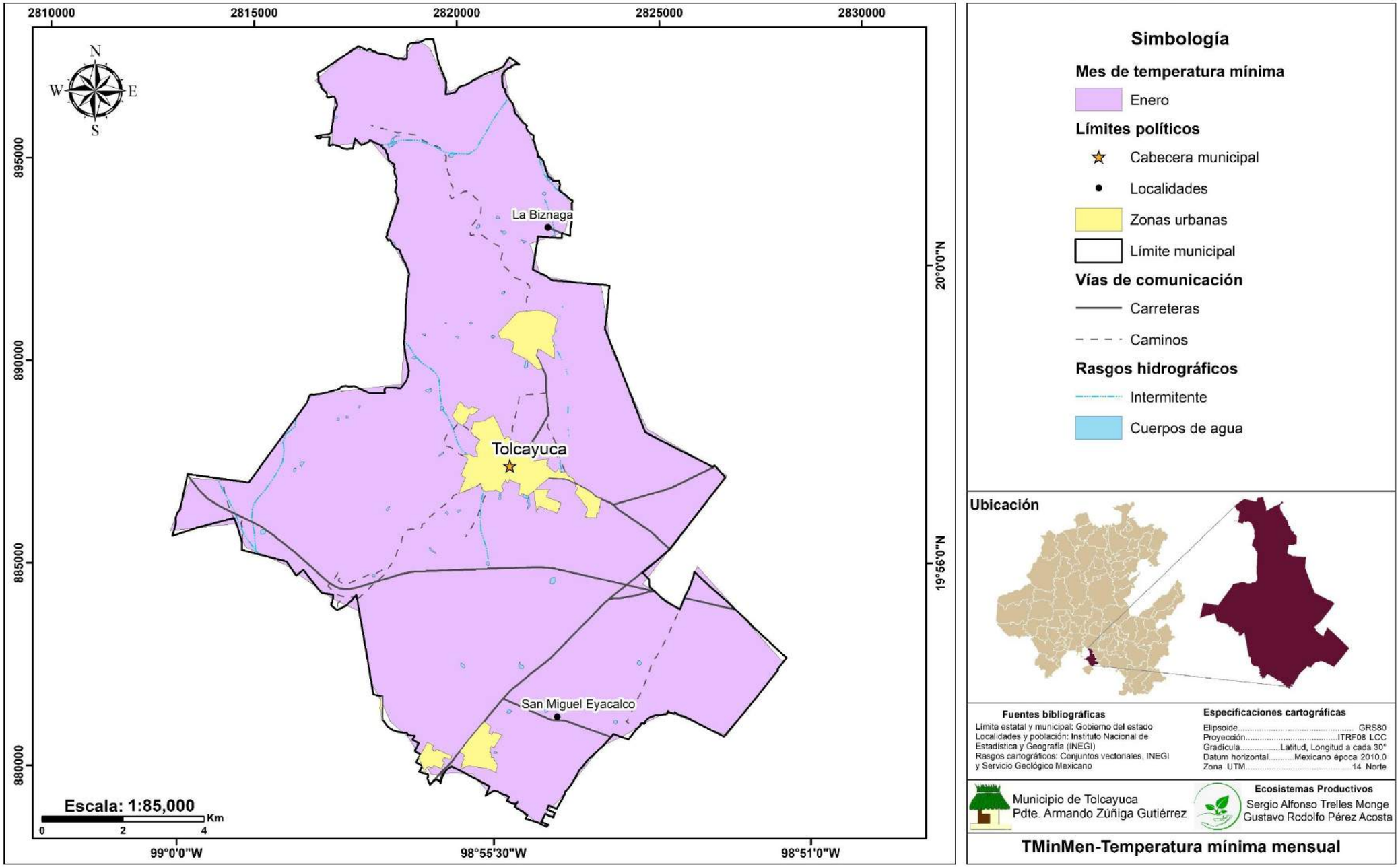
La variación de las temperaturas mínimas mensuales en Tolcayuca se ven influenciadas por diversos factores meteorológicos, como la entrada de frentes fríos y la irradiación nocturna en cielos despejados. Estos fenómenos son comunes durante la temporada invernal, cuando las masas de aire polar provenientes del norte del país afectan significativamente la región. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, GEOGRAFÍA Y MEDIO AMBIENTE), el municipio se encuentra en una región de alta incidencia de heladas, con hasta 60 días al año en algunas áreas.

Temperaturas mínimas mensuales promedio (2024)

Mes	Temperatura mínima mensual (promedio)
Enero	6°C
Febrero	8°C
Marzo	10°C
Abril	12°C
Mayo	13°C
Junio	14°C
Julio	13°C
Agosto	13°C
Septiembre	13°C
Octubre	11°C
Noviembre	9°C
Diciembre	7°C

Como se puede apreciar en la tabla con datos recopilados de (Meteoblue, s.f.) los meses que presentan las temperaturas más bajas son diciembre y enero, siendo un promedio de 6 y 7°C para ambos meses, esto coincide con los datos del SMN (Servicio Meteorológico Nacional, 2025) donde indica que históricamente las temperaturas más bajas se registraron en el año 2004 con -5°C.

Mapa de temperatura mínima mensual



Temperaturas mínimas extremas

En las áreas más elevadas de Tolcayuca, donde predominan los bosques de coníferas y encinos, las temperaturas suelen descender considerablemente durante los meses de diciembre y enero. De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, se han registrado valores que alcanzan los 1 °C en el municipio de Tolcayuca, especialmente en localidades que se encuentran en la zona suroeste, donde las bajas temperaturas son más frecuentes debido a la menor densidad poblacional y el aislamiento geográfico (Gobierno de México, s.f.).

Las temperaturas extremas en Tolcayuca están influenciadas por varios factores meteorológicos y geográficos. Uno de los principales es la incidencia de frentes fríos provenientes del norte del país, generalmente durante el invierno. Según reportes del INEGI, el municipio se encuentra en una zona de alta vulnerabilidad a las heladas (INEGI, s.f.).

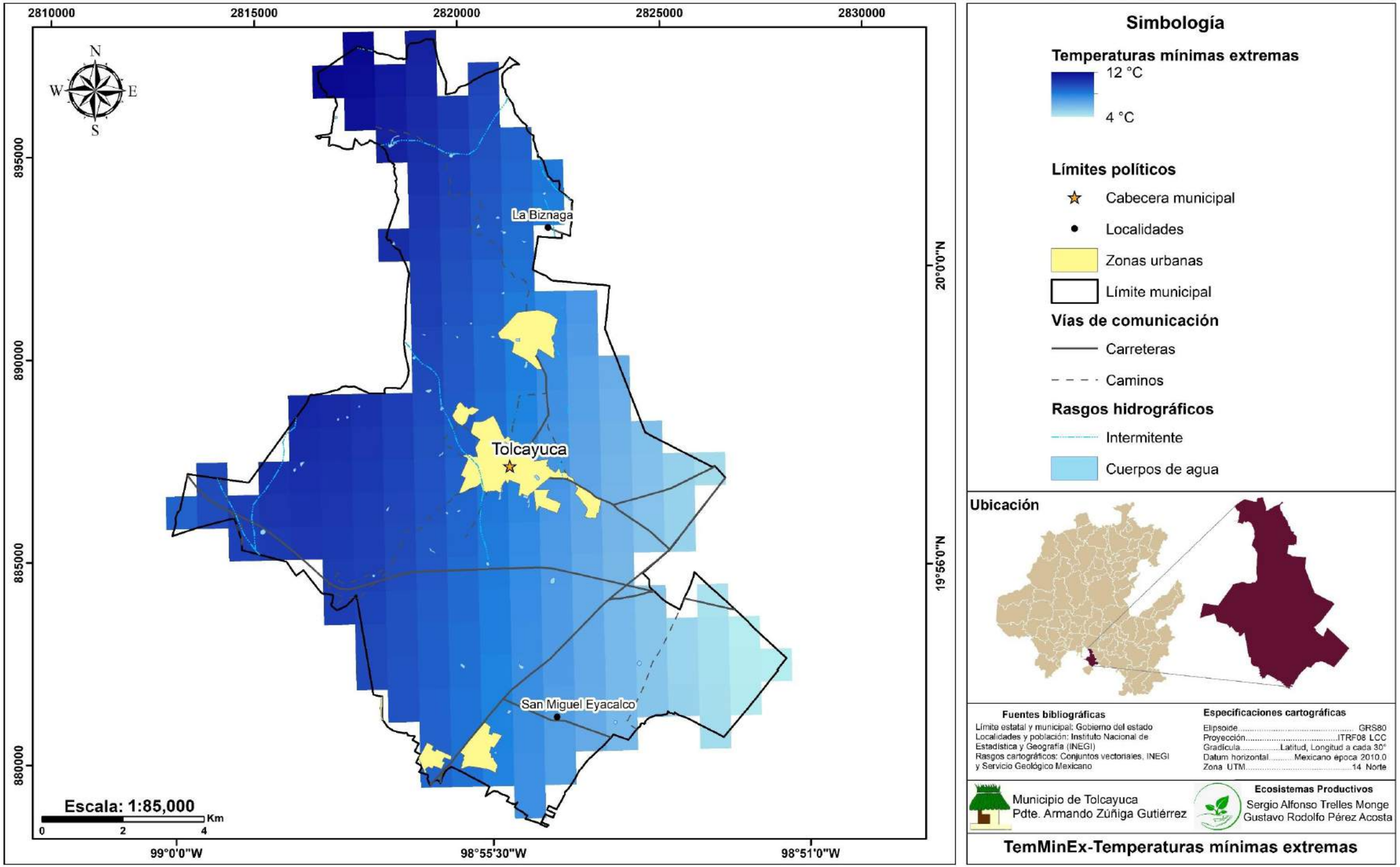
Las temperaturas bajas tienen consecuencias para diversos factores económicos, afectan la agricultura local, además incrementa el riesgo para la salud de los habitantes, sobre todo en las comunidades rurales que carecen de infraestructura adecuada para enfrentar el frío, como viviendas con aislamiento térmico o sistemas de calefacción.

Por otro lado, la fauna y flora también deben adaptarse a las condiciones climáticas adversas. En los ecosistemas montañosos del municipio, algunas especies de plantas han desarrollado adaptaciones para sobrevivir a las bajas temperaturas, como la capacidad de almacenar agua en sus tejidos o reducir su actividad metabólica durante los meses más fríos. Asimismo, la fauna silvestre, incluyendo mamíferos como gato montés, liebre, conejo, coyotes, que migran hacia zonas más bajas o busca refugio en cavidades naturales para protegerse del frío.

También se han llevado a cabo proyectos de reforestación en las zonas más altas del municipio, con el objetivo de mitigar los efectos del cambio climático y fomentar la conservación.

La temperatura mínima extrema que se registró en Tolcayuca fue en 2004, una masa de aire polar que provocó que el termómetro descendiera hasta -5.5 °C.

Mapa de temperaturas mínimas extremas



Temperatura anual

Debido a que Tolcayuca presenta una diversidad climatológica y topográfica su rango de temperaturas es variado. Según datos del SMN (Servicio Meteorológico Nacional, 2025), la temperatura promedio anual en Tolcayuca es de 18.1 °C, aunque, en las áreas bajas del municipio se suelen registrar temperaturas más cálidas, mientras que, las regiones montañosas experimentan un clima más templado durante el año.

La variación de las temperaturas en Tolcayuca está marcada por inviernos fríos y veranos calurosos. Durante el invierno, que engloba desde noviembre a febrero, las temperaturas mínimas pueden descender hasta 12.70 °C, esto en las partes más altas del norte del municipio.

Por otro lado, la primavera y el verano que van desde los meses de marzo y septiembre, se caracterizan por temperaturas máximas que frecuentemente superan los 15.46 °C (específicamente en mayo) principalmente en las comunidades que se encuentran en la parte centro del municipio. Este contraste térmico se debe a la combinación de factores geográficos y meteorológicos que afectan la región, incluyendo la incidencia de frentes fríos y ondas de calor.

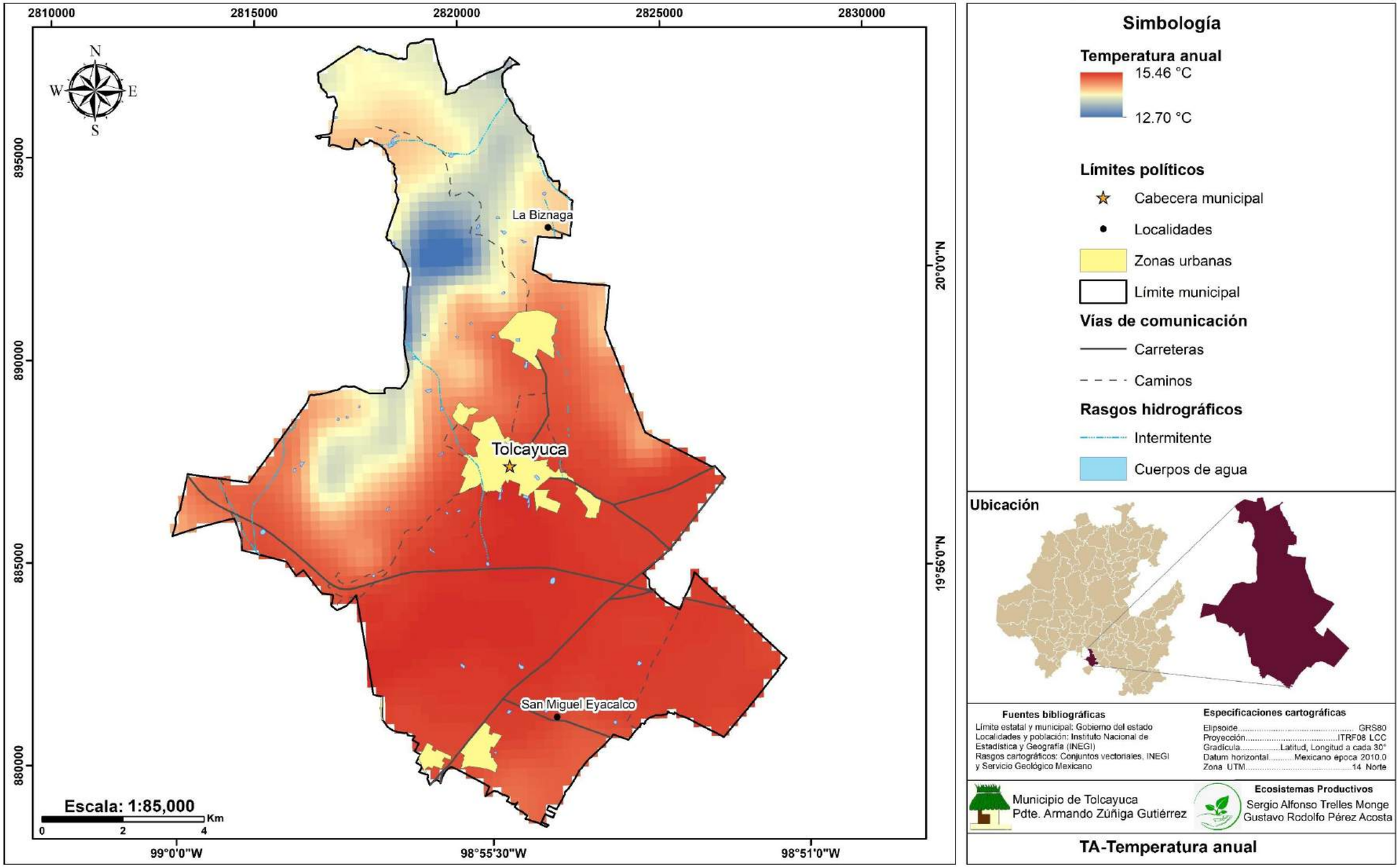
El clima de Tolcayuca también está influenciado por fenómenos globales como El Niño y La Niña, que alteran los patrones de temperatura y precipitación, estos fenómenos pueden intensificar tanto las olas de calor como los periodos de frío extremo, afectando significativamente las actividades económicas y la vida cotidiana de la población.

El fenómeno del Niño (ENSO El Niño-Southern Oscilation) se caracteriza porque la superficie del océano Pacífico tropical se calienta más de lo habitual, especialmente en el ecuador y a lo largo de las costas de América del Sur y Central. Los océanos cálidos dan lugar a sistemas de baja presión en la atmósfera, lo que a su vez provoca muchas lluvias en las costas occidentales de América.

Mientras que en el fenómeno de La Niña es básicamente lo contrario de El Niño, pues las temperaturas del océano a lo largo de la mitad oriental del Pacífico tropical se enfrían y esa parte del mundo se seca. El cinturón de calor y lluvia se desplaza hacia el otro lado del océano, lo que significa que Australia, Indonesia y el sureste de Asia son más húmedos y cálidos de lo habitual (Borunda, 2023).

En Tolcayuca, durante El Niño, las temperaturas máximas tienden a ser más elevadas, mientras que La Niña puede provocar inviernos más severos.

Mapa de temperatura anual



Sequias históricas

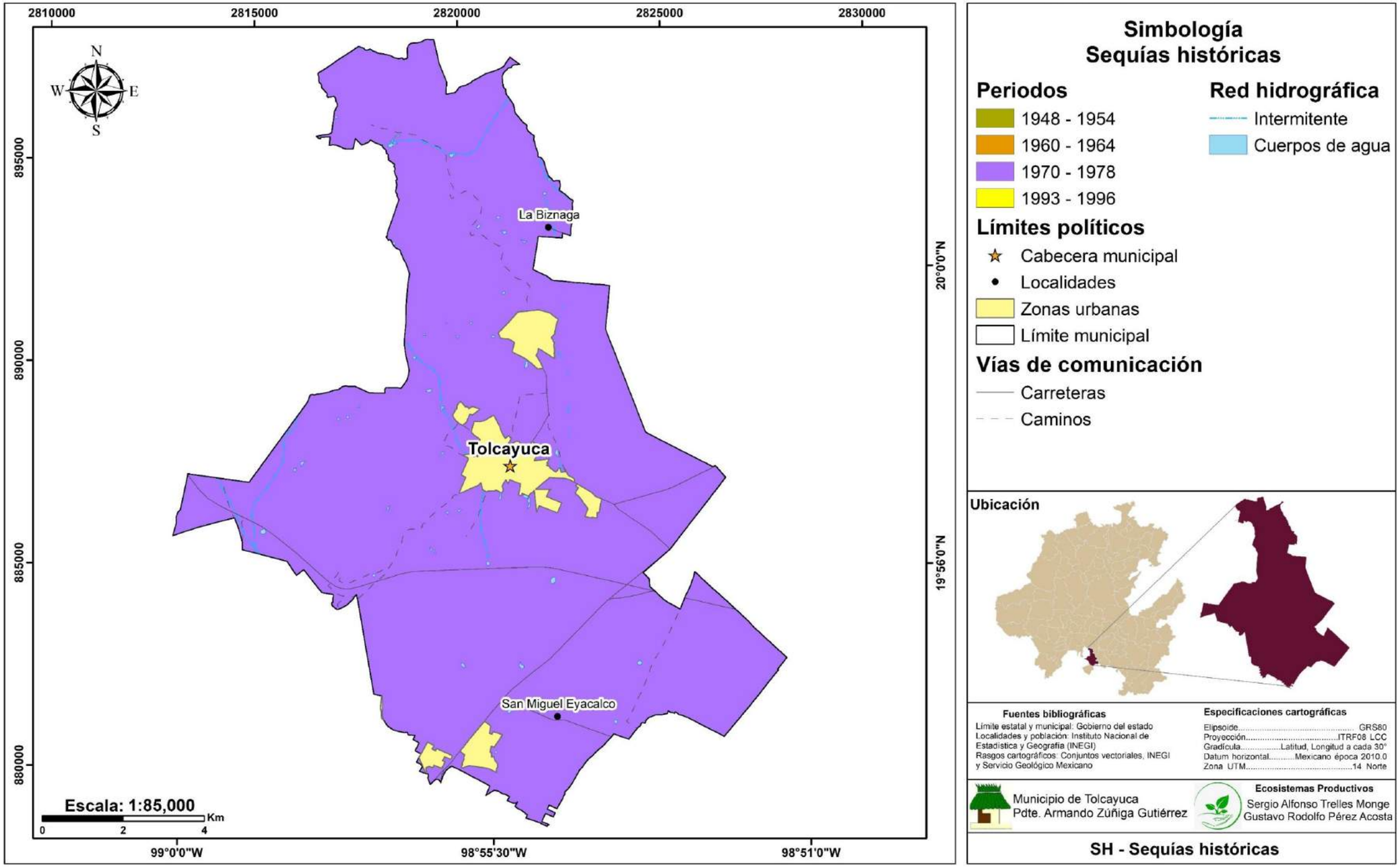
El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, ha sido afectado por eventos de sequía a lo largo de su historia, con impactos importantes en la agricultura, la ganadería y el abastecimiento de agua para la población. Uno de los periodos más críticos ocurrió entre 1970 y 1978, cuando una prolongada escasez de lluvias redujo drásticamente la disponibilidad de agua en la región, generando consecuencias tanto económicas como sociales.

Durante estos años, la falta de precipitaciones provocó una disminución en los niveles de ríos, manantiales y pozos, lo que afectó gravemente la producción agrícola. Los cultivos de temporal, como el maíz y el frijol, sufrieron pérdidas significativas debido a la falta de humedad en el suelo, reduciendo la capacidad de autoabasto de muchas familias campesinas. La ganadería también se vio afectada, ya que la escasez de agua y la falta de pastizales adecuados limitaron la alimentación del ganado, ocasionando pérdidas económicas para los productores locales.

Además del impacto en la actividad productiva, la sequía de 1970-1978 generó problemas en el suministro de agua potable, lo que obligó a la población a buscar fuentes alternativas o a depender de la distribución de agua mediante pozos profundos y sistemas rudimentarios de almacenamiento. La crisis hídrica también contribuyó a la migración de algunas familias hacia otras regiones en busca de mejores oportunidades laborales y condiciones de vida.

Este evento marcó un precedente en la necesidad de mejorar la gestión del agua en Tolcayuca. Con el paso del tiempo, se han implementado medidas para reducir la vulnerabilidad del municipio ante sequías, como la construcción de sistemas de captación de agua, pozos de mayor profundidad y programas de concientización sobre el uso eficiente del recurso hídrico. Sin embargo, el cambio climático y la variabilidad en los patrones de lluvia siguen representando un desafío para el desarrollo sostenible de la región.

Mapa de sequías históricas



Duración de las sequias en promedio de años

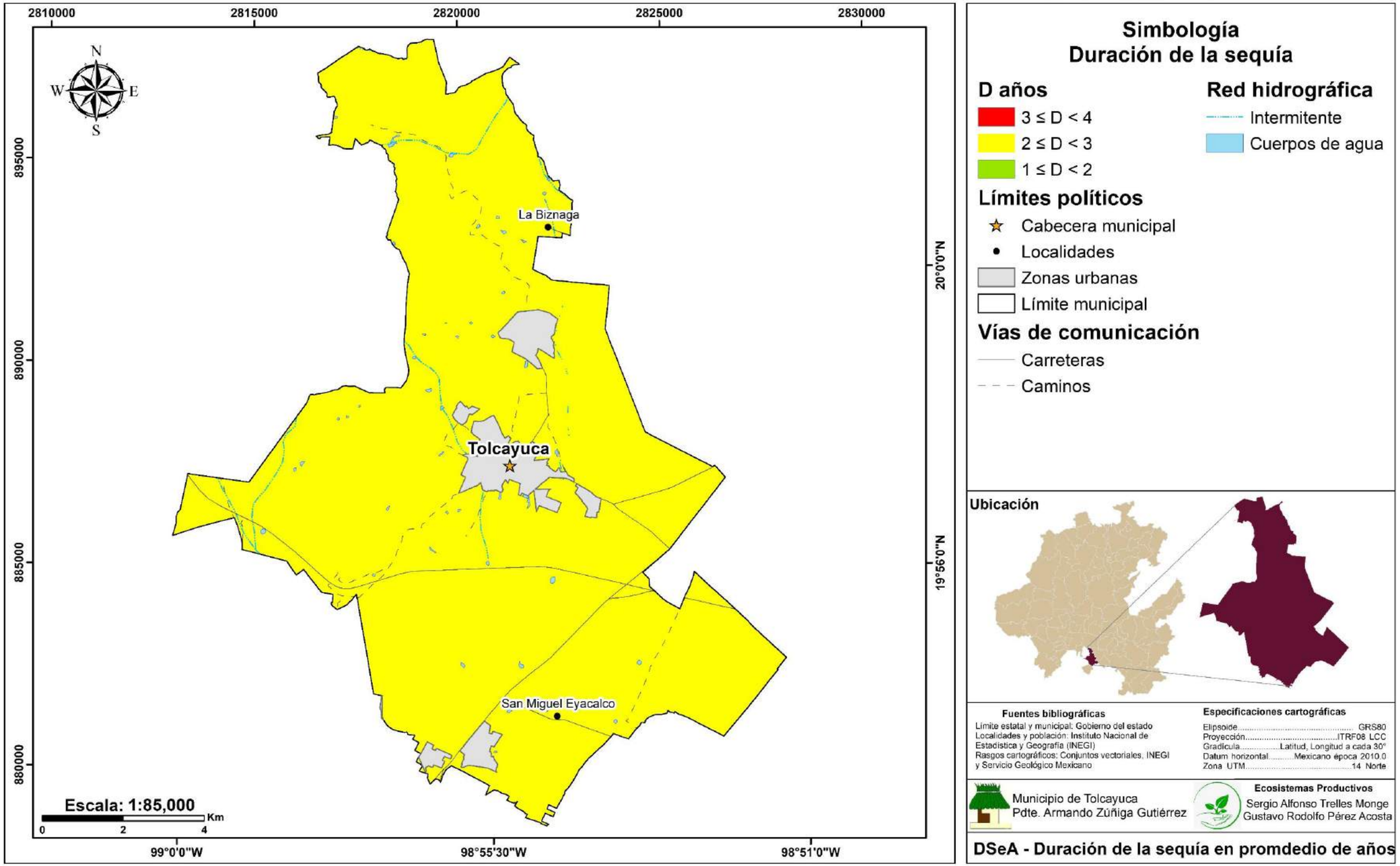
En el municipio de Tolcayuca, la duración promedio de la sequía se encuentra en un rango de 2 a 3 años, lo que indica que, en promedio, se experimentan períodos secos prolongados que pueden durar entre dos y tres años consecutivos. Este fenómeno está relacionado con el clima semiárido que caracteriza a la región, donde las precipitaciones anuales son bajas y la variabilidad en las lluvias es alta. La sequía en Tolcayuca, aunque no es constante, tiende a repetirse cíclicamente, lo que puede generar condiciones de estrés para la agricultura y los recursos hídricos locales.

Durante estos años de sequía, la escasez de agua afecta principalmente a la agricultura, que depende en gran medida de las lluvias para el riego de cultivos. La falta de lluvias suficientes en este período puede reducir significativamente los rendimientos agrícolas, especialmente para cultivos de temporal que requieren una cantidad constante de agua. Además, los niveles de los cuerpos de agua superficiales y los acuíferos disminuyen, lo que afecta tanto al abastecimiento de agua para consumo humano como para el riego agrícola.

La duración de la sequía en Tolcayuca también tiene un impacto en la economía local, particularmente en las zonas rurales, donde la agricultura y la ganadería son actividades fundamentales. Los efectos de la sequía no solo afectan la producción de alimentos, sino que también incrementan los costos para los agricultores, quienes deben recurrir a fuentes alternas de agua o ajustar sus prácticas agrícolas para sobrevivir a estos períodos difíciles.

Ante este fenómeno, es crucial que el municipio implemente estrategias de manejo sostenible del agua, la diversificación de cultivos resistentes a la sequía y el fomento de prácticas agrícolas que ayuden a mitigar los efectos de la sequía prolongada. De igual manera, el fortalecimiento de la infraestructura hídrica, como la construcción de sistemas de captación de agua de lluvia y almacenamiento, puede ser fundamental para reducir la vulnerabilidad del municipio a los efectos de las sequías recurrentes.

Mapa de duración de la sequía en promedio de años



Precipitación

La precipitación es cualquier tipo de hidrometeoro (compuesto de un agregado de partículas acuosas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen desde una nube o grupo de nubes que alcanza el suelo) que cae de la atmosfera y llega a la superficie terrestre.

En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que cae de la atmósfera y llega a la superficie terrestre. Este fenómeno incluye lluvia, llovizna, nieve, aguanieve, granizo, pero no virga, neblina ni rocío, que son formas de condensación y no de precipitación. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad, o monto pluviométrico.

La precipitación es una parte importante del ciclo hidrológico, llevando agua dulce a la parte emergida de la corteza terrestre y, por ende, favoreciendo la vida en nuestro planeta, tanto de animales como de vegetales, que requieren agua para vivir. La precipitación se genera en las nubes, cuando alcanzan un punto de saturación; en este punto las gotas de agua aumentan de tamaño hasta alcanzar una masa en que se precipitan por la fuerza de gravedad. Si bien la lluvia es la más frecuente de las precipitaciones, no deben olvidarse los otros tipos: la nevada y el granizo. Cada una de estas precipitaciones puede a su vez clasificarse en diversos tipos.

La distribución de las precipitaciones en Tolcayuca sigue un patrón típico del altiplano central de México, verano (junio a septiembre), que es la temporada más lluviosa, concentrando la mayor parte de los 500 a 700 mm de precipitación anual.

Las lluvias suelen ser de tipo convectivo, con tormentas intensas por las tardes o noches. En invierno y primavera (noviembre a abril) las precipitaciones son escasas o casi inexistentes.

En mayo inicia la temporada lluviosa con algunas lluvias dispersas. De junio a agosto los meses suelen ser de máxima precipitación.

En septiembre las lluvias comienzan a disminuir y en octubre se comienza a transitar hacia la temporada seca.

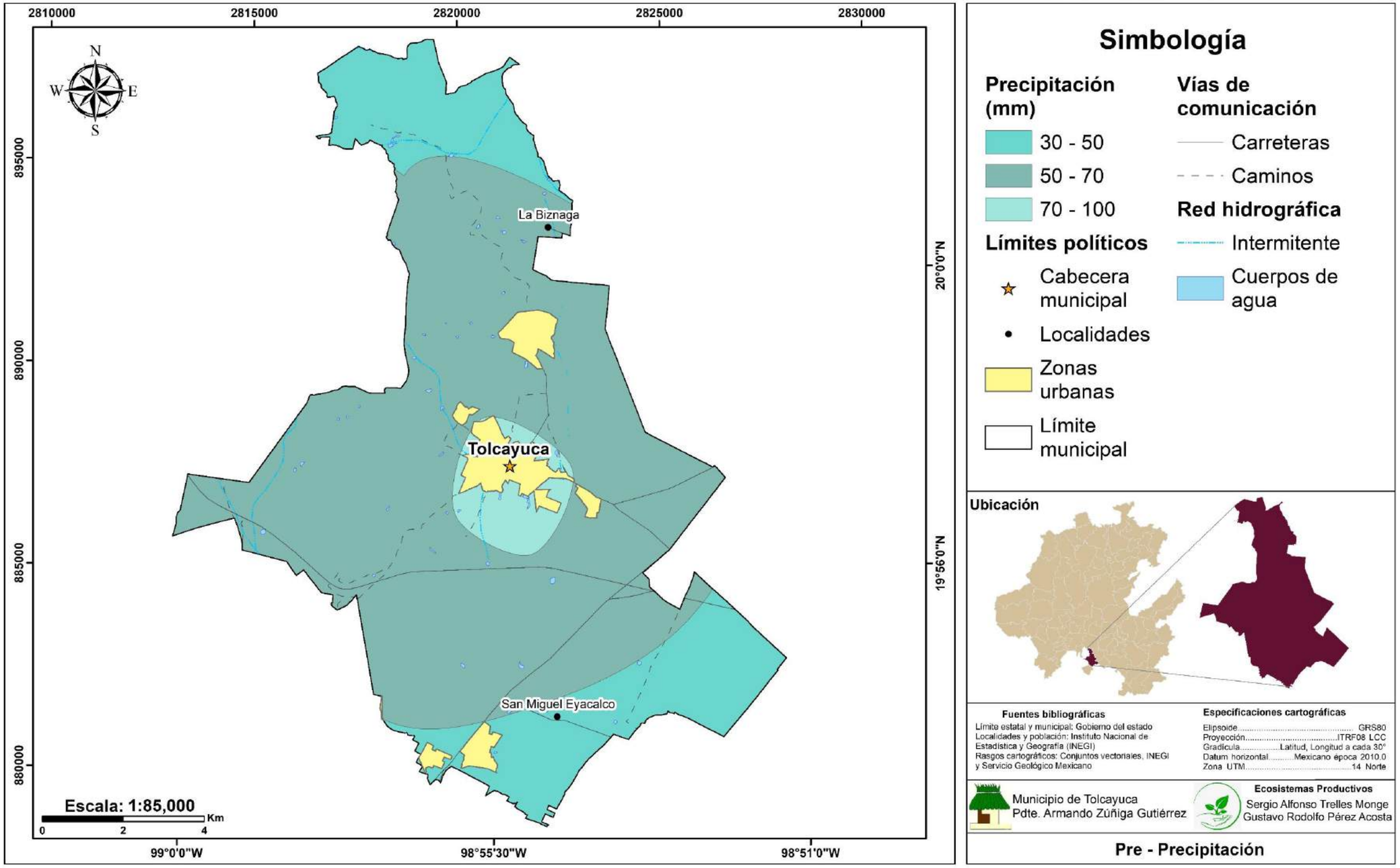
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información descargada de CONABIO en formato vectorial para la estimación de precipitación promedio presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información proporcionada por la CONABIO en formato vectorial para representar la precipitación del municipio en el mapa. Se integró una capa de datos estimados de precipitación en milímetros dentro del área de estudio. En el mapa, se destacan tres tonos de azul: el más oscuro indica valores de precipitación promedio entre 50 y 70 mm, mientras que el tono más claro representa los valores más altos, que oscilan entre los 70 mm y 100 mm.

Mapa de precipitación



Precipitación anual

La precipitación anual es la cantidad total de agua que cae sobre un área específica durante el transcurso de un año, en forma de lluvia, nieve, granizo o cualquier otro tipo de precipitación. Este valor se mide en milímetros (mm) y representa la profundidad que alcanzaría el agua si se distribuyera uniformemente sobre una superficie horizontal sin que hubiera pérdidas por evaporación, escorrentía o infiltración.

Factores que afectan la precipitación anual:

Clima local: Regiones tropicales suelen tener mayor precipitación que las zonas áridas.

Geografía: La proximidad a cuerpos de agua, montañas y vientos predominantes influye en las cantidades.

Estaciones: En algunos lugares, las precipitaciones están concentradas en una estación específica, mientras que en otros están más repartidas a lo largo del año.

Importancia:

Ciclo hidrológico: La precipitación es una etapa clave para renovar las fuentes de agua dulce.

Agricultura: Proporciona agua esencial para los cultivos.

Ecosistemas: Mantiene los niveles de humedad necesarios para la flora y fauna.

La precipitación anual en Tolcayuca varía entre 500 y 700 mm aproximadamente, dependiendo de las condiciones climáticas de cada año. La mayor parte de la lluvia se concentra en la temporada de verano (de junio a septiembre), con un aumento notable de precipitaciones durante esos meses. En cambio, durante el invierno y primavera, las precipitaciones suelen ser mínimas o prácticamente nulas.

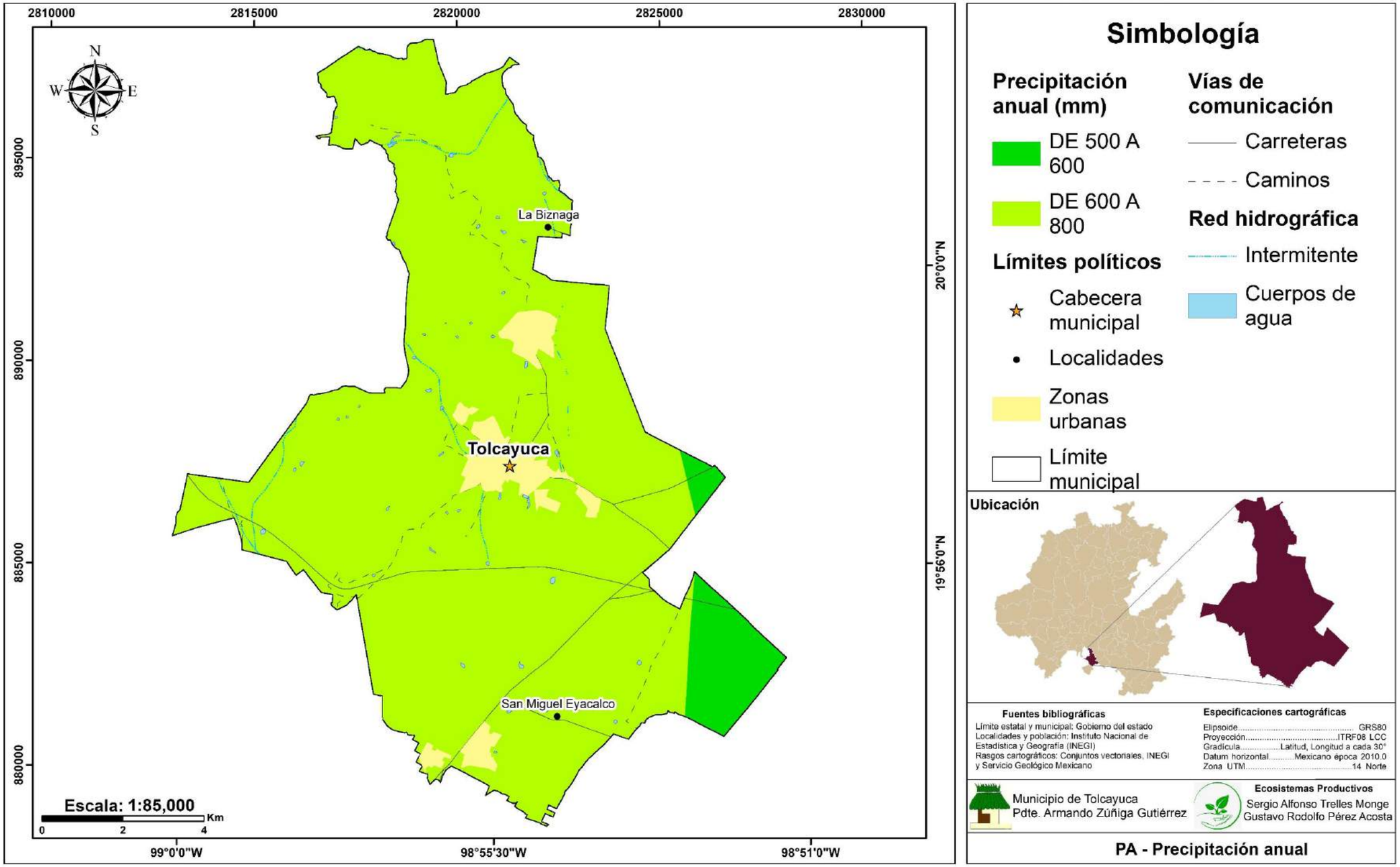
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información proporcionada por CONABIO en formato vectorial para la estimación de precipitación total anual presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato vectorial para representar en el mapa la precipitación anual del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. El mapa generado utiliza tres tonos de verdes para representar los diferentes rangos de precipitación. El municipio en su mayoría esta caracterizado por presentar una precipitación anual de 600 a 800 mm, y algunas partes en el este están dentro de un rango de precipitación de 500 a 600 mm.

Mapa de precipitación anual



Precipitación media anual

La precipitación media anual es el promedio de la cantidad de agua que cae sobre una región específica durante un año, en forma de lluvia, nieve, granizo u otras formas de precipitación. Se calcula sumando las precipitaciones registradas durante un año y dividiéndolas entre los años en los que se tienen registros, usualmente para un período de 30 años, según las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Este valor se expresa en milímetros (mm).

Importancia de la precipitación media anual:

Indicador climático: Permite clasificar climas y entender las características meteorológicas de una región.

Planificación agrícola: Ayuda a los agricultores a planificar cultivos dependiendo de la disponibilidad de agua.

Gestión de recursos hídricos: Es crucial para diseñar estrategias de manejo y almacenamiento de agua.

Ecosistemas: Influye directamente en los tipos de vegetación y vida animal que pueden prosperar en una región.

La precipitación media anual en Tolcayuca es aproximadamente de 500 a 700 mm, según datos generales del altiplano central de México. Las lluvias suelen concentrarse en la temporada de verano, de junio a septiembre, mientras que el resto del año presenta precipitaciones escasas o nulas.

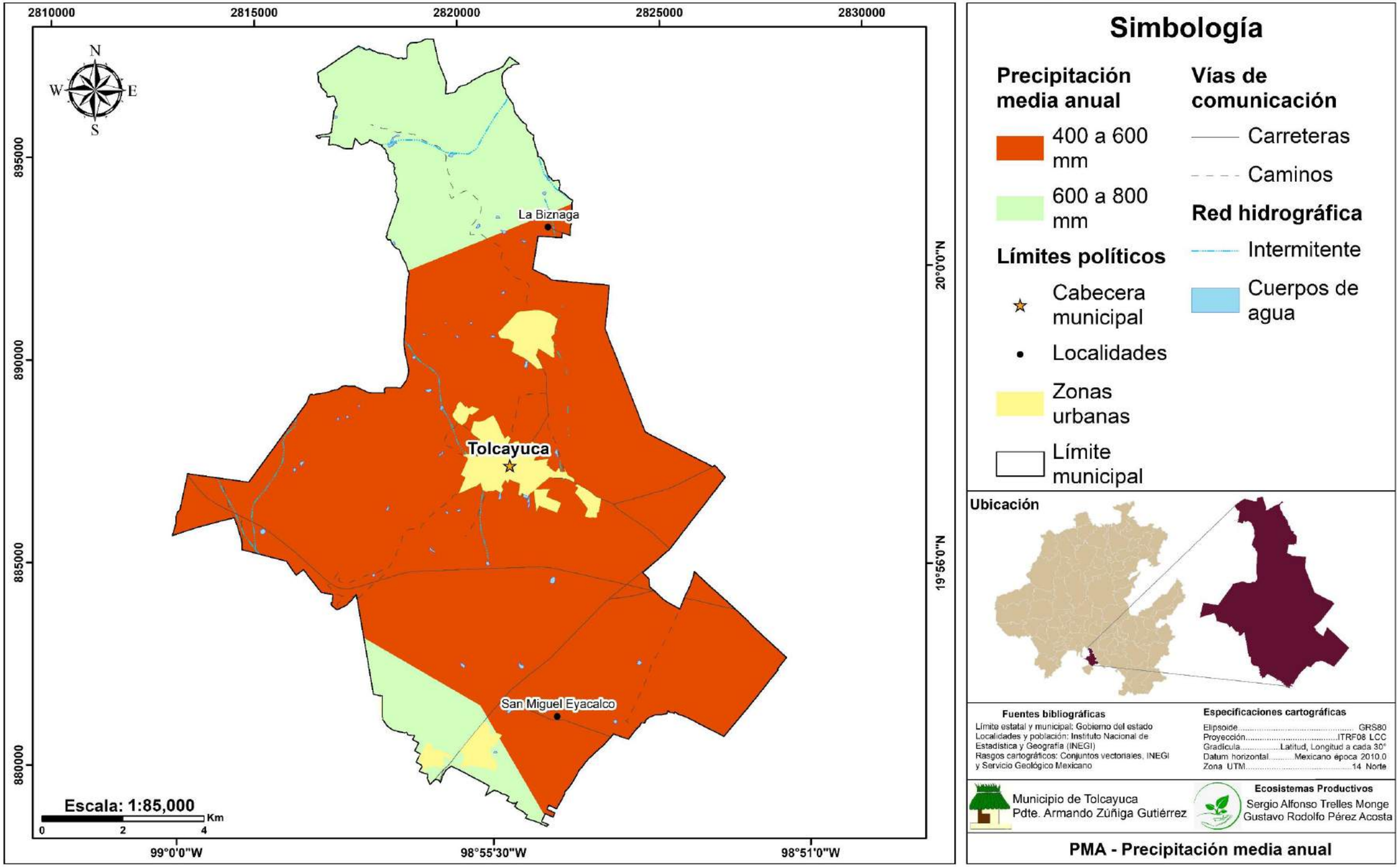
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación media anual histórica y se utilizó información descargada de CONABIO en formato vectorial para la estimación de precipitación media anual presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato vectorial para representar en el mapa la precipitación media anual del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. En el mapa, destacan los colores representativos de los valores de precipitación media anual, el rojo para el rango entre los 400 y los 600 mm y el verde para los valores que van de los 600 a 800 mm.

Mapa de precipitación media anual



Precipitación máxima

La precipitación máxima se refiere a la mayor cantidad de lluvia, nieve, granizo o cualquier otra forma de precipitación que cae en un área específica durante un período de tiempo determinado. Puede medirse en milímetros (mm) o pulgadas (in) y es un indicador importante en meteorología para evaluar las condiciones climáticas extremas. Este valor es fundamental para la gestión de riesgos y la planificación de infraestructuras, ya que eventos de precipitación máxima pueden generar inundaciones y desbordamientos de ríos, afectando áreas urbanas, rurales y ecosistemas.

Factores que influyen en la precipitación máxima:

-Fenómenos como huracanes, tormentas severas o monzones pueden generar precipitaciones máximas excepcionales en un corto período de tiempo.

-Las características geográficas, como las montañas, influyen en la cantidad de precipitación que recibe un lugar, ya que las áreas elevadas tienden a acumular más lluvia debido a la condensación del aire húmedo que asciende.

Durante esta época es más probable que ocurran precipitaciones máximas.

- El cambio climático puede alterar los patrones climáticos y la distribución de las precipitaciones, generando eventos extremos más frecuentes o intensos en algunas regiones.

La temporada más precipitada dura 4.5 meses, del 28 de mayo al 13 de octubre, con una probabilidad de más del 43 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Tolcayuca es julio, con un promedio de 23.7 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

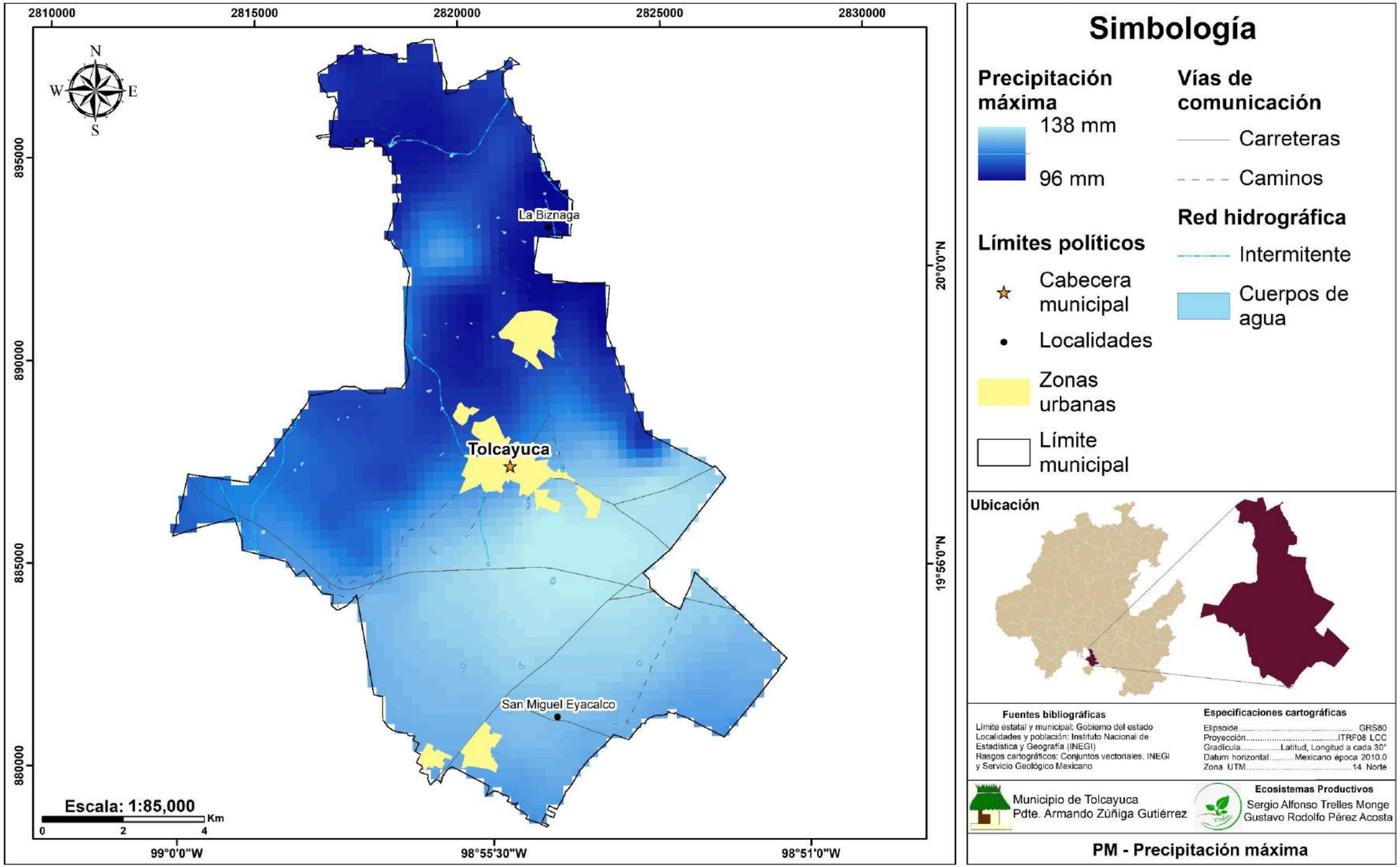
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información descargada en formato ráster para la estimación de precipitación máxima presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato ráster para representar en el mapa la precipitación máxima del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. El mapa generado utiliza una escala de colores en tonos azules, donde los colores más claros representan las precipitaciones máximas más altas y los colores más oscuros indican los valores más bajos de precipitación máxima dentro del municipio.

Mapa de precipitación máxima



Precipitación máxima mensual

La precipitación máxima mensual es la mayor cantidad de lluvia que se registra en un solo mes durante un período determinado (usualmente un año) en una región específica. Este valor refleja el pico de las precipitaciones en ese mes, que puede estar influenciado por factores como fenómenos meteorológicos, geografía, o el clima estacional.

Es común que durante los meses más lluviosos (junio a septiembre), la precipitación máxima mensual pueda superar los 200 mm en condiciones excepcionales. Estos eventos suelen estar relacionados con tormentas fuertes o sistemas de baja presión que afectan la región.

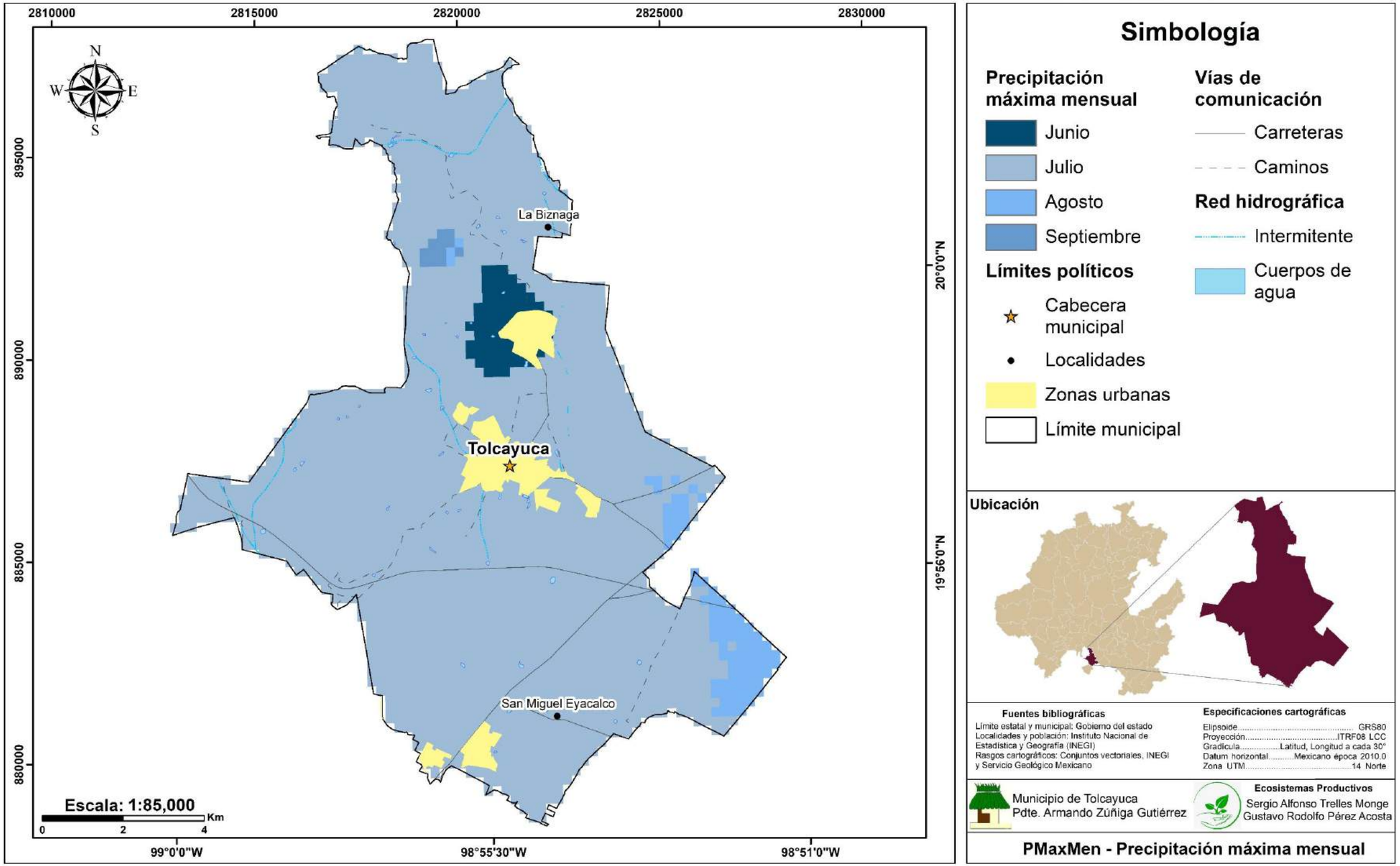
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información descargada en formato ráster para la estimación de precipitación máxima mensual presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato ráster para representar en el mapa la precipitación máxima mensual del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. En el mapa, se destaca un tono de azul para distinguir el mes con las temperaturas más altas registradas.

Mapa de precipitación máxima mensual



Precipitación mínima

La precipitación mínima se refiere a la menor cantidad de lluvia, nieve, o cualquier otra forma de precipitación que cae en un área determinada durante un período específico (por lo general, un año o una estación). Esta cantidad varía según la región y las condiciones climáticas. En zonas áridas o semiáridas, la precipitación mínima puede ser muy baja, mientras que en zonas tropicales o de alta montaña, puede ser más significativa.

Los patrones de precipitación son fundamentales para entender las características climáticas de una región, como la disponibilidad de agua y las condiciones para la agricultura.

Según datos publicados por el Servicio Meteorológico Nacional, la precipitación mínima promedio presentada y registrada en el municipio de Tolcayuca durante los años 1961 a 1990 varia en rangos de 0 a 10 mm. Aunque cabe aclarar que las tres estaciones meteorológicas en el municipio se encuentran suspendidas.

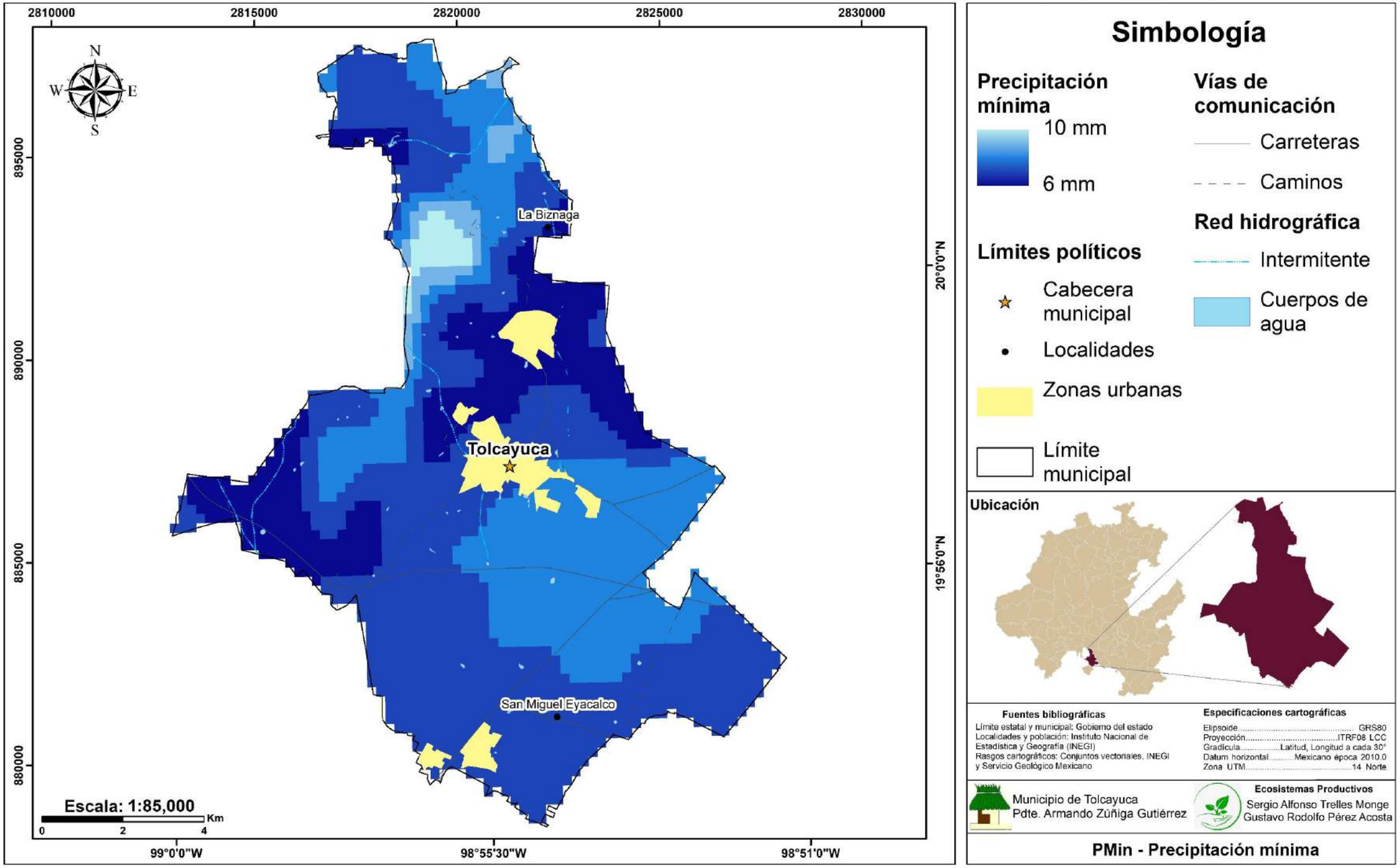
Metodología

Se descargaron archivos en formato ráster de la precipitación mínima en el municipio de Tolcayuca y se desarrolló un mapa temático que representa los valores mínimos de precipitación en el mismo.

Resultados

El mapa generado utiliza una escala de colores en tonos azules, donde los colores más claros representan las precipitaciones mínimas más altas y los colores más oscuros indican los valores más bajos de precipitación mínima dentro del municipio.

Mapa de precipitación mínima



Precipitación mínima mensual

La precipitación mínima mensual se refiere a la menor cantidad de precipitación que se registra en un mes específico en una región dada. Esta cifra puede variar dependiendo de las condiciones climáticas locales, la estación del año y otros factores. En general, los meses más secos del año suelen presentar la precipitación mínima mensual, especialmente en regiones áridas o semiáridas.

La precipitación mínima mensual general puede variar dependiendo de la región, pero típicamente se registra en los meses más secos, como diciembre y enero, en muchas zonas de México. En estos meses, algunas regiones pueden tener valores de precipitación cercanos a 0 mm, especialmente en áreas con clima seco o semiseco.

Basado en el comportamiento climático de la región, los meses más secos son de noviembre a abril, en los cuales la precipitación puede ser prácticamente nula (0 mm en algunos meses).

Meses húmedos: De junio a septiembre, donde la precipitación mínima podría ser de aproximadamente 10 a 30 mm en condiciones climáticas atípicamente secas.

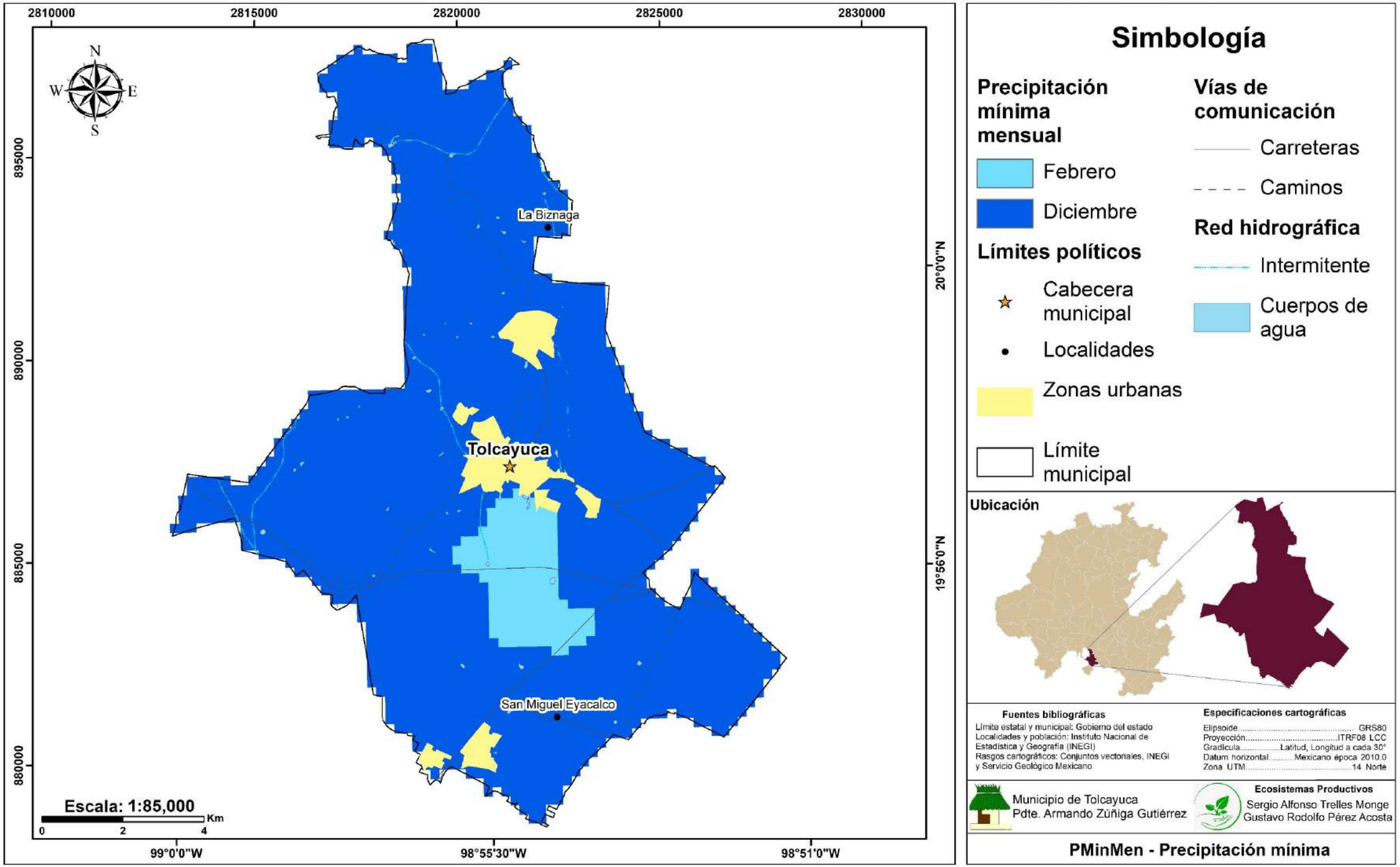
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información descargada en formato ráster para la estimación de precipitación mínima mensual presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato ráster para representar en el mapa la precipitación mínima mensual del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. En el mapa, se destacan dos tonos de azul para distinguir los dos meses con las temperaturas más bajas registradas.

Mapa de precipitación mínima mensual



Precipitación invernal

La precipitación invernal se refiere a la cantidad de precipitación (lluvia, nieve, aguanieve, etc.) que ocurre durante la temporada de invierno, que en el hemisferio norte generalmente abarca de diciembre a febrero. Este tipo de precipitación varía dependiendo de la región y las condiciones climáticas de la zona.

En regiones templadas o frías, la precipitación invernal a menudo se presenta en forma de nieve, mientras que, en zonas más cálidas o áridas, puede caer como lluvia o incluso aguanieve.

Durante la temporada invernal (de noviembre a febrero) en Tolcayuca las precipitaciones son bastante bajas y poco frecuentes. En términos generales, la precipitación invernal es muy escasa, y la media mensual puede ser cercana a 0 mm en los meses más secos, especialmente en diciembre y enero.

Sin embargo, en algunos años puede haber lluvias ligeras o lloviznas ocasionadas por frentes fríos, pero estos eventos no suelen ser intensos ni prolongados.

En resumen, la precipitación invernal en Tolcayuca es generalmente baja y puede incluso ser nula en varios días o semanas.

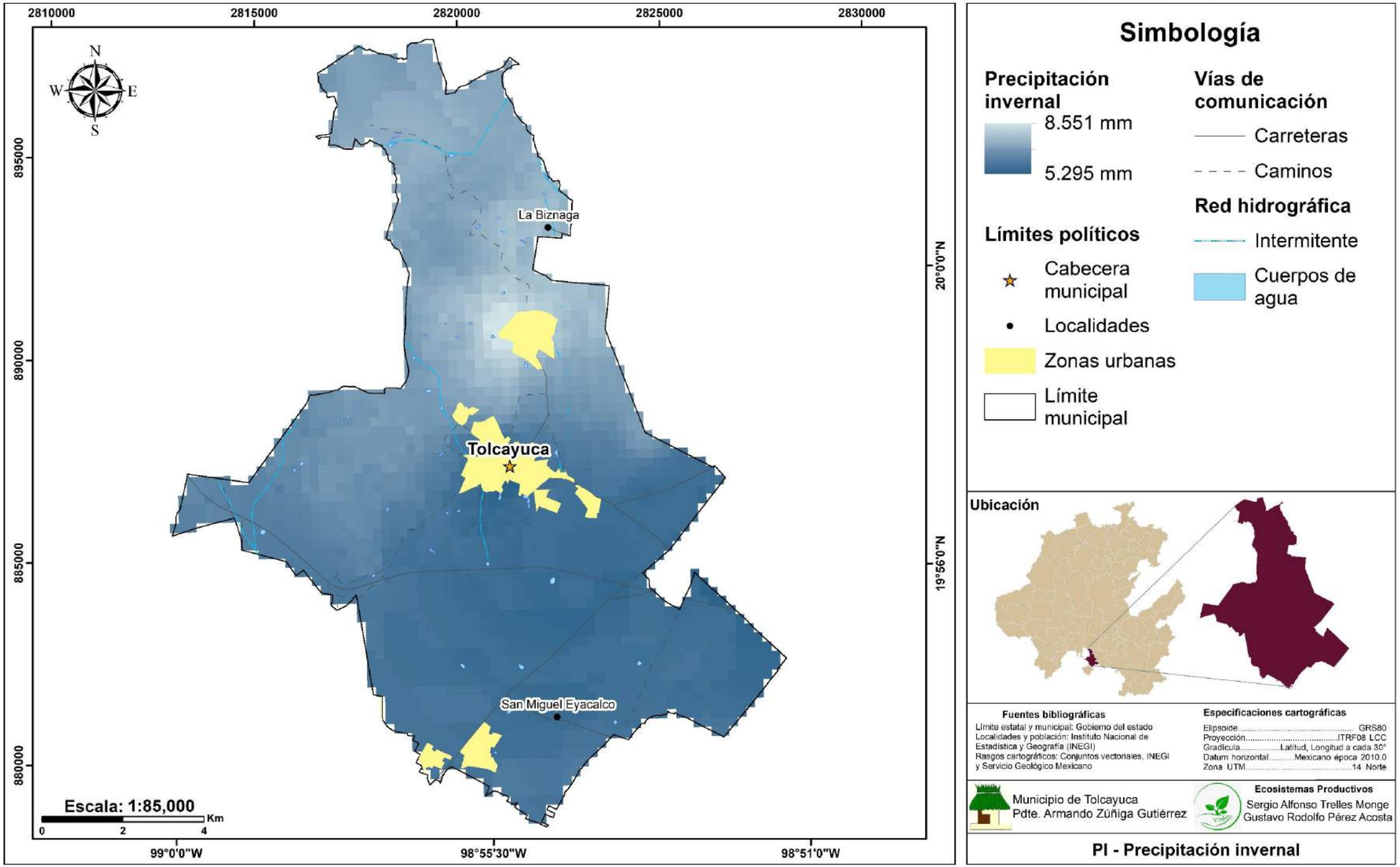
Metodología

Se obtuvieron datos de precipitación histórica y se utilizó información descargada en formato ráster para la estimación de precipitación invernal presente en el municipio y se agregó a la capa de la zona de estudio.

Resultados

Se utilizó información en formato ráster para representar en el mapa la precipitación invernal del municipio. Se incorporó una capa con datos estimados de precipitación en milímetros, integrándola al área de estudio. El mapa generado utiliza una escala de colores en tonos azules, donde los colores más claros representan las precipitaciones invernales más altas y los colores más oscuros indican los valores más bajos de precipitación invernal dentro del municipio.

Mapa de precipitación invernal



Días con granizo al año

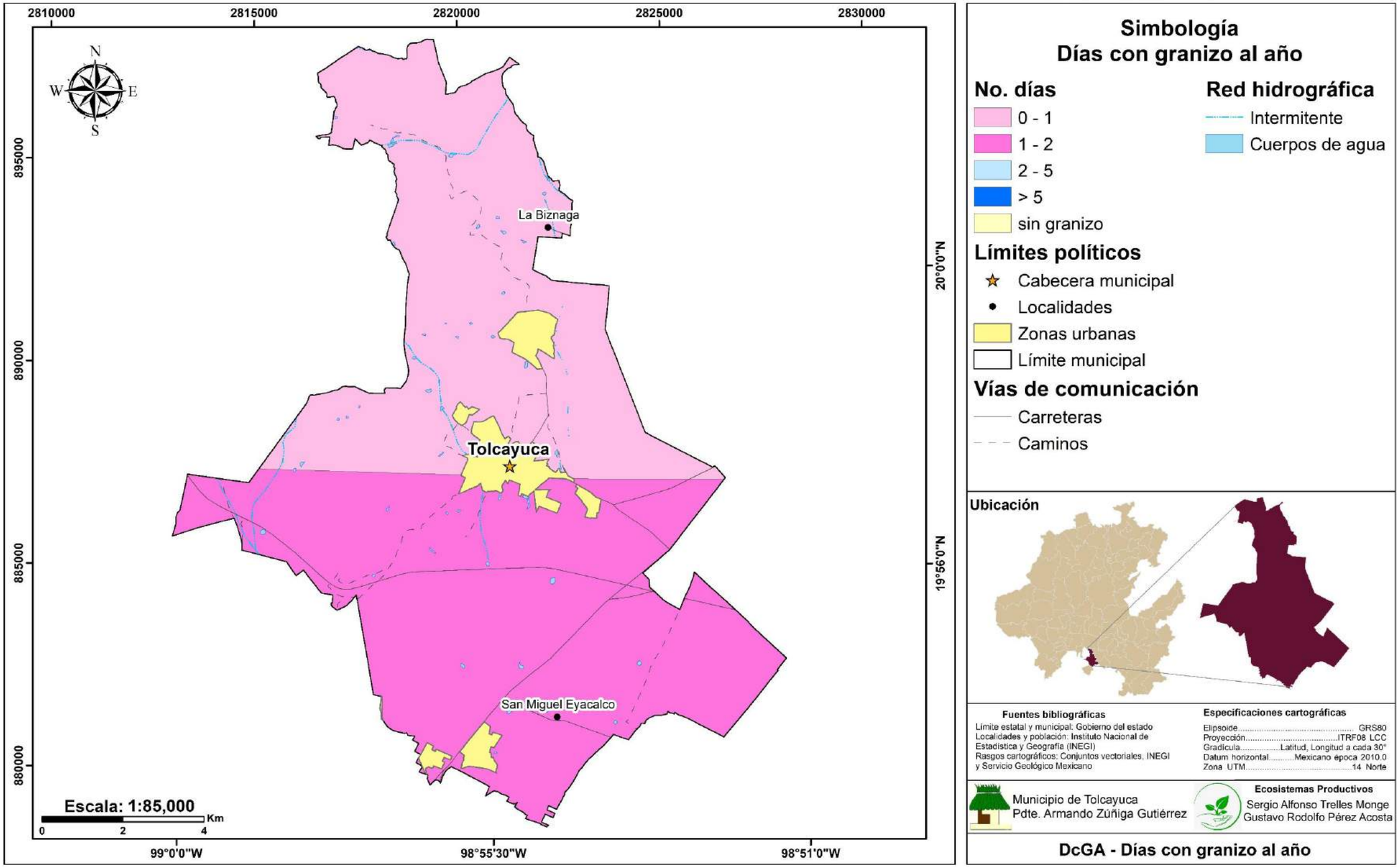
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta una incidencia baja de días con granizo, con rangos que oscilan entre 0 a 1 y 1 a 2 días anuales en promedio. Aunque este fenómeno meteorológico no es frecuente en la región, su presencia ocasional puede estar asociada con tormentas eléctricas de corta duración durante la temporada de lluvias, que abarca los meses de mayo a septiembre. Las condiciones climáticas de Tolcayuca, caracterizadas por un clima semiseco templado y templado subhúmedo, junto con su ubicación geográfica, limitan la probabilidad de formación de granizo en la mayor parte del territorio.

Cuando ocurre, el granizo suele presentarse en eventos aislados, con partículas de hielo de tamaño reducido y de corta duración, lo que disminuye su impacto en la infraestructura y las actividades productivas del municipio. En el sector agrícola, la baja frecuencia de granizadas significa que el riesgo para los cultivos es mínimo, al igual que los daños en la ganadería y otras áreas económicas. Sin embargo, en casos excepcionales donde el granizo sea más denso o prolongado, podría causar afectaciones en techos, vehículos y superficies expuestas.

A pesar de la baja incidencia, es recomendable que la población esté informada sobre este fenómeno y cuente con medidas preventivas básicas, como la protección de estructuras vulnerables y la vigilancia de pronósticos meteorológicos. El monitoreo constante de las condiciones climáticas permite minimizar cualquier impacto negativo en caso de presentarse una tormenta con granizo en Tolcayuca.

En definitiva, el granizo en el municipio es un evento poco común y de baja intensidad, por lo que no representa un peligro significativo para la población o la economía local. No obstante, la prevención y el seguimiento de las condiciones atmosféricas continúan siendo herramientas clave para mitigar cualquier posible afectación derivada de este fenómeno climático.

Mapa de días con granizo al año



Días con heladas

El municipio de Tolcayuca, en Hidalgo, presenta un clima en el que las heladas ocurren entre 1 y 60 días al año, lo que indica que, aunque las bajas temperaturas son relativamente frecuentes, el número de días con heladas no es tan alto como en otras regiones con climas más extremos. Este rango sugiere que las heladas son eventos esporádicos, generalmente limitados a los meses de invierno, especialmente durante las noches y primeras horas de la mañana cuando las temperaturas alcanzan su punto más bajo.

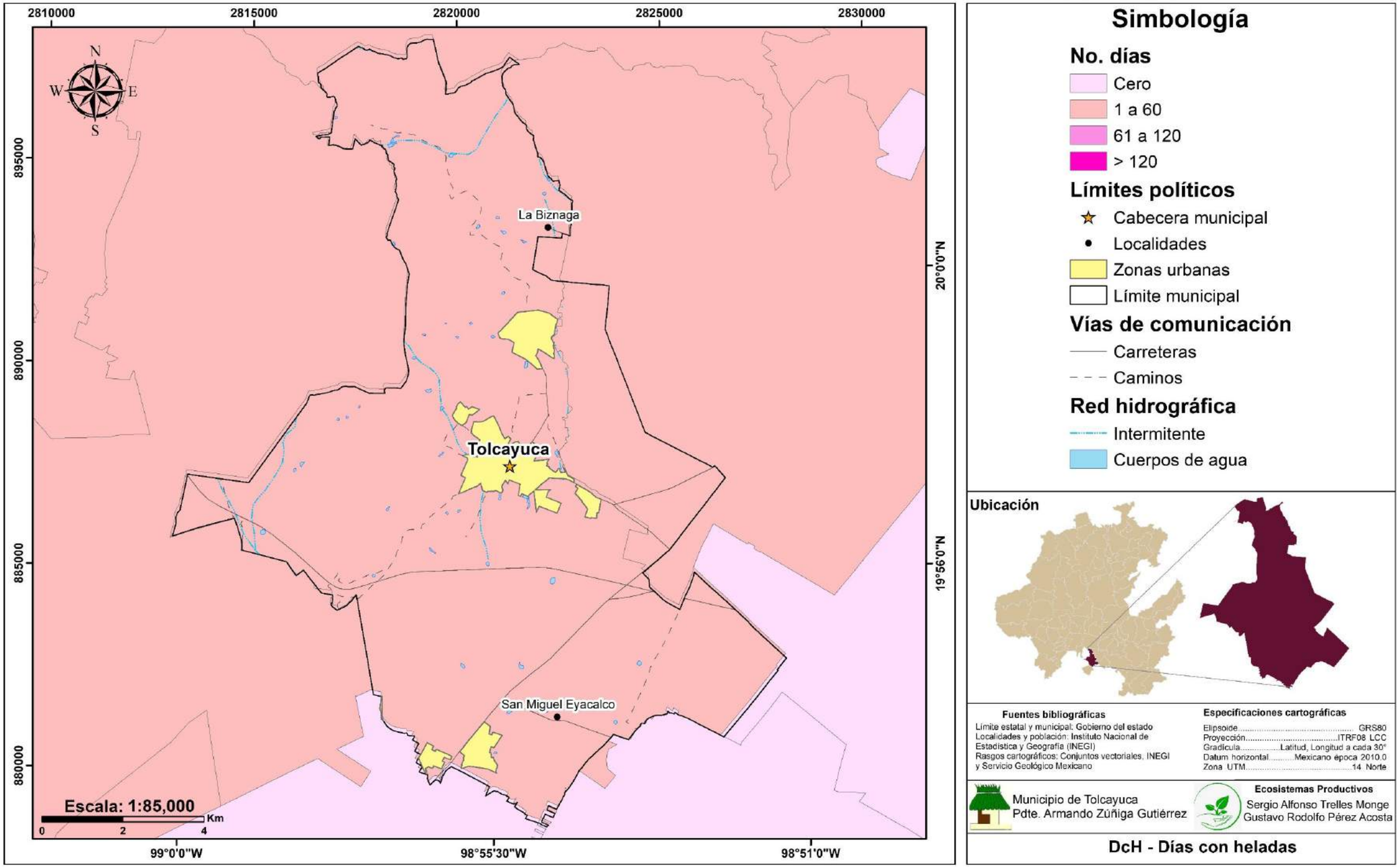
Aunque el número de días con heladas es menor en comparación con otras áreas, este fenómeno aún puede tener un impacto considerable en la agricultura local. Los cultivos de hortalizas, frutas y granos pueden ser vulnerables durante las heladas, ya que las bajas temperaturas pueden dañar las plantas, afectar su crecimiento o reducir la calidad de los frutos. Sin embargo, los daños son generalmente menores en comparación con zonas con un mayor número de días de heladas.

En cuanto a la infraestructura, las heladas en Tolcayuca pueden afectar principalmente a las instalaciones de agua potable, especialmente en áreas rurales o donde las viviendas no están bien preparadas para las bajas temperaturas. La congelación de las tuberías y otros sistemas de agua podría generar interrupciones en el suministro, lo que representa un reto para las comunidades durante los meses más fríos.

Para mitigar los efectos de las heladas, es importante que los agricultores implementen prácticas de protección, como el uso de cobertores o sistemas de riego que ayuden a evitar el daño a los cultivos. Además, en términos de infraestructura, sería recomendable mejorar el aislamiento de las viviendas y asegurarse de que las redes de agua estén protegidas de las temperaturas extremas.

A pesar de que el número de días con heladas en Tolcayuca no es tan elevado, el fenómeno aún puede generar impactos, especialmente en el sector agrícola y en la infraestructura básica. Con estrategias preventivas y medidas adecuadas, es posible reducir estos efectos y asegurar la resiliencia de la comunidad ante las heladas invernales.

Mapa días con heladas



índice de días con heladas

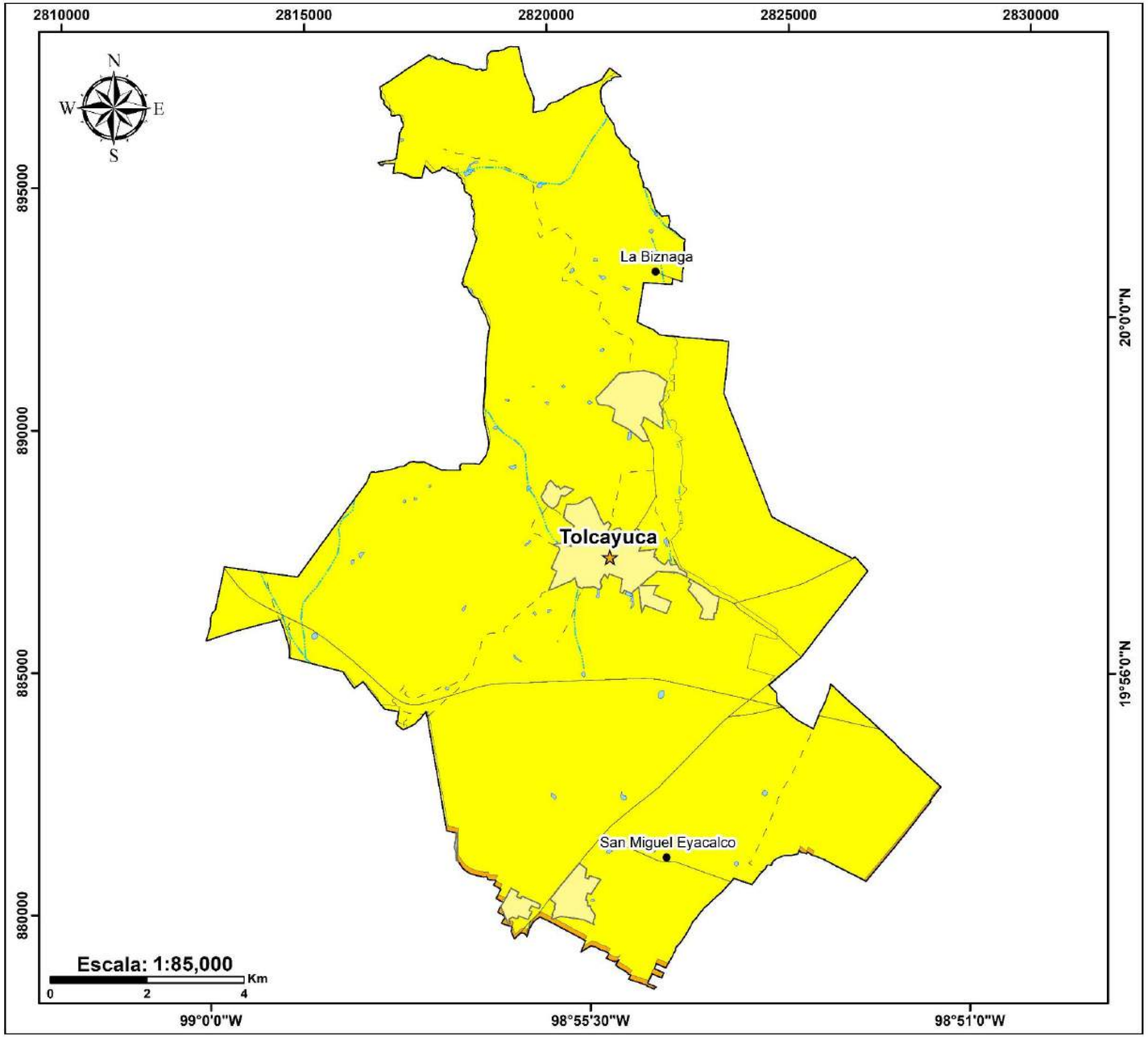
El municipio de Tolcayuca, en el estado de Hidalgo, presenta un índice medio de días con heladas durante la temporada invernal. Este fenómeno se debe a la interacción entre las condiciones climáticas propias de la región y la influencia de las bajas temperaturas que predominan en los meses de noviembre a marzo. Aunque el municipio no se encuentra en una zona de alta altitud, las heladas son una ocurrencia recurrente, especialmente en áreas rurales y en los alrededores de cuerpos de agua, donde las temperaturas suelen descender por debajo de los 0°C durante las noches más frías.

El índice de días con heladas en Tolcayuca se considera medio, ya que las heladas no son constantes, pero sí presentan una frecuencia suficiente como para tener un impacto sobre la agricultura local, especialmente en cultivos sensibles a bajas temperaturas como frutas y hortalizas. La formación de heladas se ve favorecida por las características del clima semiseco del municipio, que, combinadas con la presencia de vientos fríos provenientes del norte, provocan descensos significativos de temperatura durante la madrugada.

En las áreas urbanas, las heladas tienden a afectar principalmente a las zonas más expuestas o de menor altitud, mientras que las áreas elevadas del municipio son menos propensas a sufrir heladas severas. A pesar de que el impacto en la población es relativamente bajo, los efectos en la agricultura pueden ser más notables, pues las heladas pueden causar daños a las cosechas, afectando la producción local y generando pérdidas económicas para los agricultores.

Para mitigar los efectos de las heladas, es importante contar con estrategias como la protección de cultivos, el uso de técnicas agrícolas adaptativas y la sensibilización de la población sobre la prevención de daños. Con un índice medio de días con heladas, Tolcayuca debe seguir implementando medidas preventivas para proteger tanto a la población como a los recursos agrícolas frente a este fenómeno climático.

Mapa de índice de días con heladas



Simbología
Índice de días con heladas

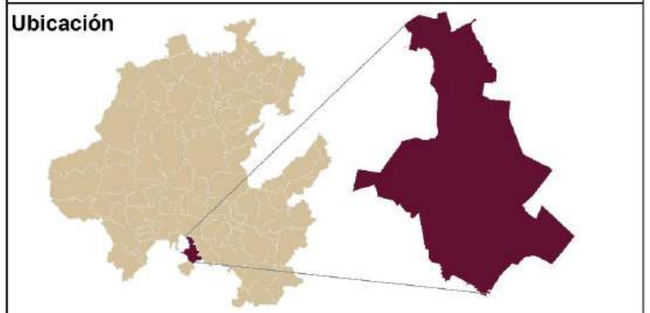
Índice
- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ÍDcH - Índice de días con heladas

Frecuencia por tormentas de nieve

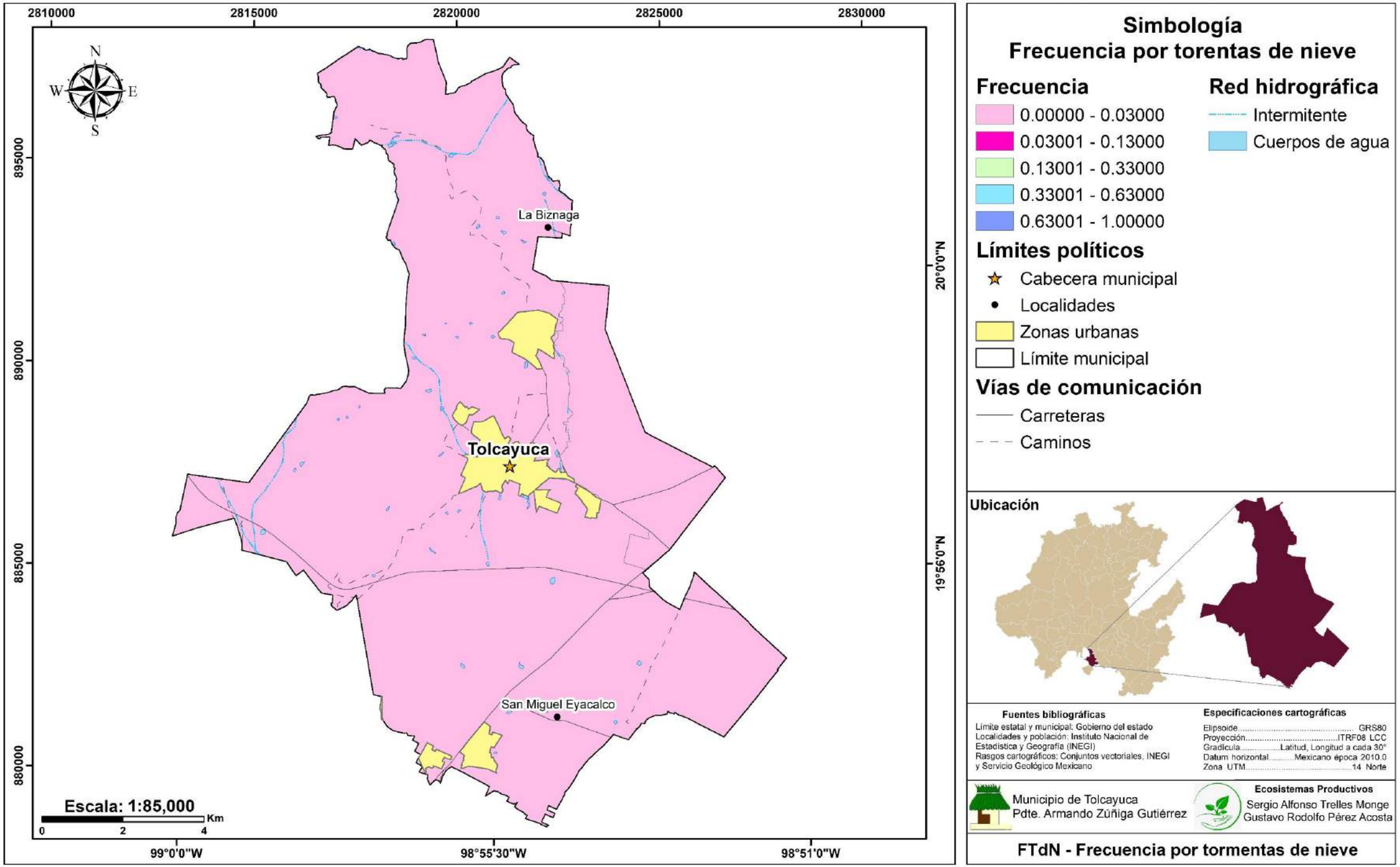
El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, presenta una frecuencia extremadamente baja de tormentas de nieve, con un rango que oscila entre 0.00000 y 0.03000. Debido a sus condiciones geográficas y climáticas, la posibilidad de que ocurran nevadas en la región es prácticamente nula, ya que las temperaturas invernales, aunque pueden descender, no alcanzan los niveles necesarios para la formación de nieve de manera significativa.

Tolcayuca se encuentra en una zona donde los frentes fríos pueden generar descensos de temperatura, pero no con la intensidad suficiente para propiciar nevadas. A diferencia de regiones más elevadas del estado de Hidalgo, donde la nieve puede presentarse de forma esporádica, en Tolcayuca estos fenómenos son sumamente raros y, en caso de ocurrir, su impacto sería mínimo. La única posibilidad de que se presente nieve en el municipio dependería de condiciones meteorológicas excepcionales, como la combinación de una masa de aire polar con altos niveles de humedad, un escenario poco probable en la región.

Dado que la ocurrencia de tormentas de nieve en Tolcayuca es prácticamente inexistente, los impactos asociados a este fenómeno son irrelevantes para la población. En comparación con municipios de mayor altitud, donde la nieve puede afectar la infraestructura, la agricultura y la movilidad, en Tolcayuca no representa un riesgo significativo. Sin embargo, es importante que las autoridades y la población mantengan un monitoreo constante de las condiciones meteorológicas durante la temporada invernal para prevenir cualquier eventualidad asociada con temperaturas extremas o eventos climáticos inusuales.

En conclusión, aunque la posibilidad de tormentas de nieve en Tolcayuca es mínima, la vigilancia climática sigue siendo una herramienta clave para garantizar la seguridad de la comunidad ante cualquier fenómeno meteorológico atípico. Las estrategias de prevención deben centrarse en otros riesgos invernales más relevantes, como heladas o bajas temperaturas, que podrían impactar a la población y las actividades económicas locales.

Mapa de frecuencia por tormentas de nieve



Días con tormentas eléctricas

El municipio de Tolcayuca, en el estado de Hidalgo, registra entre 20 y 29 días con tormentas eléctricas al año, concentrados principalmente en la temporada de lluvias, que abarca de mayo a octubre. Estas tormentas se forman debido a la interacción de corrientes de aire cálido y húmedo con masas de aire frío en altura, lo que favorece el desarrollo de nubes cumulonimbus, responsables de la actividad eléctrica en la región.

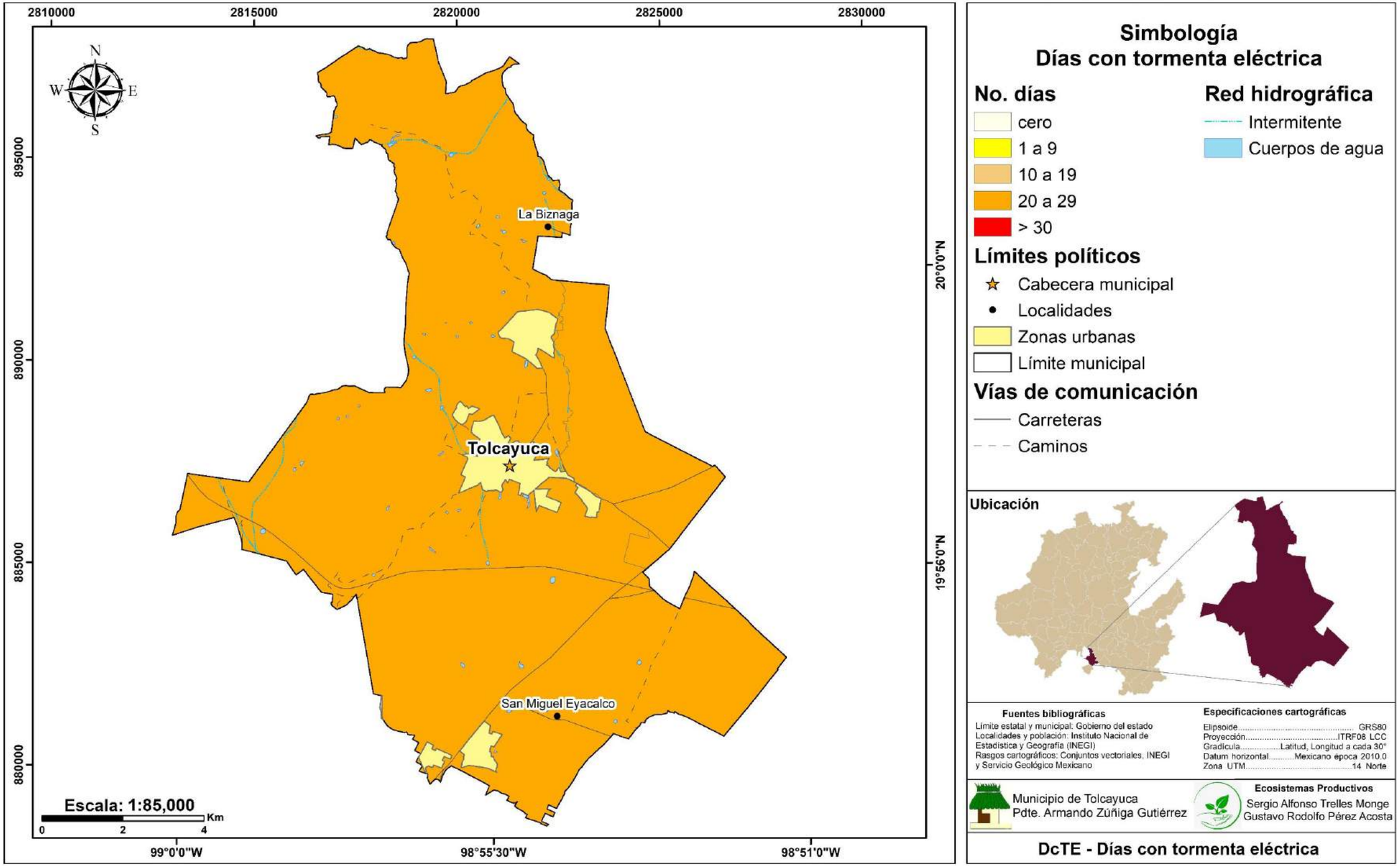
Las tormentas eléctricas en Tolcayuca suelen presentarse con lluvias de moderadas a fuertes, ráfagas de viento y, en algunas ocasiones, caída de granizo. Aunque este fenómeno no representa un riesgo extremo en el municipio, puede ocasionar afectaciones en la infraestructura urbana y rural. Entre los principales impactos se encuentran interrupciones en el suministro eléctrico, daños en equipos electrónicos y posibles incendios provocados por descargas atmosféricas en zonas vulnerables.

El sector agrícola y pecuario también puede experimentar efectos derivados de las tormentas eléctricas. Si bien las lluvias contribuyen al riego natural de los cultivos, su intensidad puede provocar encharcamientos, erosión del suelo e incluso la pérdida de cosechas en casos de precipitaciones extremas. Asimismo, los ganaderos deben tomar precauciones, ya que la exposición del ganado a descargas eléctricas puede representar un riesgo para la producción pecuaria.

Para reducir los impactos negativos de estos fenómenos, es fundamental que Tolcayuca implemente estrategias de monitoreo meteorológico y alerta temprana que permitan a la población prepararse ante la posible ocurrencia de tormentas eléctricas. La difusión de medidas de prevención, como evitar espacios abiertos, refugiarse en lugares seguros y desconectar dispositivos electrónicos durante las tormentas, es clave para minimizar los riesgos. Además, el fortalecimiento de la infraestructura eléctrica y la instalación de pararrayos en puntos estratégicos pueden contribuir a reducir los daños asociados a las descargas eléctricas.

En conclusión, aunque las tormentas eléctricas en Tolcayuca no representan un peligro extremo, su frecuencia moderada exige la implementación de medidas preventivas que protejan a la población, la infraestructura y las actividades económicas del municipio. La preparación y el monitoreo constante ayudarán a mitigar los riesgos y garantizar la seguridad de los habitantes.

Mapa de días con tormenta eléctrica



Zonificación eólica

La zonificación eólica de Tolcayuca, Hidalgo, con vientos que alcanzan entre 100 y 130 km/h, refleja una región que experimenta vientos fuertes en ciertos periodos, particularmente durante eventos meteorológicos extremos como frentes fríos o tormentas intensas. Estos vientos, aunque no tan intensos como los de un huracán, pueden generar riesgos significativos para la infraestructura local, especialmente en áreas no preparadas para soportar ráfagas fuertes.

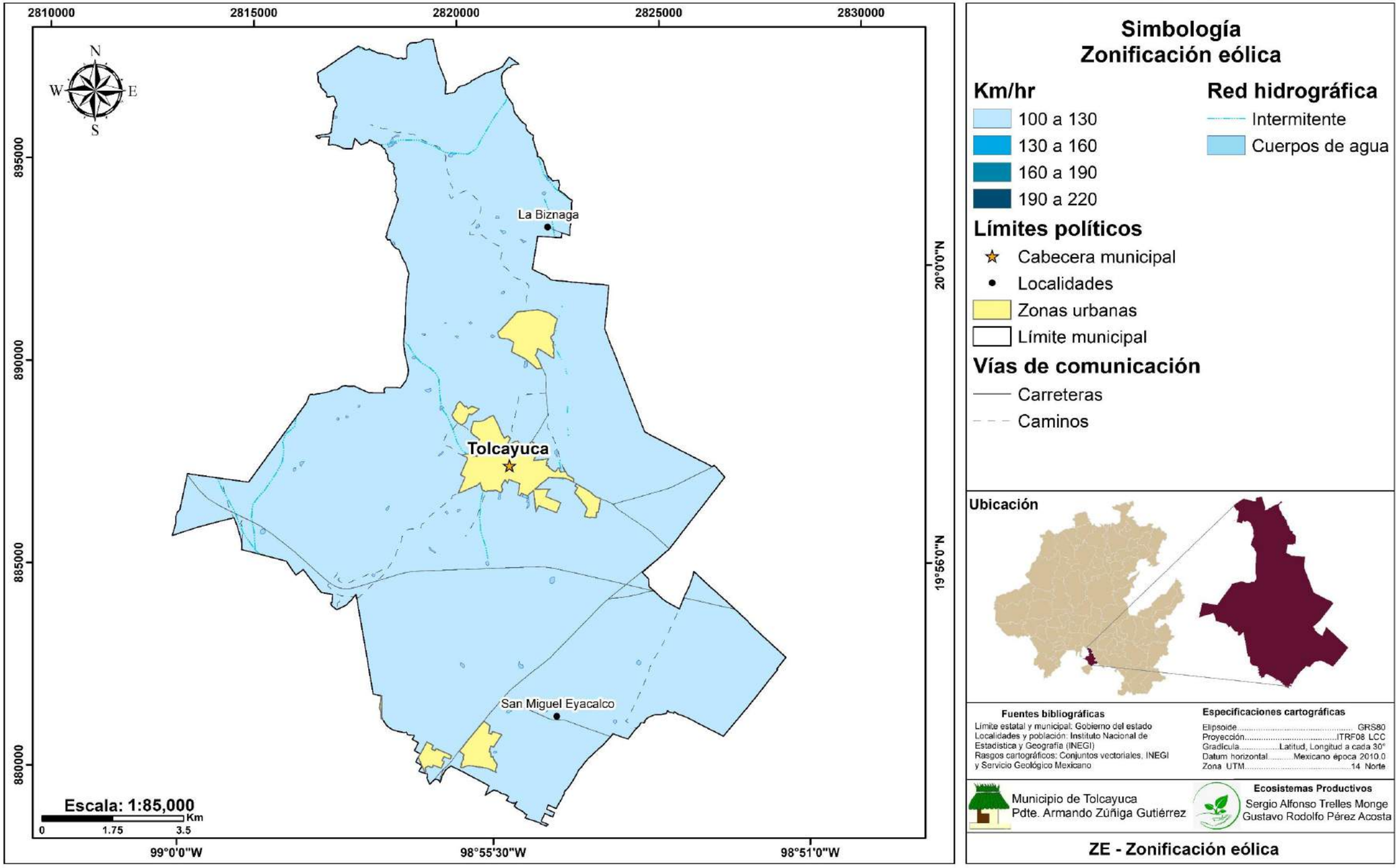
Las áreas en Tolcayuca con este rango de velocidad eólica deben estar preparadas para enfrentar daños en estructuras más vulnerables. Por ejemplo, los techos ligeros o construcciones con materiales menos resistentes podrían ser afectados por las ráfagas de viento. Además, los árboles de gran tamaño o aquellos que no han sido debidamente cuidados o podados, podrían caerse o sufrir daños importantes debido a la fuerza del viento. Esto podría generar bloqueos en las vialidades y dificultades para el acceso a las comunidades.

En el ámbito agrícola, los vientos en este rango de velocidad pueden afectar a cultivos que no están adecuadamente protegidos, especialmente aquellos que se encuentran en su fase de crecimiento o que son susceptibles a los cambios climáticos. La erosión del suelo y la alteración en la estabilidad de los terrenos también podrían representar riesgos para la actividad agrícola, que es un pilar económico importante para la región.

Las infraestructuras viales también se verían impactadas en algunos casos, particularmente aquellas que atraviesan áreas abiertas o rurales, donde el viento puede desestabilizar los elementos más ligeros o provocar el desplazamiento de materiales. Sin embargo, los efectos son menos pronunciados en zonas urbanizadas que cuenten con estructuras más robustas.

Dada la intensidad de estos vientos, es fundamental que el municipio implemente estrategias preventivas, como la mejora de la infraestructura, la poda de árboles en áreas vulnerables y la instalación de medidas de protección para cultivos. Además, la población debe estar preparada ante la posibilidad de tormentas o frentes fríos, mediante la creación de protocolos de seguridad y la preparación de viviendas para resistir las ráfagas de viento. Con una planificación adecuada, los efectos negativos de estos vientos pueden reducirse considerablemente.

Mapa de zonificación eólica



Trayectoria de huracanes

La trayectoria de los huracanes es el camino que siguen a medida que se desplazan por el océano y hacia tierra, y está determinada por factores como las condiciones atmosféricas, la temperatura del agua, la ubicación geográfica.

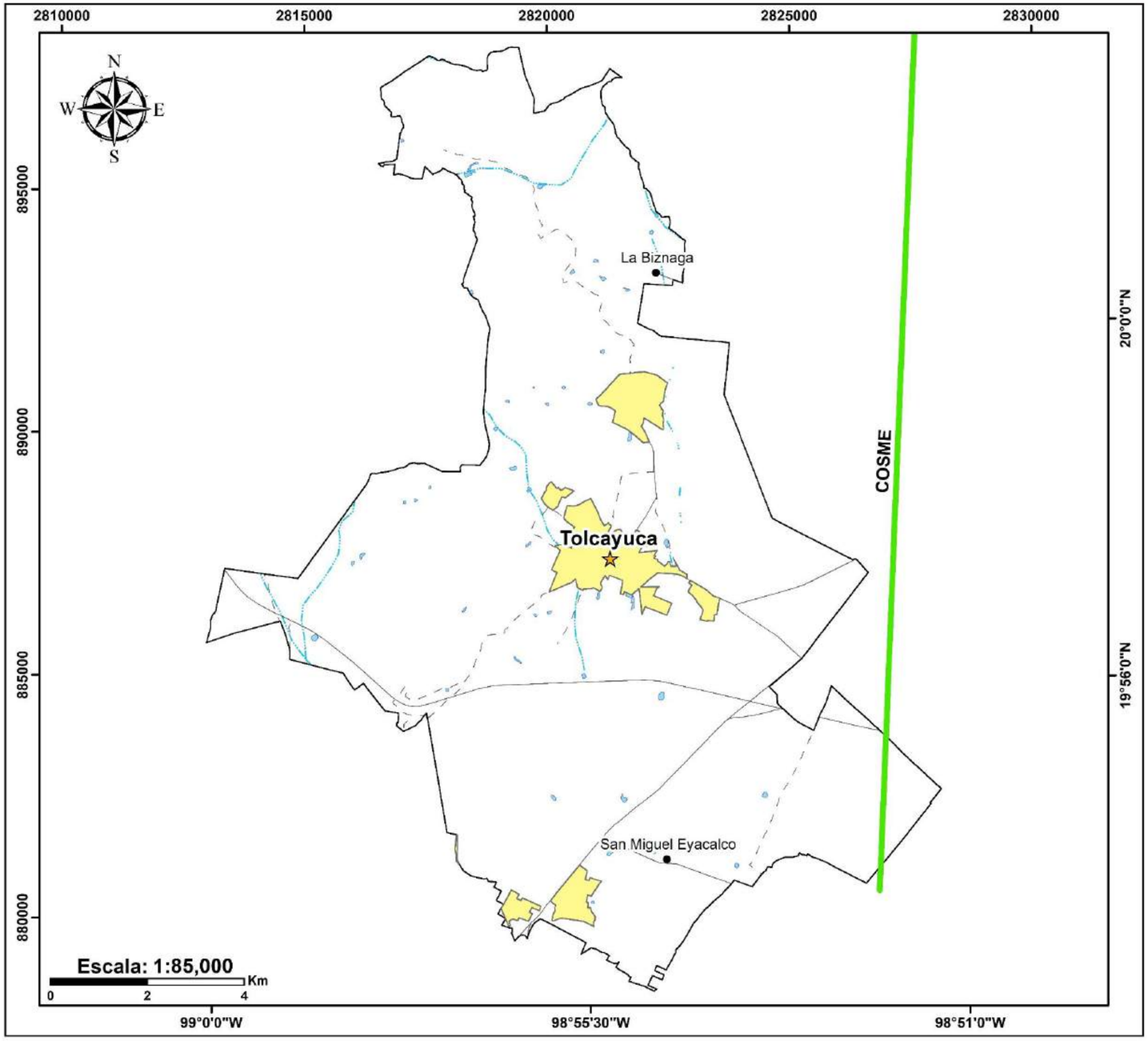
Tolcayuca se encuentra alejado de la costa, lo que generalmente limita la afectación directa por huracanes. Sin embargo, la trayectoria de huracanes que han cruzado el país, como el caso del huracán Cosme en 2014, ha ocasionado efectos indirectos en la región.

Huracanes como Cosme, que se desarrollan en el océano Pacífico y atraviesan el centro de México, pueden generar precipitaciones intensas, vientos fuertes y alteraciones en el clima de las regiones interiores, como Tolcayuca. Aunque el municipio no ha experimentado un impacto directo de huracanes, la influencia de estos fenómenos meteorológicos se siente a través de las bandas nubosas que acompañan a la tormenta, produciendo lluvias que pueden ocasionar inundaciones locales o aumento en los niveles de ríos y arroyos.

El paso de huracanes cerca de Tolcayuca, como ocurrió con Cosme, también puede generar una mayor inestabilidad atmosférica, provocando tormentas eléctricas y ráfagas de viento que, si bien no alcanzan los niveles de un impacto directo, pueden afectar la infraestructura y las actividades al aire libre.

Aunque el riesgo directo de huracanes en Tolcayuca es bajo, el monitoreo constante de las trayectorias de estos fenómenos es crucial para anticipar sus efectos y tomar medidas preventivas adecuadas, protegiendo a la población y la infraestructura ante posibles lluvias intensas o vientos derivados de la tormenta.

Mapa de trayectoria de huracanes



Simbología

- Trayectoria de huracanes

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

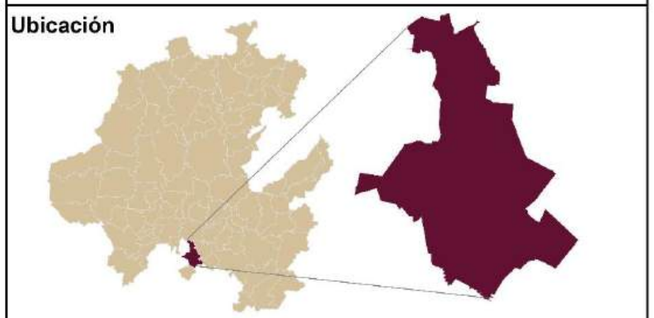
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Tdh - Trayectoria de huracanes

CAPÍTULO IV. CARACTERIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS SOCIALES, ECONÓMICOS, DEMOGRÁFICOS Y MARCO GEOESTADÍSTICO

Dinámica demográfica

La dinámica demográfica estudia las interacciones entre la estructura por edad y sexo de una población y su movilidad, influenciada por fenómenos como nacimientos, defunciones y migraciones. De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica del Estado de Hidalgo (SIGEH, 2023), en 2020 el municipio de Tolcayuca registró una población total de 21,362 habitantes. De estos, el 51.8% correspondió a mujeres (11,058 personas) y el 48.2% a hombres (10,304 personas), lo que refleja una leve mayoría femenina en la composición poblacional (Secretaría de Economía, 2025; SIGEH, 2025).

En términos de estructura etaria, los grupos de edad que concentraron mayor población fueron los de 10 a 14 años (1,981 habitantes), 5 a 9 años (1,943 habitantes) y 15 a 19 años (1,833 habitantes), los cuales en conjunto representaron el 26.9% de la población total del municipio (Secretaría de Economía, 2025). Al desagregar los datos, se observa que la población infantil (de 0 a 14 años) alcanzó los 5,529 habitantes, equivalente al 25.88% del total municipal. Por su parte, la población juvenil (de 15 a 29 años) sumó 5,190 habitantes, es decir, 24.30%, mientras que la población adulta mayor (de 60 años y más) ascendió a 2,175 personas, lo que corresponde al 10.18% (SIGEH, 2025).

Estos porcentajes indican una base poblacional predominantemente joven, con una proporción menor de adultos mayores, lo que sugiere oportunidades para fortalecer políticas públicas en áreas como educación, inserción laboral juvenil y atención a la tercera edad. Asimismo, el análisis demográfico de Tolcayuca permite identificar patrones clave para la planeación estratégica, la gestión de riesgos y el diseño de programas sociales que respondan a las necesidades específicas de sus habitantes.

Proyección de la población

La proyección de la población es un análisis esencial para planificar estrategias de desarrollo y políticas públicas, ya que permite anticipar las necesidades futuras en términos de servicios básicos, infraestructura y recursos. Para el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se estimó la proyección poblacional 2020-2035 utilizando datos históricos del periodo 2010-2020. Según la Secretaría de Economía (2023), en 2020 la población ascendió a 21,362 habitantes (48.2% hombres y 51.8% mujeres), lo que representa un crecimiento del 61.5% respecto a 2010, cuando el municipio registraba 13,225 habitantes.

Con base en esta tasa de crecimiento histórica, se calculó una tasa anual promedio del 4.9% para el periodo 2010-2020, la cual se aplicó para proyectar la población futura. Bajo un escenario de crecimiento constante, se estima que la población de Tolcayuca alcanzaría aproximadamente 26,100 habitantes en 2025, 32,400 en 2030 y 40,200 en 2035. Estas proyecciones asumen que factores como natalidad, mortalidad y migración se mantendrán alineados con las tendencias de la última década, aunque es importante considerar posibles variaciones debido a cambios socioeconómicos o políticas públicas.

La proyección demográfica de Tolcayuca resalta un crecimiento acelerado, lo que exige una planificación estratégica para garantizar la sostenibilidad en servicios como agua potable, educación, salud y transporte. Además, este análisis refuerza la necesidad de implementar políticas que equilibren el desarrollo urbano-rural y atiendan las demandas de una población en expansión, especialmente en grupos prioritarios como jóvenes y adultos mayores.

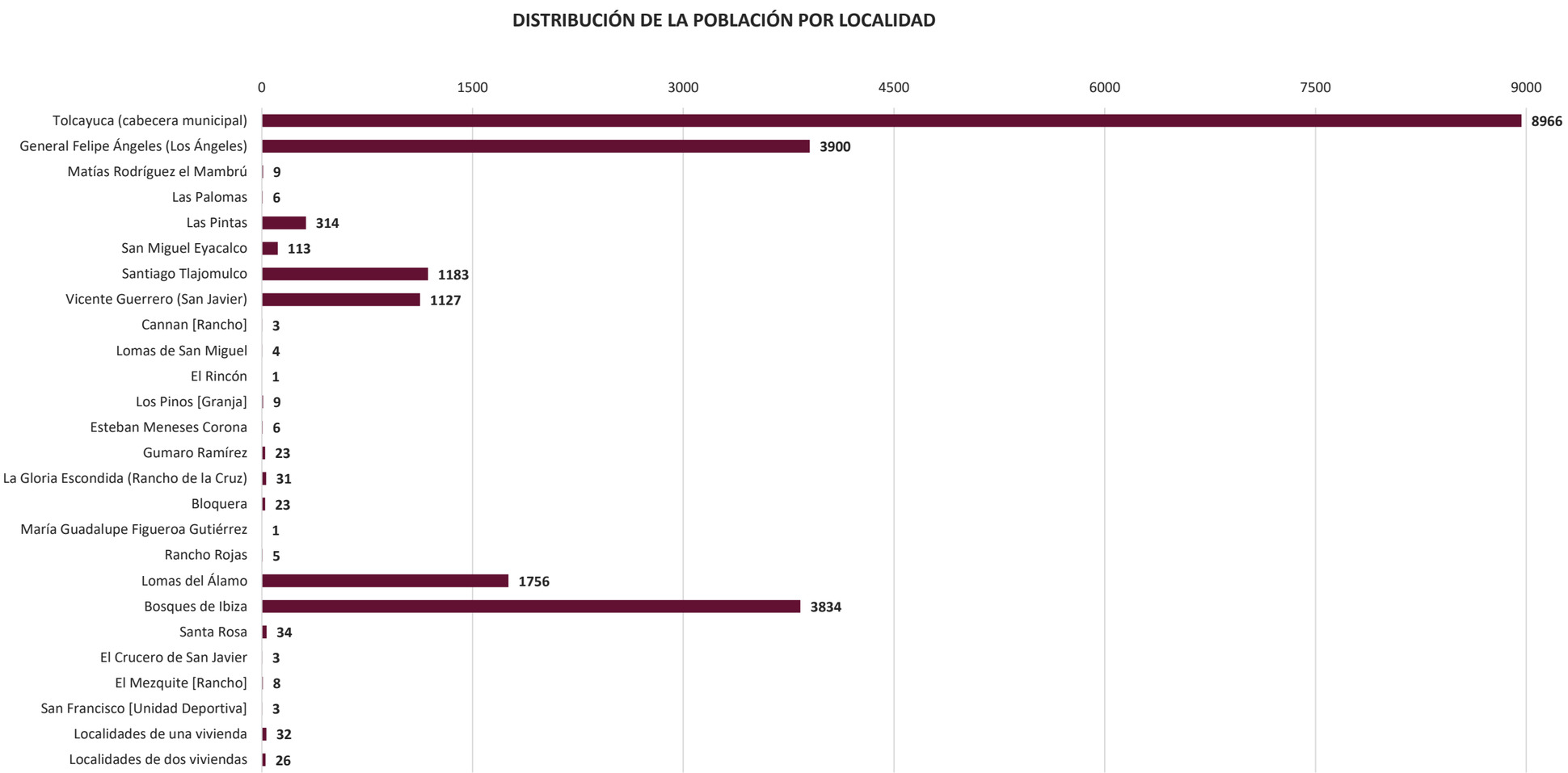
Distribución de la población

La distribución territorial se refiere a la manera en que la población se distribuye en el territorio, ocupando diversos tipos de asentamientos, lo que genera cambios demográficos y necesidades específicas en el uso de recursos e infraestructura. En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, la población se organiza en 25 localidades registradas, con una marcada concentración en zonas urbanas y una amplia dispersión en áreas rurales. Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI] (2023), la cabecera municipal, Tolcayuca, es la localidad más poblada con 8,966 habitantes, lo que representa aproximadamente el 42% de la población total del municipio. Le siguen en importancia General Felipe Ángeles (Los Ángeles) con 3,900 habitantes, Bosques de Ibiza con 3,834 habitantes y Lomas del Álamo con 1,756 habitantes, que en conjunto suman cerca del 60% de la población municipal.

En contraste, 19 localidades tienen menos de 100 habitantes, y algunas incluso registran poblaciones mínimas, como Las Palomas (6 habitantes), El Rincón (1 habitante) o Cannan [Rancho] (3 habitantes). Además, existen localidades con una o dos viviendas, donde residen entre 1 y 6 personas, lo que refleja una dinámica de dispersión rural extrema. Por ejemplo, Localidades de una vivienda albergan 32 habitantes, y Localidades de dos viviendas suman 26 personas. Estas cifras evidencian una estructura territorial dual: una concentración urbana en las localidades principales y una dispersión rural en pequeñas comunidades, muchas de ellas con menos de 10 habitantes.

Distribución de la población por localidad 2020, Tolcayuca, Hidalgo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL
Tolcayuca (cabecera municipal)	8966
General Felipe Ángeles (Los Ángeles)	3900
Matías Rodríguez el Mambrú	9
Las Palomas	6
Las Pintas	314
San Miguel Eyacalco	113
Santiago Tlajomulco	1183
Vicente Guerrero (San Javier)	1127
Cannan [Rancho]	3
Lomas de San Miguel	4
El Rincón	1
Los Pinos [Granja]	9
Esteban Meneses Corona	6
Gumaro Ramírez	23
La Gloria Escondida (Rancho de la Cruz)	31
Bloquera	23
María Guadalupe Figueroa Gutiérrez	1
Rancho Rojas	5
Lomas del Álamo	1756
Bosques de Ibiza	3834
Santa Rosa	34
El Crucero de San Javier	3
El Mezquite [Rancho]	8
San Francisco [Unidad Deportiva]	3
Localidades de una vivienda	32
Localidades de dos viviendas	26



Distribución de la población por localidad 2020, Tolcayuca, Hidalgo.

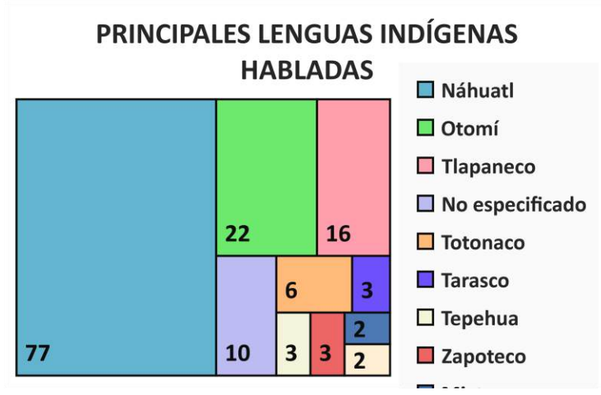
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

Densidad de la población

La densidad poblacional es un indicador clave para analizar la dinámica demográfica, el uso del suelo y la distribución de recursos en un territorio. Este indicador se calcula dividiendo el número total de habitantes entre la superficie del municipio. De acuerdo con el Sistema de Información Geográfica del Estado de Hidalgo (SIGEH, 2023), Tolcayuca tiene una superficie de 128.80 km^2 y una población de 21,362 habitantes (registrada en 2020), lo que resulta en una densidad poblacional de 165.85 habitantes por kilómetro cuadrado. Además, el promedio de ocupación por vivienda en el municipio es de 3.54 personas, un dato relevante para evaluar las necesidades de vivienda y servicios básicos.

Esta densidad, refleja una combinación de zonas urbanas con alta concentración poblacional y áreas rurales con menor ocupación. Por ejemplo, la cabecera municipal (Tolcayuca) y localidades como Bosques de Ibiza o General Felipe Ángeles concentran más del 60% de la población, mientras que numerosas comunidades rurales tienen menos de 100 habitantes. Esta disparidad territorial plantea retos en la planeación urbana, especialmente para garantizar acceso equitativo a servicios como agua potable, transporte y educación, tanto en zonas urbanas como en las más dispersas.

El análisis de la densidad poblacional en Tolcayuca, junto con el promedio de ocupación por vivienda, permite identificar prioridades para políticas públicas, como la expansión de infraestructura en áreas de rápido crecimiento y el fortalecimiento de programas sociales en comunidades rurales. Estos datos subrayan la importancia de estrategias que equilibren el desarrollo urbano con la sostenibilidad ambiental y social.



Población indígena

A lo largo de la historia, los pueblos indígenas de México han enfrentado desplazamientos, transformaciones culturales y procesos de pérdida identitaria. Sin embargo, su riqueza cultural persiste, principalmente a través de sus lenguas, las cuales son un eje fundamental de su identidad. En el municipio de Tolcayuca, la población indígena representa una minoría demográfica, pero su presencia sigue siendo un componente valioso de la diversidad cultural local. Según el Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), en Tolcayuca hay 144 personas de 3 años o más que hablan al menos una lengua indígena, lo que equivale al 0.67% de la población total del municipio.

Las lenguas indígenas más habladas son el náhuatl (77 personas), el otomí (22 personas) y el tlapaneco (16 personas). La distribución de hablantes se concentra principalmente en la cabecera municipal (Tolcayuca), con 122 personas, seguida de General Felipe Ángeles

(Los Ángeles) con 111 personas, y Bosques de Ibiza con 178 personas. Otras localidades, como Santiago Tlajomulco (20 personas) y Vicente Guerrero (San Javier) (16 personas), también registran presencia de hablantes, aunque en menor escala. En contraste, 18 localidades del municipio no cuentan con población hablante de lenguas indígenas, y en algunas, como San Miguel Eyacalco o Gumaro Ramírez, no se registró ningún hablante (INEGI, 2020).

Esta distribución refleja una presencia indígena limitada y altamente focalizada en áreas urbanas o semiurbanas, lo que sugiere desafíos para la preservación de las lenguas originarias en un contexto de reducida transmisión intergeneracional. La baja proporción de hablantes (menos del 1%) evidencia el riesgo de desplazamiento lingüístico, fenómeno asociado a procesos de migración, urbanización y asimilación cultural.

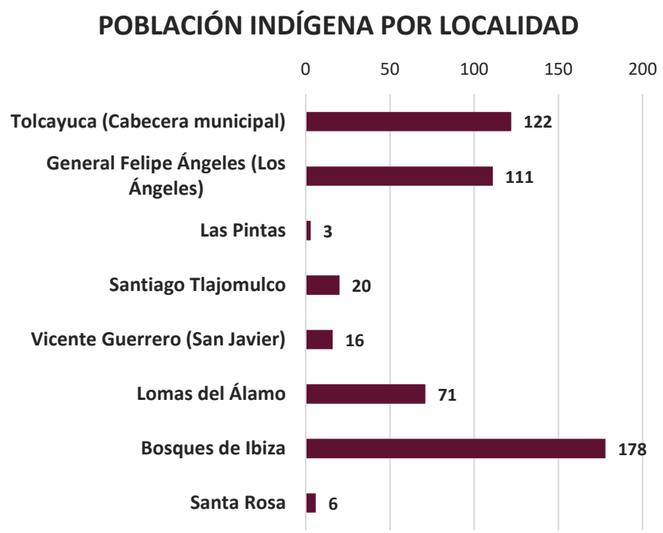
Principales lenguas indígenas habladas por la población de 3 años y más (población total) 2020, Tolcayuca, Hidalgo.
Fuente: Secretaría de Economía. (2025). Tolcayuca, Hidalgo: Perfil geográfico. Datas México.

Pese a lo anterior, la existencia de comunidades que mantienen prácticas lingüísticas, incluso en localidades como Las Pintas (3 hablantes) o Lomas del Álamo (71 hablantes), subraya la importancia de implementar políticas públicas que fomenten la revitalización cultural y lingüística, garantizando el derecho de los pueblos originarios a preservar su identidad en el municipio.

LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL
Tolcayuca (Cabecera municipal)	122
General Felipe Ángeles (Los Ángeles)	111
Matías Rodríguez el Mambrú	*
Las Palomas	*
Las Pintas	3
San Miguel Eyacalco	0
Santiago Tlajomulco	20
Vicente Guerrero (San Javier)	16
Cannan [Rancho]	*
Lomas de San Miguel	*
El Rincón	*
Los Pinos [Granja]	*
Esteban Meneses Corona	*
Gumaro Ramírez	0
La Gloria Escondida (Rancho de la Cruz)	0
Bloquera	0
María Guadalupe Figueroa Gutiérrez	*
Rancho Rojas	*
Lomas del Álamo	71
Bosques de Ibiza	178
Santa Rosa	6
El Crucero de San Javier	*
El Mezquite [Rancho]	*
San Francisco [Unidad Deportiva]	*
Localidades de una vivienda	0
Localidades de dos viviendas	0

Población en hogares censales indígenas por localidad 2020, Tolcayuca, Hidalgo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

* *Datos reservados por confidencialidad*



Población en hogares censales indígenas por localidad 2020, Tolcayuca, Hidalgo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

Población de 60 años y más

El envejecimiento de la población es un aspecto relevante en el análisis demográfico. Según los datos del Censo de Población y Vivienda 2020 del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2020), el municipio de Tolcayuca registró una población de 2,175 personas de 60 años y más, equivalente al 10.18% de su población total. Este grupo etario se distribuye de manera desigual en las localidades del municipio, con concentraciones significativas en zonas urbanas y semiurbanas.

La cabecera municipal, Tolcayuca, alberga la mayor población de adultos mayores, con 1,056 personas, seguida de General Felipe Ángeles (Los Ángeles) con 468 habitantes y Bosques de Ibiza con 164 habitantes. Otras localidades con presencia relevante incluyen Vicente Guerrero (San Javier) con 151 personas, Santiago Tlajomulco con 143 habitantes y Lomas del Álamo con 110 habitantes. En contraste, 14 localidades registran menos de 10 adultos mayores, y algunas, como Bloquera o San Miguel Eyacalco, no cuentan con población en este grupo de edad. Además, en comunidades rurales como Las Palomas, El Rincón o Matías Rodríguez el Mambrú, los datos no fueron especificados o son mínimos (INEGI, 2020).

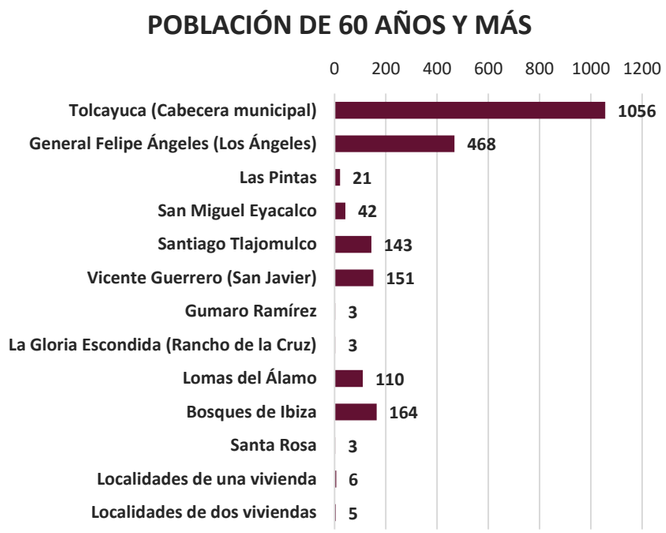
Este grupo etario es prioritario para el diseño de políticas públicas que aborden necesidades en salud, seguridad social, vivienda y acceso a servicios básicos. La concentración en áreas urbanas sugiere la importancia de fortalecer infraestructura médica y programas de atención geriátrica en dichas zonas, mientras que la dispersión en comunidades rurales exige estrategias focalizadas para garantizar cobertura equitativa.

LOCALIDAD	POBLACIÓN TOTAL
Tolcayuca (Cabecera municipal)	1056
General Felipe Ángeles (Los Ángeles)	468
Matías Rodríguez el Mambrú	*
Las Palomas	*
Las Pintas	21
San Miguel Eyacalco	42
Santiago Tlajomulco	143
Vicente Guerrero (San Javier)	151
Cannan [Rancho]	*
Lomas de San Miguel	*
El Rincón	*
Los Pinos [Granja]	*
Esteban Meneses Corona	*
Gumaro Ramírez	3
La Gloria Escondida (Rancho de la Cruz)	3
Bloquera	0
María Guadalupe Figueroa Gutiérrez	*
Rancho Rojas	*
Lomas del Álamo	110
Bosques de Ibiza	164
Santa Rosa	3
El Crucero de San Javier	*
El Mezquite [Rancho]	*

San Francisco [Unidad Deportiva]	*
Localidades de una vivienda	6
Localidades de dos viviendas	5

Distribución de la población de 60 años y más 2020, Tolcayuca, Hidalgo. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

* *Datos reservados por confidencialidad*



Población de 60 años y más 2020, Tolcayuca, Hidalgo.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de Población y Vivienda 2020: Principales resultados por localidad (ITER).

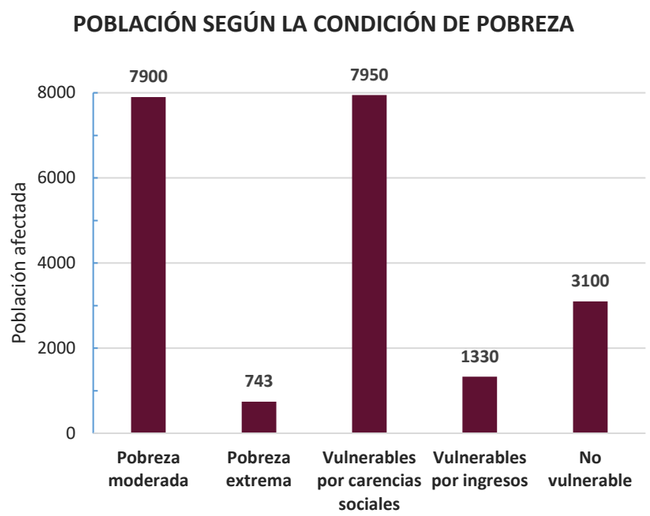
Pobreza y hacinamiento

El análisis de las condiciones socioeconómicas en Tolcayuca revela desafíos importantes en materia de equidad y bienestar. Según la Secretaría de Economía (2023), en 2020, el 37.6% de la población del municipio se encontraba en situación de pobreza moderada, mientras que el 3.54% enfrentaba pobreza extrema. Asimismo, el 37.8% de los habitantes fue clasificado como vulnerable por carencias sociales, y el 6.33% como vulnerable por ingresos. Las principales carencias sociales identificadas fueron la falta de acceso a la seguridad social, la atención médica y la alimentación nutritiva, factores que limitan el desarrollo integral de la población.

En paralelo, datos del Sistema de Información Geográfica del Estado de Hidalgo (2023) indican que, en el mismo año, Tolcayuca registró 6,003 viviendas particulares habitadas, de las cuales el 26.59% presentó condiciones de hacinamiento. Este fenómeno, vinculado a la falta de espacio digno en los hogares, agrava las desigualdades y refleja la necesidad de políticas de vivienda accesible y mejoramiento urbano.

Marginación

La marginación es un indicador compuesto que permite identificar el nivel de exclusión social, económica y cultural de una población, integrando variables como acceso a educación, salud, calidad de vivienda e ingresos (CONAPO, 2020). En el caso de Tolcayuca, el índice de marginación en 2020 fue de 57.9525, clasificado bajo el grado de marginación "muy bajo" según datos del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021). A pesar de esta clasificación favorable, persisten desafíos en el acceso a oportunidades y servicios básicos para sectores de la población.



Distribución de personas según la condición de pobreza 2020, Tolcayuca, Hidalgo.
Fuente: Secretaría de Economía. (2025). Tolcayuca: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México.

En detalle, 3.31% de las personas de 15 años o más son analfabetas, y 25.24% no han completado la educación básica. En materia de servicios básicos, 0.32% de los hogares carecen de drenaje y excusado, 0.18% no tienen energía eléctrica y 0.32% viven sin agua entubada. Además, 16.83% de las viviendas presentan hacinamiento y 0.82% tienen pisos de tierra, condiciones que reflejan desigualdades en la calidad de vida.

Otros factores relevantes son que 58.03% de la población reside en localidades menores a 5,000 habitantes, lo que limita su acceso a infraestructura urbana, y 75.46% de la población ocupada percibe ingresos de hasta dos salarios mínimos, evidenciando precariedad laboral. Estos datos, aunque indican un avance en términos generales, subrayan la necesidad de políticas focalizadas para reducir brechas en educación, empleo digno y acceso a servicios en comunidades rurales y periurbanas.

Educación

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, la educación refleja contrastes significativos entre localidades urbanas y rurales. Según datos de la Secretaría de Economía (2023), en 2020, los principales grados académicos alcanzados por la población fueron secundaria 5,810 personas, 36.7% del total, primaria 3,750 personas, 23.7% del total y preparatoria o bachillerato general 3,350 personas, 21.2% del total.

POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN ANALFABETA DE 15 AÑOS O MÁS	POBLACIÓN DE 15 AÑOS O MÁS SIN EDUCACIÓN BÁSICA	OCUPANTES EN VIVIENDAS SIN DRENAJE NI EXCUSADO	OCUPNTES EN VIVIENDAS SIN ENERGÍA ELÉCTRICA	OCUPANTES EN VIVIENDAS SIN AGUA ENTUBADA
21,362	3.3089%	25.2416%	0.3155%	0.1789%	0.3202%
VIVIENDAS CON HACINAMIENTO	**OCUPANTES EN VIVIENDAS CON PISO DE TIERRA**	**POBLACIÓN QUE VIVE EN LOCALIDADES MENORES A 5000 HABITANTES**	**POBLACIÓN OCUPADA CON INGRESOS DE HASTA 2 SALARIOS MÍNIMOS**	**ÍNDICE DE MARGINACIÓN, 2020**	**GRADO DE MARGINACIÓN, 2020**
16.8277%	0.8240%	58.0283%	75.4569%	57.9525	MUY BAJO

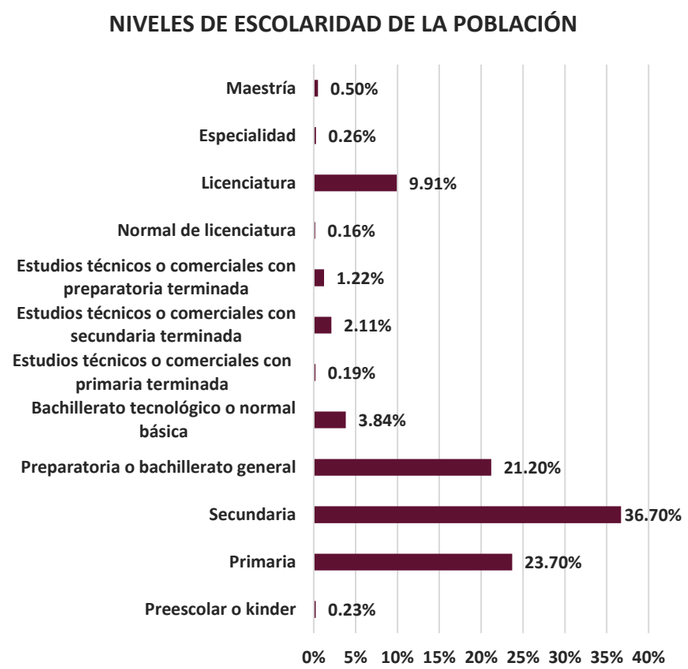
Indicadores de marginación 2020, Tolcayuca, Hidalgo.
Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2021). Indicadores de marginación en Hidalgo.

La cabecera municipal (Tolcayuca) registra un promedio de 9.67 años de escolaridad, mientras que Bosques de Ibiza, una zona urbana en expansión alcanza 10.55 años, superando incluso la media municipal. Otras localidades con indicadores positivos son Santa Rosa (10.22 años) y Lomas del Álamo (9.51 años). En contraste, San Miguel Eyacalco presenta un promedio críticamente bajo de 1.44 años, y Localidades de dos viviendas apenas llega a 8.38 años, cifras que

reflejan rezagos educativos extremos en áreas rurales (Secretaría de Economía, 2023).

Llama la atención que, en localidades pequeñas, como Gumaro Ramírez (8.67 años) o Localidades de una vivienda (8.62 años), los promedios son menores, lo que sugiere limitaciones en acceso a educación media y superior (INEGI, 2020).

La tasa de analfabetismo en Tolcayuca fue del 3.3% en 2020, con una marcada disparidad de género: 60.6% de las personas analfabetas son mujeres, frente al 39.4% de hombres. Este dato, junto con los bajos promedios de escolaridad en comunidades rurales, subraya la urgencia de políticas públicas focalizadas en alfabetización de mujeres adultas, fortalecimiento de infraestructura escolar en áreas marginadas y programas de retención estudiantil.



Niveles de escolaridad de la población 2020 (porcentaje sobre el total de la población de 15 años y más con grado académico), Tolcayuca, Hidalgo. Fuente: Secretaría de Economía. (2025). Niveles de escolaridad en Tolcayuca.

Limitaciones en la actividad y salud

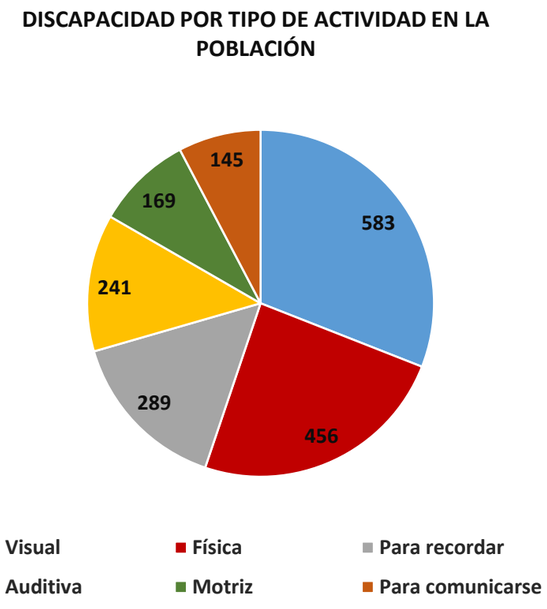
El estado de salud de una población es esencial para su desarrollo social y económico, ya que influye directamente en su calidad de vida y capacidad para realizar actividades cotidianas. En Tolcayuca, las principales discapacidades reportadas en 2020 fueron discapacidad visual (583 personas), discapacidad física (456 personas) y discapacidad cognitiva (dificultad para recordar) (289 personas), según datos de la Secretaría de Economía (2023). Estas cifras demandan estrategias integrales que incluyan servicios médicos especializados, programas de rehabilitación y apoyo psicosocial para mejorar la calidad de vida de estos grupos.

En cuanto al acceso a servicios de salud, las opciones más utilizadas en 2020 fueron los centros de salud u hospitales de la SSA (Seguro Popular) con 8,510 usuarios, seguidos del IMSS (Seguro social) con 5,530 usuarios, y los consultorios adyacentes a farmacias con 3,480 usuarios. Esta distribución refleja una dependencia significativa del sistema público de salud, así como la necesidad de fortalecer la infraestructura médica en zonas con menor cobertura.

Respecto a la afiliación a seguridad social, los seguros que agruparon a más personas fueron el Seguro Popular o para una Nueva Generación (Siglo XXI) con 6,900 afiliados, y los seguros de Pemex, Defensa o Marina con 6,630

personas. No obstante, persisten brechas en la cobertura universal, especialmente en comunidades rurales y entre trabajadores informales, lo que limita el acceso a atención médica oportuna y de calidad.

Estos datos subrayan desafíos críticos: la atención a discapacidades, la ampliación de la cobertura de salud en áreas marginadas y la reducción de desigualdades en la afiliación a seguridad social. Para avanzar, se requieren políticas que prioricen la prevención de discapacidades, la expansión de unidades médicas en localidades rurales y la inclusión de grupos vulnerables en esquemas de protección social.



Discapacidades por tipo de actividad cotidiana en la población 2020, Tolcayuca, Hidalgo.
Fuente: Secretaría de Economía. (2025). Tolcayuca: Economía, empleo, equidad, calidad de vida, educación, salud y seguridad pública. Data México

Empleos e ingresos

De acuerdo con los Principales Resultados por Localidad del Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020), en Tolcayuca la población económicamente activa (PEA) de 12 años y más asciende a 11,800 personas, de las cuales 11,667 están ocupadas y 133 se encuentran desocupadas. La población no económicamente activa (PNEA) suma 6,281 personas, lo que refleja una tasa de desocupación municipal del 1.13%, considerada baja en comparación con promedios estatales.

La cabecera municipal, Tolcayuca, concentra la mayor actividad económica, con 4,374 personas ocupadas (92.8% de su PEA), seguida de Bosques de Ibiza (1,776 ocupados) y General Felipe Ángeles (Los Ángeles) (1,836 ocupados). En contraste, localidades rurales como San Miguel Eyacalco (9 ocupados), Gumaro Ramírez (11 ocupados) o Localidades de una vivienda (13 ocupados) muestran una participación económica mínima, vinculada principalmente a actividades primarias o informales.

La distribución del empleo evidencia una concentración urbana: zonas como Lomas del Álamo (840 ocupados) y Vicente Guerrero (San Javier) (550 ocupados) tienen una base económica diversificada, mientras que comunidades rurales dependen de empleos temporales o agrícolas. Por ejemplo, Las

Pintas (159 ocupados) y Santa Rosa (16 ocupados) enfrentan limitaciones de infraestructura y acceso a empleos formales.

Este panorama subraya la necesidad de políticas que impulsen la generación de empleos formales en zonas rurales, mejoren la capacitación laboral y promuevan la diversificación económica en localidades marginadas. Además, es clave fortalecer la vinculación entre educación y demanda laboral para reducir la vulnerabilidad económica en comunidades como Las Palomas o El Rincón, donde los datos no fueron especificados, pero se presume alta dependencia de actividades primarias

LOCALIDAD	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS ECONÓMICAMENTE ACTIVA	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS OCUPADA	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS NO ECONÓMICAMENTE ACTIVA	POBLACIÓN DE 12 AÑOS Y MÁS DESOCUPADA
Tolcayuca (Cabecera municipal)	4374	4282	2885	92
General Felipe Ángeles (Los Ángeles)	1863	1836	1281	27
Matías Rodríguez el Mambrú	*	*	*	*
Las Palomas	*	*	*	*
Las Pintas	161	159	83	2
San Miguel Eyacalco	9	9	102	0
Santiago Tlajomulco	485	467	485	18
Vicente Guerrero (San Javier)	552	550	352	2
Cannan [Rancho]	*	*	*	*
Lomas de San Miguel	*	*	*	*
El Rincón	*	*	*	*
Los Pinos [Granja]	*	*	*	*
Esteban Meneses Corona	*	*	*	*
Gumaro Ramírez	11	11	4	0
La Gloria Escondida (Rancho de la Cruz)	12	11	13	1
Bloquera	14	14	2	0
María Guadalupe Figueroa Gutiérrez	*	*	*	*
Rancho Rojas	*	*	*	*
Lomas del Álamo	855	840	516	15
Bosques de Ibiza	1816	1776	1020	40
Santa Rosa	16	16	12	0
El Crucero de San Javier	*	*	*	*
El Mezquite [Rancho]	*	*	*	*
San Francisco [Unidad Deportiva]	*	*	*	*
Localidades de una vivienda	13	13	9	0
Localidades de dos viviendas	15	15	7	0

Marco geoestadístico.

Es una herramienta diseñada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) que organiza el territorio de México en áreas delimitadas, como municipios, localidades y Áreas Geoestadísticas Básicas (AGEB). Este sistema ubica con precisión la información recopilada en censos y encuestas, facilitando su uso en la planeación de proyectos, la toma de decisiones, así como el diseño de políticas públicas. Al formar parte del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG), garantiza que los datos sean claros, comparables y útiles en distintos sectores.

Esta compilación de información permite identificar con exactitud las zonas vulnerables y los peligros que afectan al municipio, combinando mapas detallados con información sobre población e infraestructura, para diseñar medidas preventivas ante desastres, mitigación de daños además de responder con mayor eficacia ante posibles emergencias.

Cementerios

Los cementerios son lugares designados para el entierro de los muertos, también conocidos como camposantos, necrópolis o panteones, según la región y la cultura local. Estos sitios están divididos en parcelas o tumbas individuales, donde se colocan los restos humanos, generalmente en ataúdes o urnas, y suelen ser puntos de recuerdo a través de lápidas, monumentos o mausoleos. Además de su función funeraria, los cementerios tienen regulaciones específicas sobre el tipo de enterramiento permitido, la disposición de las tumbas y el mantenimiento, que varían según la localidad y las normativas municipales.

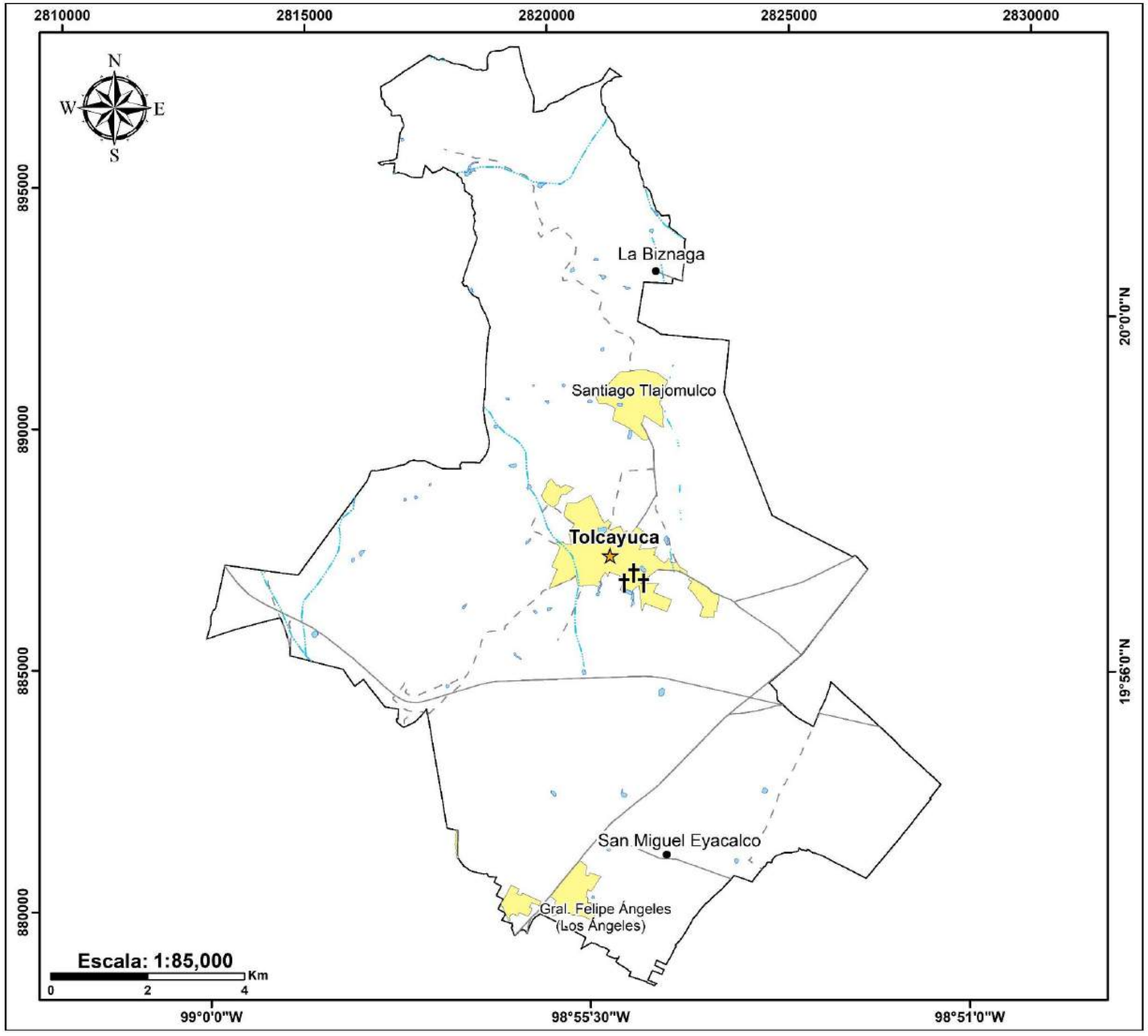
Metodología

La metodología utilizada para incluir los cementerios en el marco geoestadístico del atlas consistió en obtener información georreferenciada de cada punto de interés relacionado con estas zonas. Se identificaron y subcategorizaron los cementerios dentro de los puntos geográficos del municipio y, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se localizó su posición exacta en un mapa digital. Los datos geoespaciales fueron organizados y etiquetados de acuerdo con su ubicación, generando así un mapa que muestra la localización de cada cementerio, facilitando su visualización y análisis para la gestión territorial.

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se localizó 1 cementerio, el cual fue identificado y subcategorizado según su ubicación. Los datos se representaron en un mapa digital que muestra la distribución del cementerio en relación con elementos clave del municipio, como zonas urbanas, infraestructura crítica y redes viales, etc., proporcionando una herramienta visual para facilitar la gestión del territorio y la toma de decisiones a nivel local.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Cementerio

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

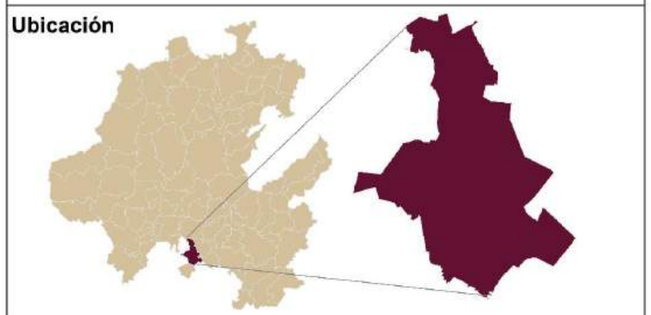
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Cementerios

Centros de asistencia médica

Los centros médicos son establecimientos de salud dedicados a la atención primaria y especializada de la población. Estos pueden incluir hospitales, clínicas, consultorios y centros de salud, y su función principal es ofrecer servicios médicos, quirúrgicos y de diagnóstico a las personas. Además de su rol en la atención sanitaria, los centros médicos también desempeñan una función clave en la promoción de la salud, la prevención de enfermedades y la educación sanitaria. La calidad y accesibilidad de estos servicios son fundamentales para el bienestar de la comunidad, especialmente en zonas rurales o marginadas donde los recursos pueden ser limitados.

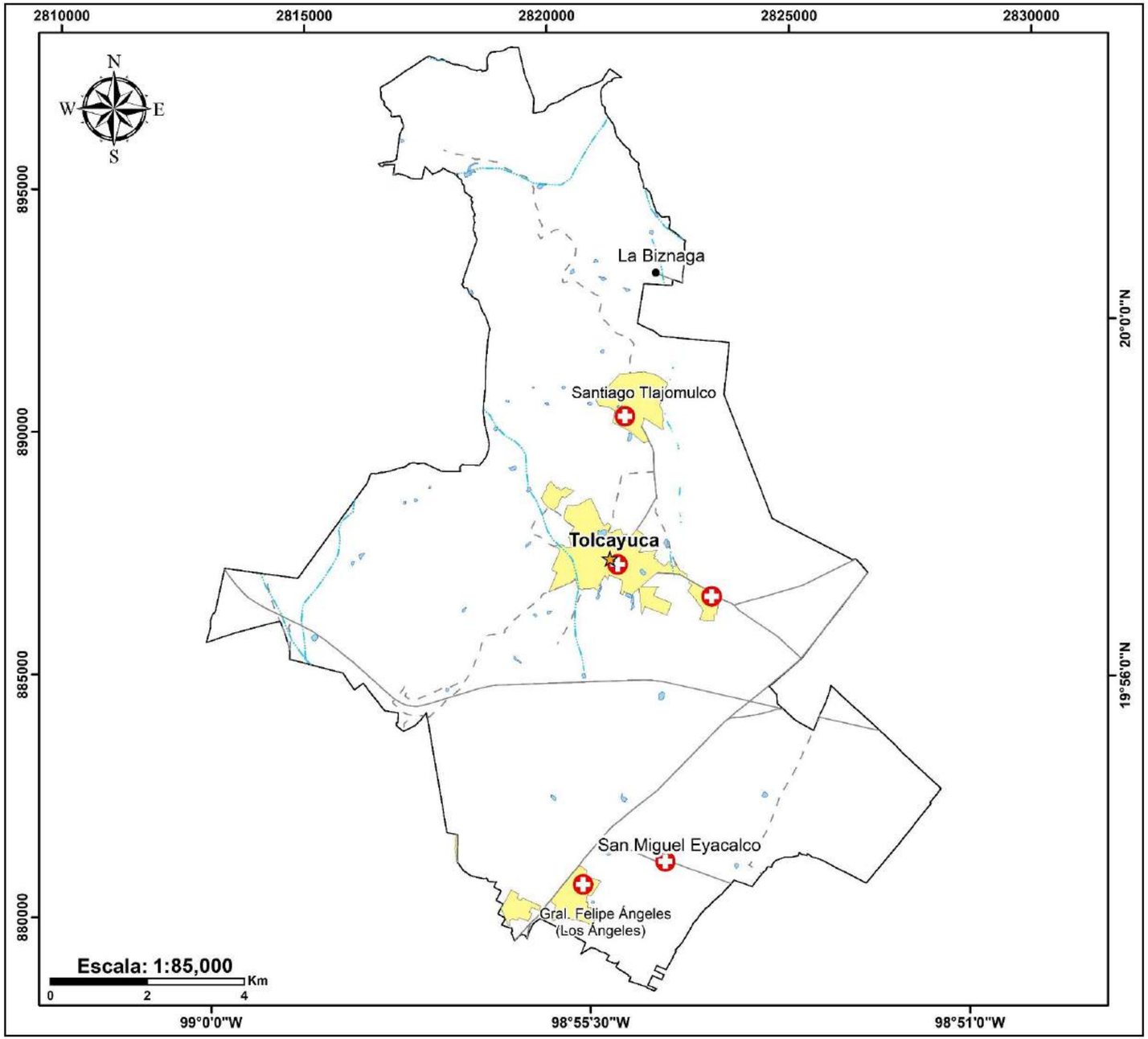
Metodología

La metodología utilizada para incluir centros médicos en el marco geoestadístico consistió en obtener información georreferenciada de cada punto de interés relacionado con estos servicios de salud. Se identificaron y subcategorizaron los centros médicos dentro de los puntos geográficos del municipio, y mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se localizó su ubicación precisa en un mapa digital generando una representación cartográfica que muestra la distribución de los centros médicos en el municipio.

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se identificaron 5 centros médicos, los cuales fueron clasificados y subcategorizados según su posición geográfica. En el marco geoestadístico, la ubicación de los centros médicos es esencial para evaluar su cobertura y distribución en el territorio. La inclusión de estos resultados en el atlas de riesgos facilita la toma de decisiones en políticas públicas, ya que proporciona información crucial para planificar acciones de mitigación en las zonas cercanas a los centros médicos. Además, este análisis espacial ayuda a priorizar intervenciones, como la construcción de nuevos centros de salud o la mejora de la infraestructura de los existentes, asegurando que todos los habitantes tengan acceso a servicios médicos seguros y accesibles, incluso en áreas más vulnerables.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Centro de asistencia médica

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

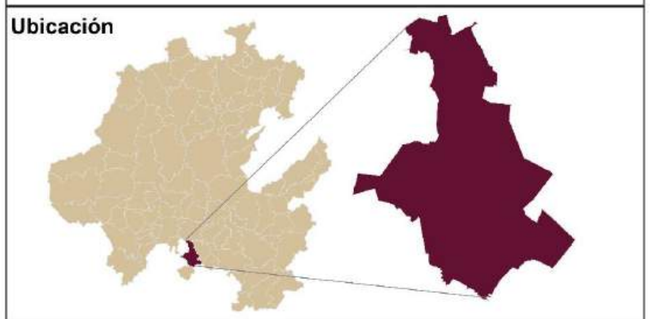
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Centros médicos

Escuelas

Las escuelas son instituciones fundamentales en la formación académica de la población, encargadas de impartir educación en diversos niveles, desde la educación básica hasta la superior. Estas instituciones incluyen desde jardines de niños, escuelas primarias, secundarias, hasta preparatorias y universidades, cada una con un propósito específico en el desarrollo intelectual y social de los estudiantes. Las escuelas juegan un papel crucial en la formación de valores, el fomento de habilidades sociales y el desarrollo personal de la población. Además, contribuyen significativamente a la cohesión social, la movilidad económica y la construcción de una ciudadanía responsable. La calidad educativa y el acceso equitativo a estas instituciones son fundamentales para asegurar que todos los individuos, sin importar su contexto socioeconómico, puedan desarrollar su máximo potencial. La distribución de las escuelas en un territorio, especialmente en áreas rurales o marginadas, es clave para garantizar que todos los estudiantes tengan acceso a una educación cercana y de calidad.

Metodología

La metodología utilizada para incluir las escuelas en el marco geoestadístico del atlas consistió en la recopilación de datos georreferenciados de cada escuela dentro del municipio. Para ello, se identificaron las ubicaciones exactas de las instituciones educativas, las cuales fueron subcategorizadas. A través de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se obtuvo la información geoespacial necesaria para localizar y representar cada escuela en un mapa digital.

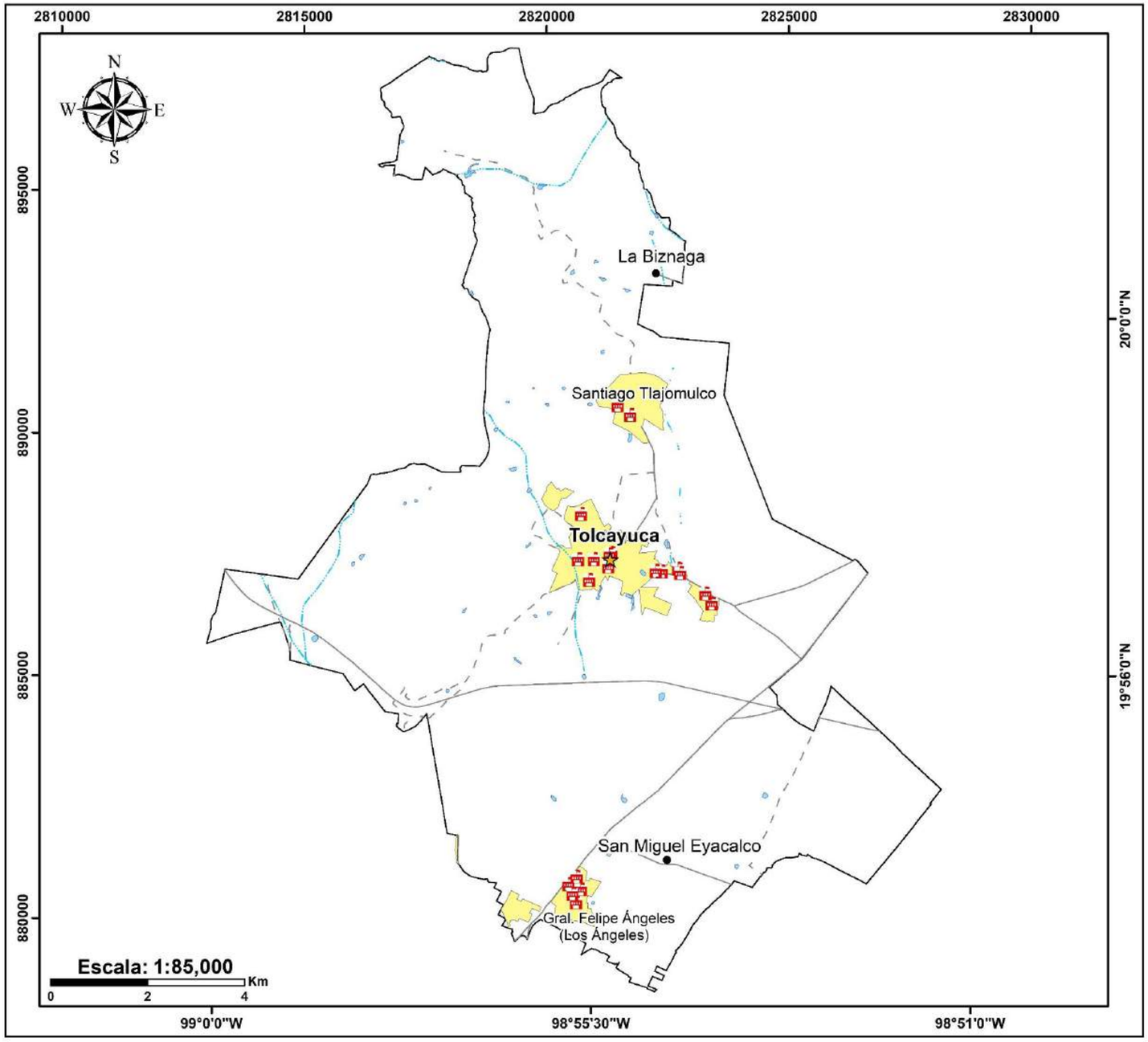
Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se localizó un total de 21 escuelas. Estos centros educativos fueron identificados y georreferenciados, permitiendo representar su ubicación precisa en el mapa digital del municipio. Este resultado es fundamental ya que proporciona una visión clara de la distribución espacial de las escuelas en relación con otros elementos del territorio, como áreas de alto riesgo o zonas vulnerables a desastres naturales.

La inclusión de estos resultados en el atlas de riesgos facilita la toma de decisiones en políticas públicas, ya que proporciona información crucial para planificar acciones de mitigación en las zonas cercanas a los centros educativos. Además, este análisis espacial ayuda a priorizar intervenciones, como la construcción de nuevas escuelas o la mejora de la infraestructura de las existentes, asegurando que todos los estudiantes tengan acceso a una educación segura y accesible, incluso en áreas más vulnerables.

Centro educativo	Cantidad
Preescolar	2
Primaria	15
Secundaria	2
Media Superior	1
Superior	1

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Escuela

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

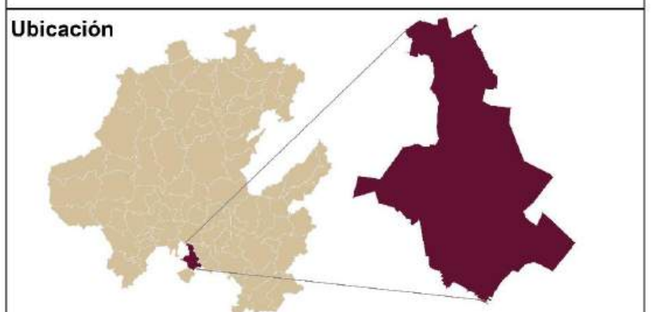
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Escuelas

Instalaciones Deportivas y Recreativas

Las instalaciones deportivas o recreativas son espacios diseñados para promover la actividad física y el ocio, proporcionando un entorno seguro para que las personas participen en diversas actividades deportivas y recreativas. Estas instalaciones son clave para el bienestar físico y mental de la población, al ofrecer lugares adecuados para el ejercicio y la interacción social. En el marco geoestadístico del atlas de riesgos, su localización permite analizar su accesibilidad, especialmente en áreas vulnerables, y facilita la toma de decisiones sobre la construcción o mejora de estos espacios.

Campos deportivos:

Áreas al aire libre diseñadas para la práctica de deportes colectivos, como fútbol, béisbol, rugby o cricket, con césped natural o artificial.

Pistas y canchas:

Superficies específicas para deportes como tenis, baloncesto, voleibol, bádminton y pádel, tanto al aire libre como en interiores.

Gimnasios:

Espacios interiores equipados con máquinas de ejercicio, pesas y áreas para actividades grupales como yoga, pilates o aeróbicos.

Sitios culturales:

Los sitios culturales son espacios físicos o simbólicos que representan la herencia histórica, artística, social o espiritual de una comunidad. Estos lugares reflejan valores culturales, tradiciones o expresiones significativas de una sociedad.

Centros deportivos y polideportivos:

Complejos que agrupan múltiples instalaciones deportivas bajo un mismo techo, como piscinas, gimnasios y pistas deportivas.

Parques y áreas verdes:

Espacios abiertos para actividades recreativas como caminar, correr, montar bicicleta, hacer picnics y disfrutar de la naturaleza.

Metodología

La metodología empleada para incluir las instalaciones deportivas o recreativas en el marco geoestadístico del atlas consistió en recopilar información georreferenciada de cada una de estas infraestructuras dentro del municipio. Se identificaron, clasificaron, y ubicaron con precisión mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

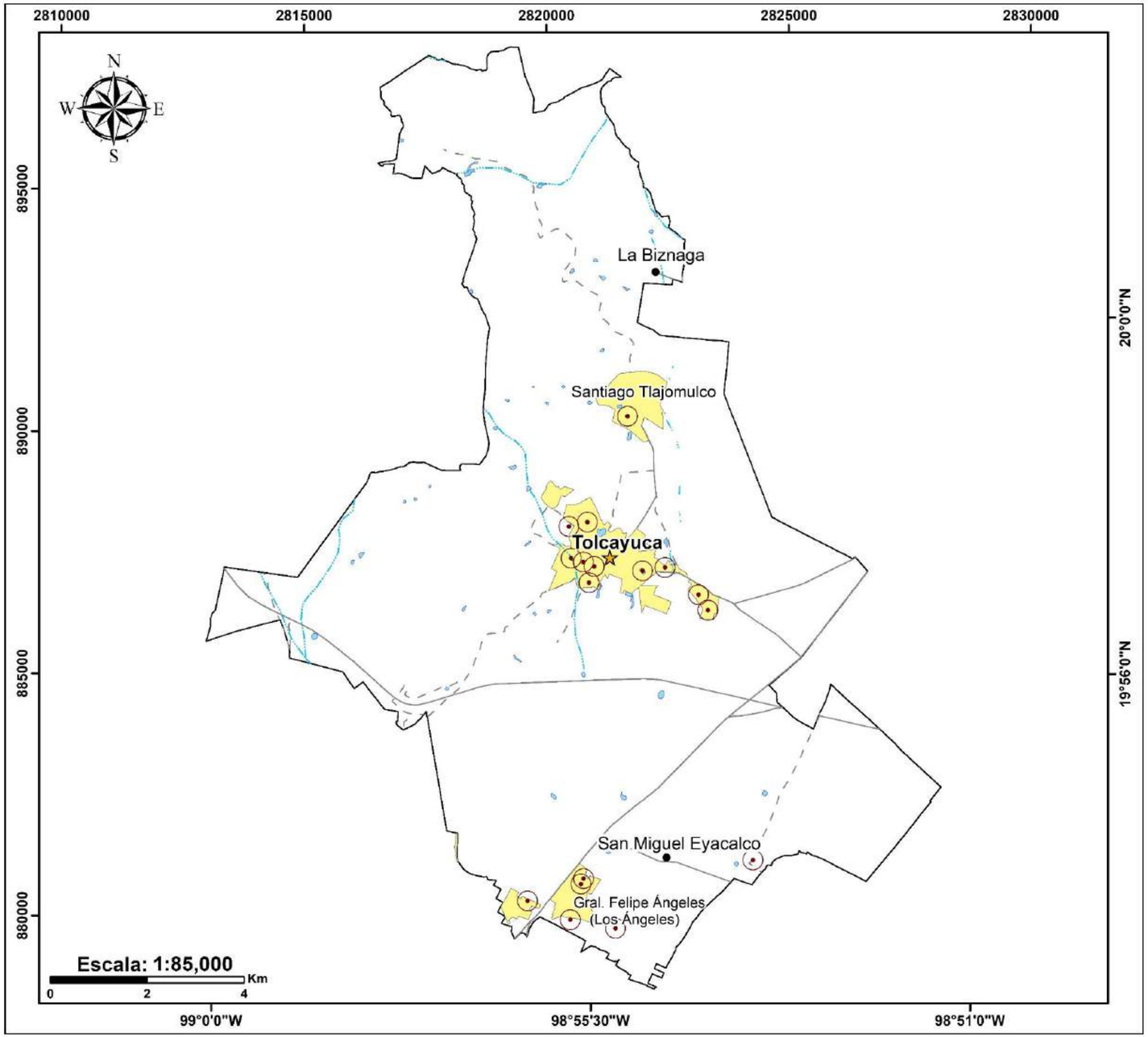
Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se identificaron un total de 17 instalaciones deportivas o recreativas, las cuales fueron georreferenciadas y representadas en un mapa digital que muestra su ubicación exacta dentro del territorio municipal. Estas instalaciones se integraron en el análisis espacial del atlas de riesgos y el marco geoestadístico.

Aunque su número es significativo, la localización de estas instalaciones es relevante para evaluar su accesibilidad y su relación con otros elementos del territorio. Los resultados obtenidos permiten identificar áreas que carecen de espacios recreativos adecuados, destacando la necesidad de planificar nuevas infraestructuras que fomenten el desarrollo deportivo y el bienestar comunitario. Además, la representación en el atlas facilita la identificación de riesgos potenciales que puedan afectar estas instalaciones y asegura su integración en la planificación territorial y la gestión de recursos.

Centro recreativo	Cantidad
Jardín	11
Plaza de Toros	1
Cancha	2
Parques	2
Áreas verdes	1

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Instalación deportiva o recreativa

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

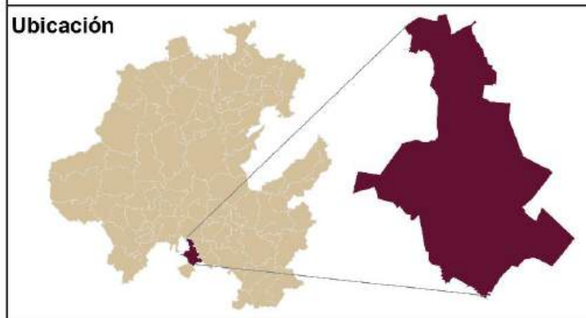
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Instl. Deportivas recreativas

Instalaciones gubernamentales

Las instalaciones gubernamentales son espacios físicos donde operan las oficinas y dependencias encargadas de gestionar servicios públicos esenciales, como seguridad, educación, salud y registro civil. Estas infraestructuras son fundamentales para la administración pública, ya que desde ellas se coordinan funciones clave que impactan directamente en la calidad de vida de la población. Su adecuada distribución y accesibilidad garantizan la funcionalidad administrativa del municipio y proporcionar un punto de conexión entre el gobierno y la ciudadanía. Destacan ejemplos como:

Palacio municipal: Sede principal de la administración pública local, donde se concentran las oficinas del presidente municipal, regidores y departamentos clave para la gestión del municipio.

Registro civil: Oficina encargada de registrar los actos y hechos del estado civil de las personas, como nacimientos, matrimonios y defunciones, esenciales para la identidad legal de los ciudadanos.

Delegación de protección civil: Instalación dedicada a planificar, coordinar y ejecutar acciones preventivas y de respuesta ante emergencias y desastres naturales o provocados por el hombre.

Estación de policía municipal: Espacio operativo para garantizar la seguridad pública, realizar patrullajes preventivos y atender emergencias relacionadas con el orden social.

Metodología

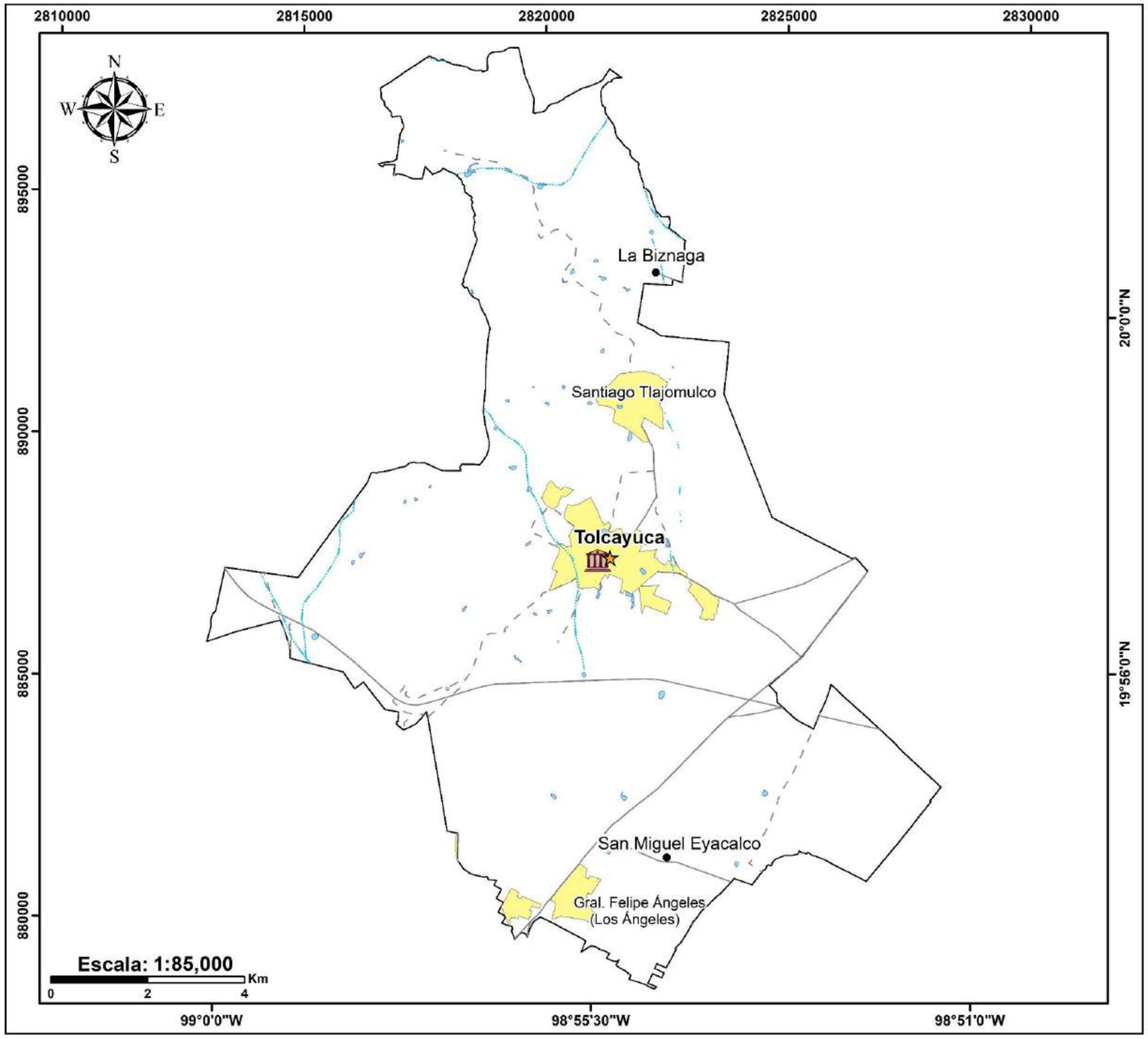
La metodología empleada para incluir las instalaciones gubernamentales en el marco geoestadístico del atlas consistió en recopilar información georreferenciada de cada una de estas infraestructuras dentro del municipio. Se identificaron puntos de interés relacionados con oficinas municipales, estatales y federales, así como otras dependencias gubernamentales, y se ubicaron con precisión mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se identificó un total de 1 instalación gubernamental, la cual fue georreferenciada y representada en un mapa digital. Esta infraestructura incluye oficinas municipales o estatales, destacándose por su distribución estratégica para facilitar la gestión de servicios públicos esenciales y la administración del territorio.

Los resultados obtenidos reflejan la ubicación de esta instalación en relación con las zonas urbanas, rurales e infraestructura crítica del municipio. Su representación en el atlas de riesgos permite evaluar su accesibilidad y su exposición a posibles amenazas, asegurando su inclusión en la planificación territorial y en la toma de decisiones para mejorar la gestión de los recursos públicos y fortalecer la gobernanza local.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Instalación gubernamental

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

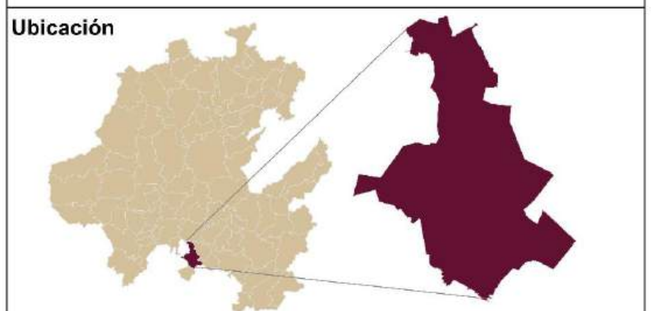
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Instl. Gubernamentales

Mercados y Plazas

Las plazas son elementos clave en la vida social y urbana de los municipios, ya que cumplen no solo una función recreativa, sino que también son espacios de encuentro, interacción y cultura para la población.

Las plazas desempeñan un papel crucial en la estructura urbana de los municipios. Son espacios públicos destinados al esparcimiento, la convivencia y la realización de actividades recreativas o cívicas. Su diseño y ubicación tienen un impacto directo en la calidad de vida de los ciudadanos, proporcionando un entorno accesible para actividades sociales y culturales. En conjunto, las plazas son componentes fundamentales para la organización territorial y la cohesión comunitaria, facilitando la integración de distintos sectores de la población en un mismo espacio.

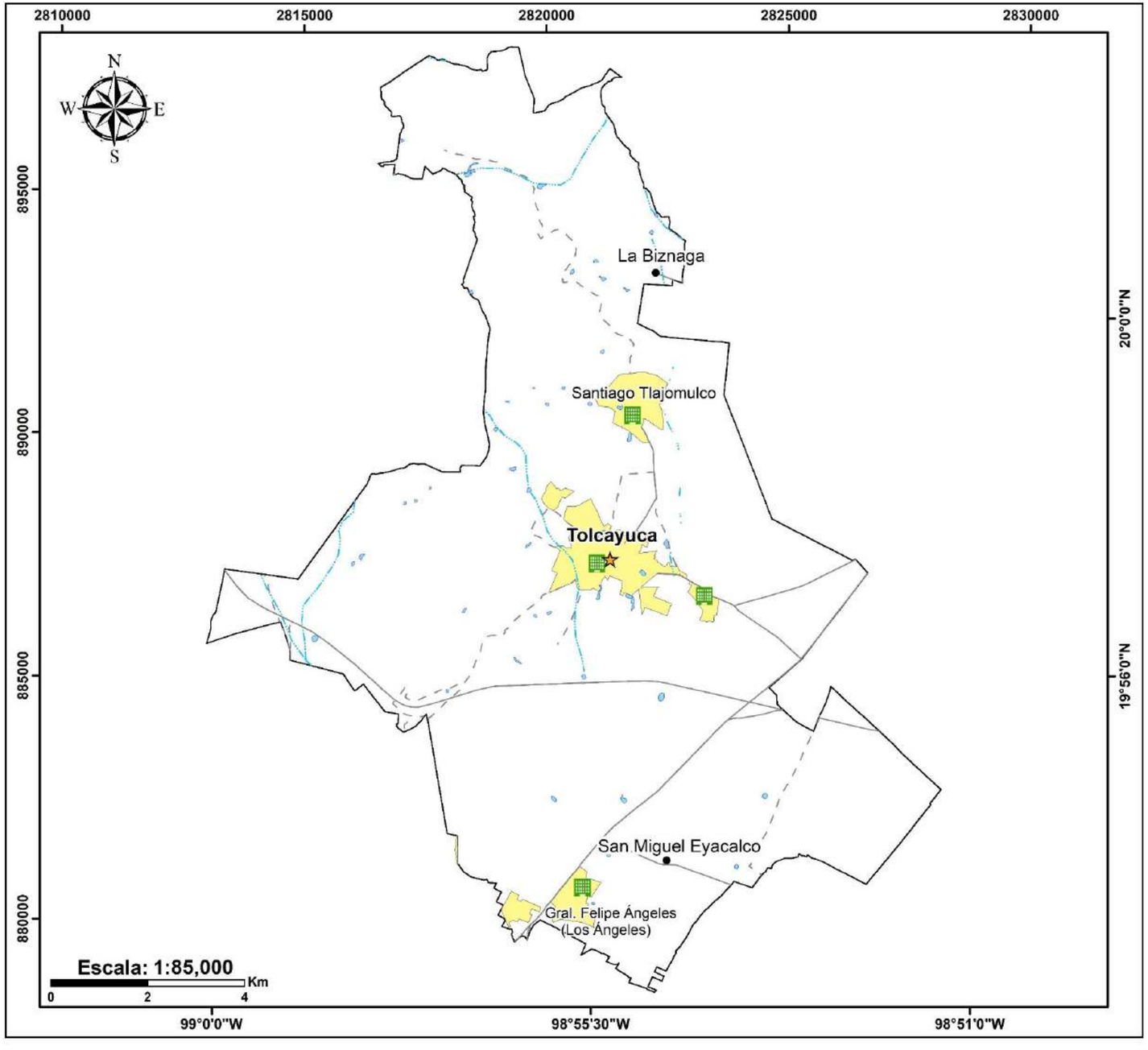
Metodología

La metodología utilizada para incluir las plazas en el marco geoestadístico del atlas consistió en obtener información georreferenciada de cada punto de interés relacionado con estas zonas. Se identificaron y subcategorizaron los cementerios dentro de los puntos geográficos del municipio y, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se localizó su posición exacta en un mapa digital. Los datos geoespaciales fueron organizados y etiquetados de acuerdo con su ubicación, generando así un mapa que muestra la localización de cada plaza, facilitando su visualización y análisis para la gestión territorial.

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se identificaron un total de 4 puntos correspondientes a plazas, los cuales fueron georreferenciados y representados en un mapa digital. Estos puntos incluyen espacios públicos destinados a diversas actividades comerciales y recreativas, distribuidos estratégicamente para satisfacer las necesidades de la población.
Los resultados obtenidos reflejan la ubicación de estas plazas en relación con las zonas urbanas, rurales e infraestructura crítica del municipio. Su representación en el Atlas de Riesgos permite evaluar su accesibilidad y su exposición a posibles amenazas, contribuyendo a la planificación territorial y a la toma de decisiones orientadas a mejorar la distribución de servicios, fortalecer la infraestructura comercial y optimizar la gestión de riesgos en el municipio.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Plaza

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

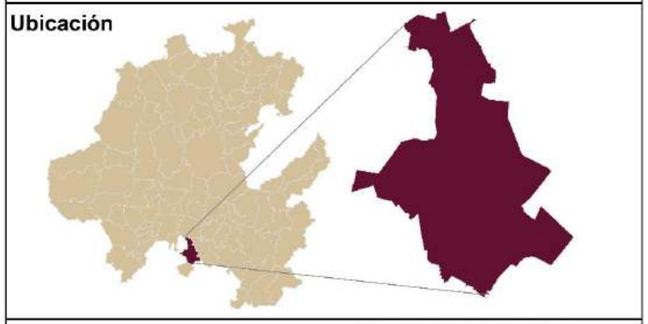
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Plazas

Tanques de Agua

Los tanques de agua son infraestructuras clave para el almacenamiento y distribución de agua potable en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo. Su función es garantizar el abastecimiento continuo de agua a las comunidades, especialmente en zonas rurales o en áreas con sistemas de distribución que requieren almacenamiento adicional. Estos tanques son fundamentales para asegurar la disponibilidad del recurso hídrico durante períodos de alta demanda o cuando las fuentes de agua son insuficientes debido a factores climáticos.

El análisis de los tanques de agua en el atlas de riesgos permite evaluar su ubicación, capacidad y accesibilidad, así como su vulnerabilidad a riesgos naturales como inundaciones, sismos o sequías.

Metodología

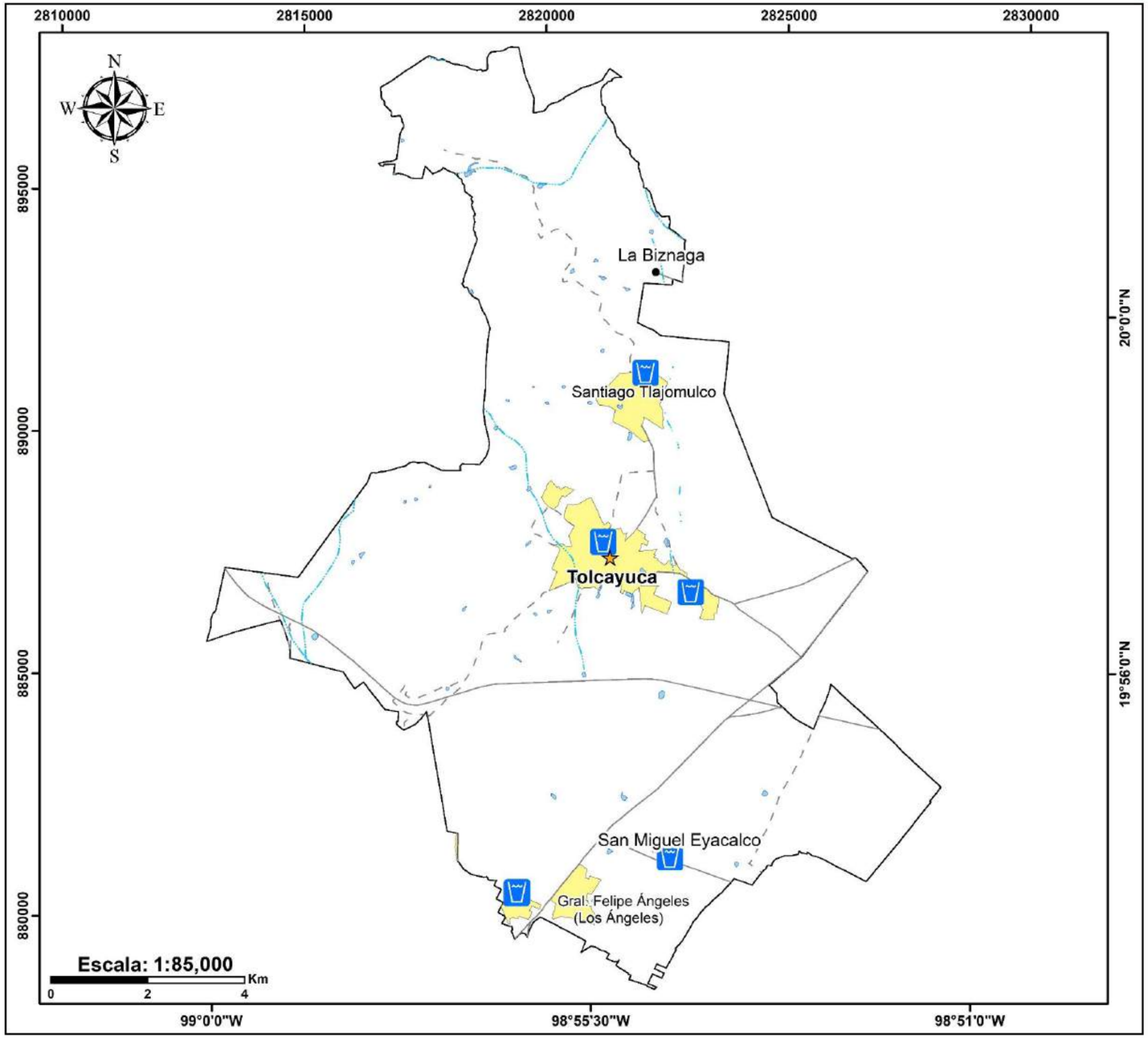
La metodología utilizada para incluir los tanques de agua en el Atlas de Riesgos consistió en la georreferenciación de los tanques dentro del municipio de Tolcayuca, Hidalgo, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se asignaron coordenadas precisas a cada tanque, lo que permitió su correcta ubicación en el mapa digital del municipio.

Para asegurar la integridad de la información, los datos geoespaciales obtenidos fueron organizados y clasificados. Este proceso permitió generar una base de datos estructurada que facilitó su incorporación en el atlas de riesgos, asegurando una visualización precisa y consistente dentro del análisis territorial.

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se localizaron un total de 6 tanques de agua, los cuales fueron georreferenciados y representados en un mapa digital. Estos tanques son fundamentales para el abastecimiento de agua en el municipio, especialmente en áreas con infraestructura limitada.
La inclusión de estos tanques en el atlas de riesgos permitió evaluar su distribución en relación con otras infraestructuras y riesgos territoriales, facilitando la planificación y gestión del recurso hídrico. Esta representación en el marco geoestadístico facilita la visualización de su exposición a amenazas naturales como inundaciones o sequías, apoyando la toma de decisiones para una gestión más eficiente y sostenible del agua en el municipio.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

Marco geoestadístico

- Tanque de agua

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

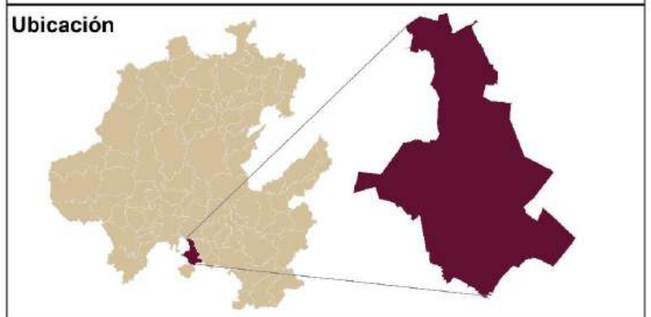
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Tanques de agua

Templos

Los templos son infraestructuras de gran importancia cultural, religiosa y social dentro del municipio de Tolcayuca, Hidalgo. Estos espacios no solo sirven como lugares de culto, sino que también desempeñan un papel central en las tradiciones y festividades locales, siendo centros de encuentro, espiritualidad y cohesión comunitaria. Además, los templos frecuentemente funcionan como puntos de apoyo para actividades educativas y sociales dentro de la comunidad, organizando eventos y brindando servicios a la población.

El análisis de los templos en el atlas de riesgos permite evaluar su distribución en el territorio, su relación con otras infraestructuras clave y su vulnerabilidad ante posibles riesgos naturales, como terremotos, inundaciones o desastres. La georreferenciación de estos puntos proporciona una herramienta valiosa para la planificación territorial, asegurando la preservación del patrimonio y facilitando la gestión de riesgos en el municipio.

Metodología

La metodología utilizada para incluir los templos en el atlas de riesgos consistió en la georreferenciación de los templos dentro del municipio de Tolcayuca, Hidalgo, mediante herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Se asignaron coordenadas precisas a cada templo, lo que permitió su correcta ubicación en el mapa digital del municipio.

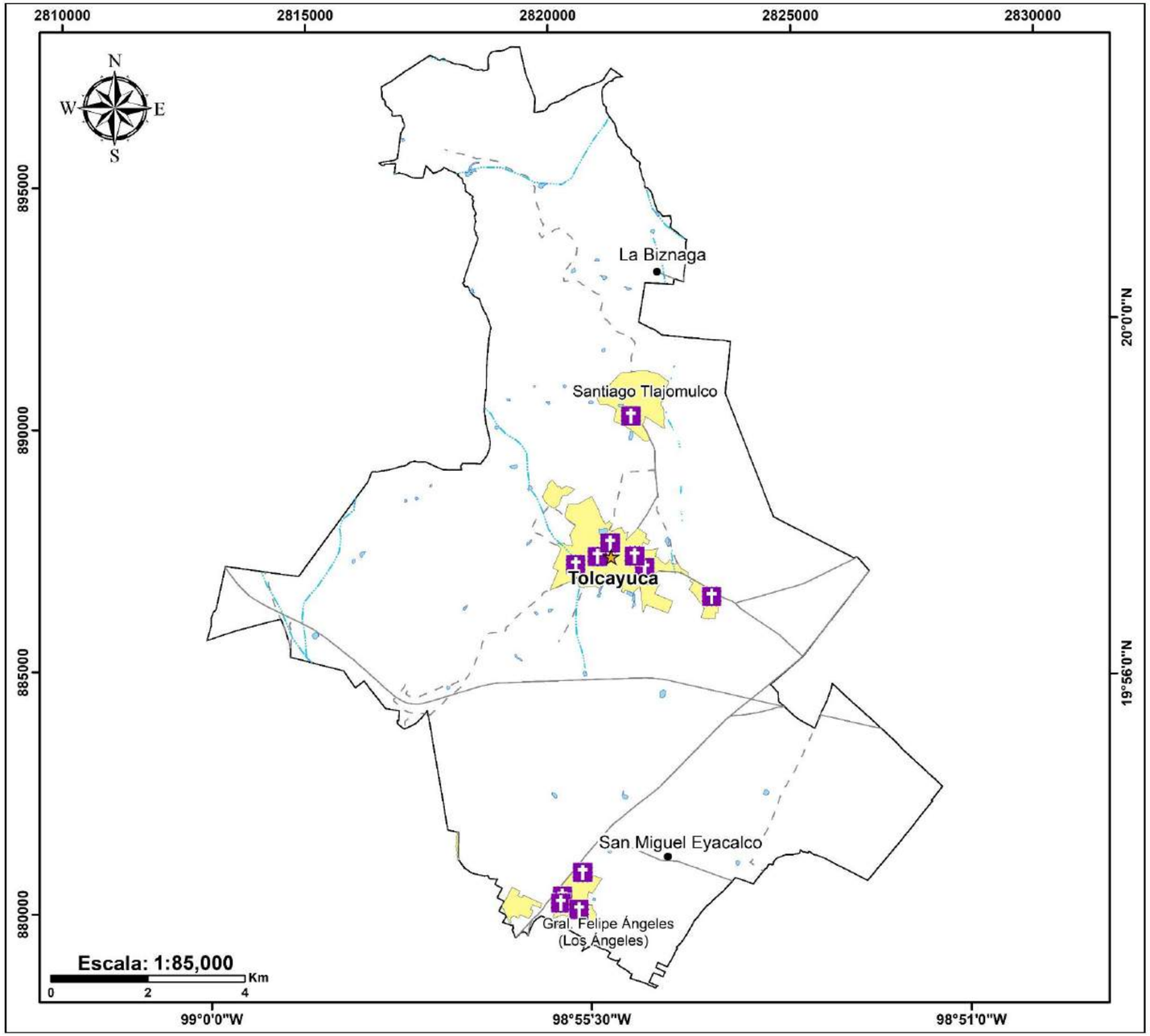
Para asegurar la integridad de la información, los datos geoespaciales obtenidos fueron organizados y clasificados. Este proceso permitió generar una base de datos estructurada que facilitó su incorporación en el atlas de riesgos, asegurando una visualización precisa y consistente dentro del análisis territorial.

Resultados

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se localizaron un total de 11 templos, los cuales fueron georreferenciados y representados en un mapa digital. Estos templos, distribuidos a lo largo del territorio, desempeñan un papel crucial en la vida cultural, religiosa y social de la comunidad.

La representación de estos templos en el atlas de riesgos permite evaluar su distribución en relación con otras infraestructuras y posibles riesgos naturales, como sismos, inundaciones o desastres. Los datos obtenidos permiten visualizar de manera precisa la ubicación de los templos, facilitando la planificación de medidas para la protección del patrimonio cultural y la gestión de riesgos en el municipio.

Mapa de marco geoestadístico



Simbología

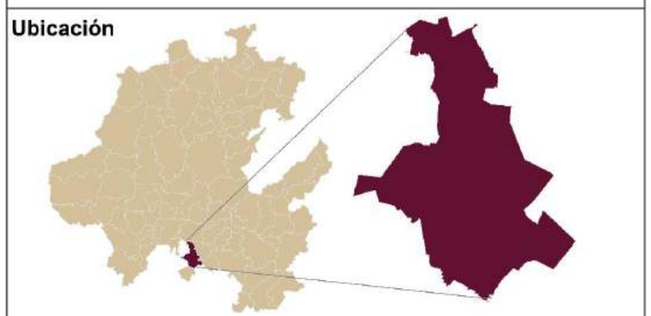
Marco geoestadístico
- Templo

Límites político
- Localidades
- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Límite municipal

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MG- Marco geoestadístico - Templos

Equipo e infraestructura

El municipio de Tolcayuca ha experimentado avances significativos en su infraestructura en los últimos años. Una infraestructura sólida permite que los equipos de trabajo desempeñen sus funciones de manera más eficiente, mientras que un equipo bien capacitado y comprometido es el que asegura el mantenimiento, la mejora y el uso adecuado de esa infraestructura. Juntos, crean un ciclo de desarrollo continuo que beneficia a toda la comunidad.

Infraestructura de salud

Los centros de salud en Tolcayuca están equipados con lo esencial para la atención primaria, como consultorios médicos, áreas de vacunación, equipos de diagnóstico básico (como termómetros, tensiómetros y equipos de análisis básicos) y medicamentos para el tratamiento de enfermedades comunes. Aunque se han realizado esfuerzos para mejorar la infraestructura de salud, algunos de los centros aún carecen de equipos más especializados, como equipos para radiología o laboratorios bien equipados, lo que puede requerir que los pacientes sean derivados a hospitales de mayor capacidad en Pachuca o localidades cercanas.

Infraestructura educativa

En Tolcayuca existen diversas escuelas primarias y secundarias que brindan educación básica a los niños y jóvenes del municipio. Sin embargo, algunas instalaciones requieren mejoras en su infraestructura, como la rehabilitación de techos, pisos o instalaciones eléctricas. Una de las principales instituciones educativas de la región es la UPMH, ubicada en Tolcayuca. Esta universidad ofrece programas de educación superior en áreas como ingeniería, administración, tecnología y arquitectura.

Transporte y vías de comunicación

Tolcayuca se encuentra conectado por carreteras federales y estatales, que facilitan el acceso a la región. La Carretera Federal 85, también conocida como la Carretera México–Tuxpan, es una de las principales vías de comunicación que conecta a Tolcayuca con otras localidades del estado de Hidalgo, así como con la Ciudad de México y Veracruz. Tolcayuca tiene acceso a diversas opciones de transporte público que conectan la localidad con otras áreas cercanas, especialmente con Pachuca.

Servicios públicos y urbanos

La localidad ha mejorado en áreas como el suministro de agua, energía eléctrica y la recolección de basura, pero algunos servicios, como el drenaje y el transporte público, requieren más inversiones y desarrollo. El municipio sigue trabajando en mejorar la calidad de vida de sus habitantes a través de proyectos de infraestructura y urbanización, pero el crecimiento acelerado exige atención constante para garantizar un desarrollo sostenible.

Infraestructura de vivienda

La vulnerabilidad de la vivienda es uno de los sectores que resulta con las mayores afectaciones ante la acción de los fenómenos naturales, produciéndose anualmente cuantiosas pérdidas económicas. Para estimar distintos niveles de riesgo, es necesario evaluar la vulnerabilidad ante cada fenómeno de cada una de las obras construidas por el hombre tales como vivienda, hospitales, escuelas, servicios de emergencia, edificios públicos, vías de comunicación, servicios básicos (electricidad, agua, drenaje, telecomunicaciones, etc.), patrimonio histórico, comercio e industria. Además, es necesario considerar otras zonas propensas a afectaciones, como tierras de cultivo, zonas de reserva ecológica e incluso turísticas o de esparcimiento. (CENAPRED, 2006).

Para la recopilación de información para identificar el porcentaje de cada tipo de vivienda, se recurrió a los datos recopilados durante el censo de población y vivienda de 2020 realizado por el INEGI. Esta decisión se fundamentó en la fiabilidad y la amplitud de la información obtenida a través de dicho censo, que ya ofrecía un panorama completo de la distribución de los diversos tipos de viviendas en la región.

De acuerdo con INEGI (2020) las viviendas pueden clasificarse en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción, lo cual se observa en la tabla Tipo de vivienda y características estado de Hidalgo INEGI (2020)

Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo para mapear la distribución por tipología de vivienda en el municipio, utilizando datos de INEGI correspondientes al año 2020. Ver en tabla Distribución de tipología de vivienda por comunidad urbana y rural AGEB.

Para la clasificación del INEGI, debe entenderse que:

Los muros de mampostería son: tabique, bloque, piedra, cantera, entre otros;

Los techos flexibles son: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera, teja y los no especificados,

Los techos rígidos considerados son: losa de concreto, tabique, ladrillo, terrado con vigueta y bóveda catalana.

Se realizo un mapa que ha permitido visualizar la distribución de cada tipo de vivienda por localidades urbanas y rurales AGEB amanzanadas del municipio de Tolcayuca, con el fin de proporcionar una panorámica detallada de la situación en toda la región.

Una observación relevante es que, en general, en las comunidades predominan las viviendas del tipo I,

La elaboración de este mapa representa un avance significativo en la comprensión y gestión de vivienda en el municipio.

Esto ayudaría a las autoridades a enfocar recursos y esfuerzos en aquellas zonas que enfrentan mayores riesgos, permitiendo así una respuesta más efectiva ante posibles desastres o eventos adversos. Además, este

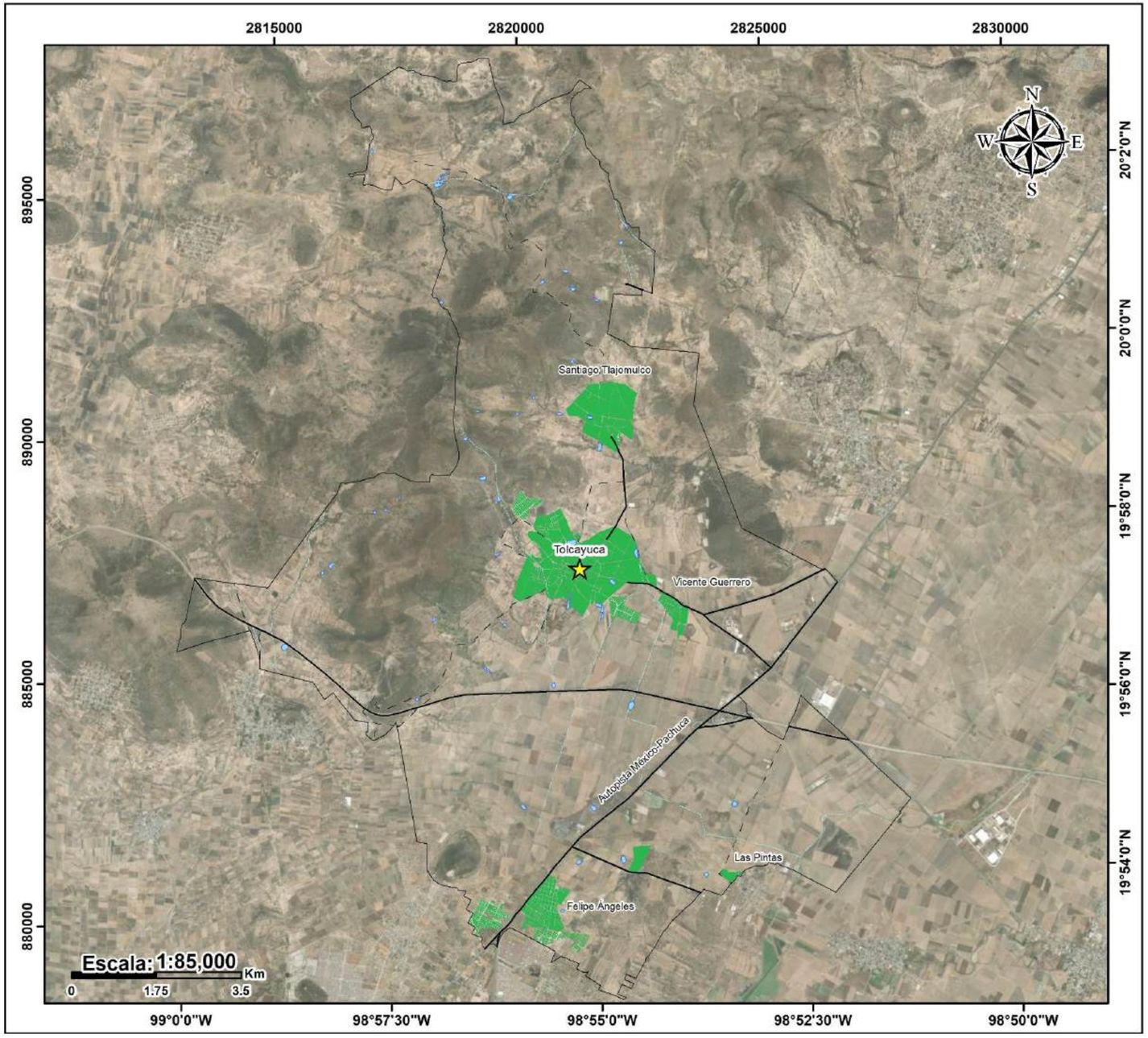
enfoque diferenciado facilita la formulación de políticas específicas que aborden las necesidades particulares de cada comunidad, promoviendo la resiliencia y el bienestar general.

En última instancia, la implementación de este mapa de la distribución por tipología de vivienda contribuirá a fortalecer la capacidad de respuesta y la planificación urbana en el municipio de Tolcayuca. Su utilización proporcionará una base sólida para la adopción de medidas preventivas y la promoción de un desarrollo más seguro y sostenible en toda la región, con el objetivo de proteger y mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Distribución de tipología de vivienda por comunidad urbana y rural AGEB Tolcayuca Hgo.					
Comunidad	Tipo I. Viviendas con muros de mampostería con techos rígidos	Tipo II. Viviendas con muros de mampostería con techos flexibles	Tipo III. Viviendas con muros de adobe con techos rígidos	Tipo IV. Viviendas muros de adobe con techos flexibles	Tipo V. Viviendas con muros de materiales débiles con techos flexibles o no clasificada
Tolcayuca	90.14%	9.65%	0.0%	0.21%	0.0%
Santiago Tlajomulco	73.29%	23.63%	0.34%	2.05%	0.68%
Lomas del Álamo	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vicente Guerrero	83.53%	16.17%	0.0%	0.30%	0.0%
Bosques de Ibiza	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Felipe Ángeles	94.9%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%

Tipo de vivienda y características estado de Hidalgo INEGI (2020)		
VIVIENDA	CARACTERÍSTICAS	COSTO
TIPO V	Corresponde a los hogares más humildes, con una vivienda que consta de un solo cuarto multifuncional, construido con muros de materiales débiles con techos flexibles. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.	12,500 MXN
TIPO IV	Hogares que pueden ser clasificados como clase baja, donde la vivienda puede ser equiparada como una casa de autoconstrucción o moradas construidas con materiales de la zona, con muros de adobe con techos flexibles y la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.	50,000 MXN
TIPO III	También puede ser clasificado como clase baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida generalmente 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, de mayor costo.	150,500 MXN
TIPO II	El cuarto tipo de viviendas se identifica con muros de mampostería con techos flexibles, construida generalmente con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia.	300,000 MXN
TIPO I	Finalmente, el último sector de viviendas, corresponde al tipo residencial, construida con muros de mampostería con techos rígidos y con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor, pueden llegar a tener tres niveles de construcción. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de confort.	450,000 MXN

Mapa de tipología de vivienda



Simbología

Tipología de vivienda

- Tipo I
- Tipo II
- Tipo III
- Tipo IV
- Tipo V

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Limite municipal

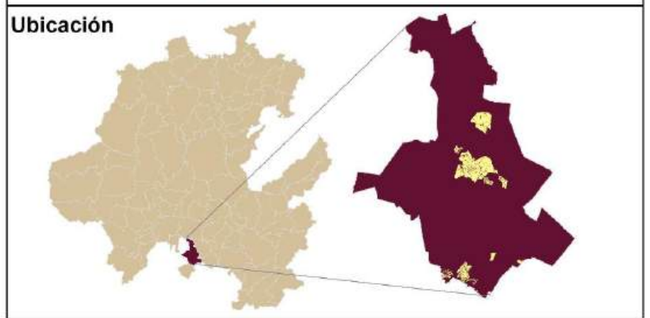
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

TV- Tipología de vivienda

CAPÍTULO V. FENÓMENOS GEOLÓGICOS

Fenómenos geológicos

Fenómenos geológicos de Tolcayuca incluyen actividades tectónicas como fallas y fracturas debido a su ubicación en una zona con movimientos sísmicos moderados; también se observan procesos de erosión hídrica y eólica que afectan la morfología del terreno, así como la presencia de suelos volcánicos asociados a erupciones pasadas.

Inestabilidad de laderas

La inestabilidad de laderas es un fenómeno complejo causado por la interacción de factores geológicos, geomorfológicos, hidrológicos y humanos, que puede resultar en el desplazamiento de material en pendientes. Este fenómeno ocurre principalmente en zonas montañosas con diversos grados de inclinación (J. Horrit & J. Parson, 2017).

Este fenómeno se debe principalmente a causas naturales como lluvias, sismos y actividad volcánica, así como a la combinación de estos factores con actividades humanas como vibraciones de maquinaria, tránsito de vehículos pesados, sobrecarga del suelo por construcciones y deforestación. En México, la expansión urbana hacia zonas inestables ha incrementado las pérdidas humanas y económicas por deslizamientos de tierra. En regiones tropicales, los deslaves son más frecuentes debido a la saturación del suelo por lluvias excesivas, lo que debilita la estabilidad de los taludes, dependiendo del tipo de material del terreno. La quema de vegetación agrava esta inestabilidad, especialmente en áreas de coluviones, donde las raíces de las plantas son esenciales para la estabilidad del suelo. Los principales tipos de inestabilidad de laderas incluyen caídas, deslizamientos y flujos.

Deslizamientos

Los deslizamientos son movimientos de masas de materiales térreos que se desplazan pendiente abajo, generalmente debido a la inestabilidad de los suelos o rocas. Estos movimientos se pueden clasificar según la forma de la superficie de deslizamiento en diferentes tipos:

Rotacionales

Ocurren cuando la superficie de deslizamiento es cóncava, en forma de cuchara o concha. Este tipo de deslizamiento genera un movimiento rotacional de la masa de tierra, común en suelos arcillosos blandos o rocas blandas.

Traslacionales

Se caracterizan por un desplazamiento hacia fuera y hacia abajo a lo largo de una superficie plana. Este tipo de deslizamiento generalmente ocurre en suelos granulares o en formaciones rocosas con superficies de debilidad, como planos de estratificación o zonas de meteorización.

Expansiones o desplazamientos laterales

Se producen en pendientes suaves y suelen ser desplazamientos casi horizontales. Están relacionados con la licuación, un fenómeno donde materiales saturados (como suelos arenosos y limosos) se comportan como un fluido debido a vibraciones sísmicas.

Movimientos complejos

Surgen cuando el movimiento inicial se transforma en otro tipo de movimiento mientras se desplaza por la pendiente. Ejemplos comunes son las avalanchas de rocas y los flujos deslizantes, que pueden causar grandes daños (Ayala et al).

Flujos

Son movimientos de suelos o fragmentos de rocas en los que las partículas dentro de la masa se mueven de manera relativa entre sí.

Los flujos pueden ser lentos o rápidos, secos o húmedos, y se dividen en:

Flujos de lodo

Mezcla de suelo y agua que fluye rápidamente, conteniendo al menos un 50% de granos de arena, limo y partículas arcillosas.

Flujos de tierra o suelo

Masa de suelo y agua que fluye rápidamente, con un contenido superior al 50% de grava, arena y limo.

Flujos o avalancha de detritos

Movimiento rápido de una mezcla de suelos, fragmentos de rocas, vegetación, aire y agua, formando una masa viscosa o fluida que se desplaza ladera abajo.

Creep o flujo muy lento

Es un movimiento constante pero muy lento de suelos y rocas pendiente abajo, sin una superficie de falla claramente definida, a diferencia de los deslizamientos más rápidos.

Lahar

Es un flujo de suelos o detritos originado en las laderas de un volcán, generalmente impulsado por lluvias intensas, deshielo volcánico, o el colapso de represas de agua.

Riesgos asociados

- Daño a la propiedad: Destrucción o daño significativo de infraestructuras como viviendas, carreteras y puentes.
- Pérdida de vidas humanas: Peligro para las personas atrapadas o arrastradas por las masas en movimiento.
- Impacto ambiental: Alteración del paisaje, cambio de cursos de agua, afectación de hábitats y pérdida de suelo fértil.
- Bloqueo de vías de comunicación: Obstrucción de carreteras y rutas de transporte, dificultando el acceso a las áreas afectadas.
- Inestabilidad continua: Posibilidad de deslizamientos secundarios debido a la debilitación del terreno y erosión.
- Impacto socioeconómico: Pérdidas económicas, pérdida de empleos, costos de reparación y la reubicación de comunidades afectadas.

Caídos o derrumbes

Según el CENAPRED en su Fascículo “Inestabilidad de Laderas” los caídos o derrumbes son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados,

por lo que el movimiento es prácticamente de caída libre, rodando y rebotando.

Factores asociados

- Presencia de capas de suelos debilitados, fracturas o fallas en las rocas.
- Erosión, ya sea natural o provocada por actividades humanas, que debilita las estructuras rocosas y aumenta el riesgo de caídas.
- Sismos, que contribuyen al debilitamiento de las estructuras rocosas.
- Actividades humanas como excavaciones, minería y construcción, que alteran el terreno y elevan el riesgo de caída de bloques.

Riesgos asociados

- **Daños a propiedades**: Los desprendimientos de bloques pueden causar daños severos a edificaciones, infraestructuras y otras propiedades en su trayectoria.
- **Vías de comunicación**: Estos desprendimientos pueden obstruir carreteras, caminos y otros medios de transporte, dificultando el acceso.
- **Impactos ambientales negativos**: Pueden destruir hábitats naturales, modificar la topografía del terreno y alterar cursos de agua.
- **Costos económicos**: Los costos de reparación de infraestructuras, atención médica, operaciones de rescate, pérdidas de propiedades y la interrupción de actividades económicas pueden ser elevados y tener efectos duraderos en las comunidades afectadas.

Para mitigar los riesgos de caída de bloques en el municipio, es esencial implementar medidas preventivas como estudios geotécnicos para identificar áreas de alto riesgo, sistemas de monitoreo para detectar movimientos de roca tempranos, construcción de muros de contención o barreras de protección, y manejo de la vegetación para estabilizar los suelos y reducir la erosión.

Las zonas más susceptibles a la inestabilidad de laderas se encuentran en la parte norte del municipio, donde las áreas son marginadas y su geología aumenta el riesgo de deslizamientos. En contraste con otras zonas, con un mayor nivel económico y geología más favorable, presentan un bajo riesgo de deslizamientos. Aunque los deslizamientos son más frecuentes en ciertas áreas, pueden ocurrir en cualquier lugar con condiciones propicias, influenciados por factores naturales y humanos. La evaluación del riesgo se basa en el análisis geológico, topográfico y en la historia de eventos previos en la región.

Susceptibilidad por inestabilidad de laderas

El análisis de susceptibilidad evalúa la importancia relativa de diversos factores que pueden influir en la ocurrencia de fenómenos de inestabilidad de laderas. Al sumar los pesos de estos factores, se obtienen valores de susceptibilidad que se clasifican en categorías como muy alta, alta, moderada, baja y muy

baja. Este análisis se presenta comúnmente en mapas de susceptibilidad, donde se visualiza la propensión a la inestabilidad de un área mediante una escala de colores, como rojo y naranja para alta susceptibilidad, y amarillo y verde para media y baja, indicando las zonas con o sin riesgo de deslizamientos.

No existe un procedimiento estandarizado para elaborar mapas de susceptibilidad por inestabilidad de laderas. Generalmente, se combinan las cartografías de factores condicionantes (como pendientes, litología, estructuras e hidrología), asignando un peso relativo a cada uno según su contribución al riesgo de inestabilidad. El uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) facilita el tratamiento automático de la información y permite realizar diversos análisis. Un aspecto clave en la elaboración de estos mapas es la ponderación de los factores, para lo cual no hay un procedimiento estándar. Este trabajo propone una metodología para desarrollar el análisis de susceptibilidad.

Tomando como referencia el proyecto de estudio generado por el CENAPRED "Elaboración de Mapa de susceptibilidad a Caidos de Roca y Derrumnes" (2008), para la elaboración de un mapa de susceptibilidad deben tenerse en cuenta como mínimo tres factores condicionantes principales:

- Pendiente de la ladera
- Características geológicas (Litología y geología estructural)
- La cobertura vegetal y el uso de suelo

Adicionalmente, para este estudio se consideró la Geomorfología del municipio.

Cada factor en el análisis de susceptibilidad se clasifica en diversas categorías, que tienen diferentes influencias (pesos) sobre la estabilidad del terreno y el grado de susceptibilidad a la inestabilidad. Según Suárez (1998), un aspecto importante es la ocurrencia previa de deslizamientos y derrumbes en el área de estudio. La recopilación de un inventario detallado de casos históricos es crucial para respaldar el proceso de ponderación de los factores condicionantes y ajustar la categorización de los valores de susceptibilidad en los mapas resultantes.

Metodología

Para el análisis de susceptibilidad, se consideraron factores clave como pendiente, litología, cobertura vegetal, uso de suelo, vegetación y geomorfología. Aunque se podría asignar un peso igual a cada factor, se recomendó basar la ponderación en un inventario de casos de inestabilidad. Los valores de susceptibilidad relativa se asignaron a factores topográficos, históricos, geotécnicos y ambientales, siguiendo el Formato de Análisis de Amenaza por deslizamiento del CENAPRED (2006). Para asignar estos valores, se utilizó el método multicriterio "Matriz de SAATY", que genera escalas de prioridades basadas en comparaciones por pares. Adicionalmente cada uno de estos campos han sido reclasificados y siguiendo esta metodología se le pudieron agregar valores de susceptibilidad desde: Muy Bajo a Muy Alto.

El resultado final fue la obtención del mapa de susceptibilidad a deslizamientos y caídas de rocas.

Capa	Factores	Ponderación
C1	Pendiente	0.527
C2	Geomorfología	0.276
C3	Geología	0.127
C4	Uso de suelo y vegetación	0.070

Factores de susceptibilidad.

Susceptibilidad por deslizamiento de laderas

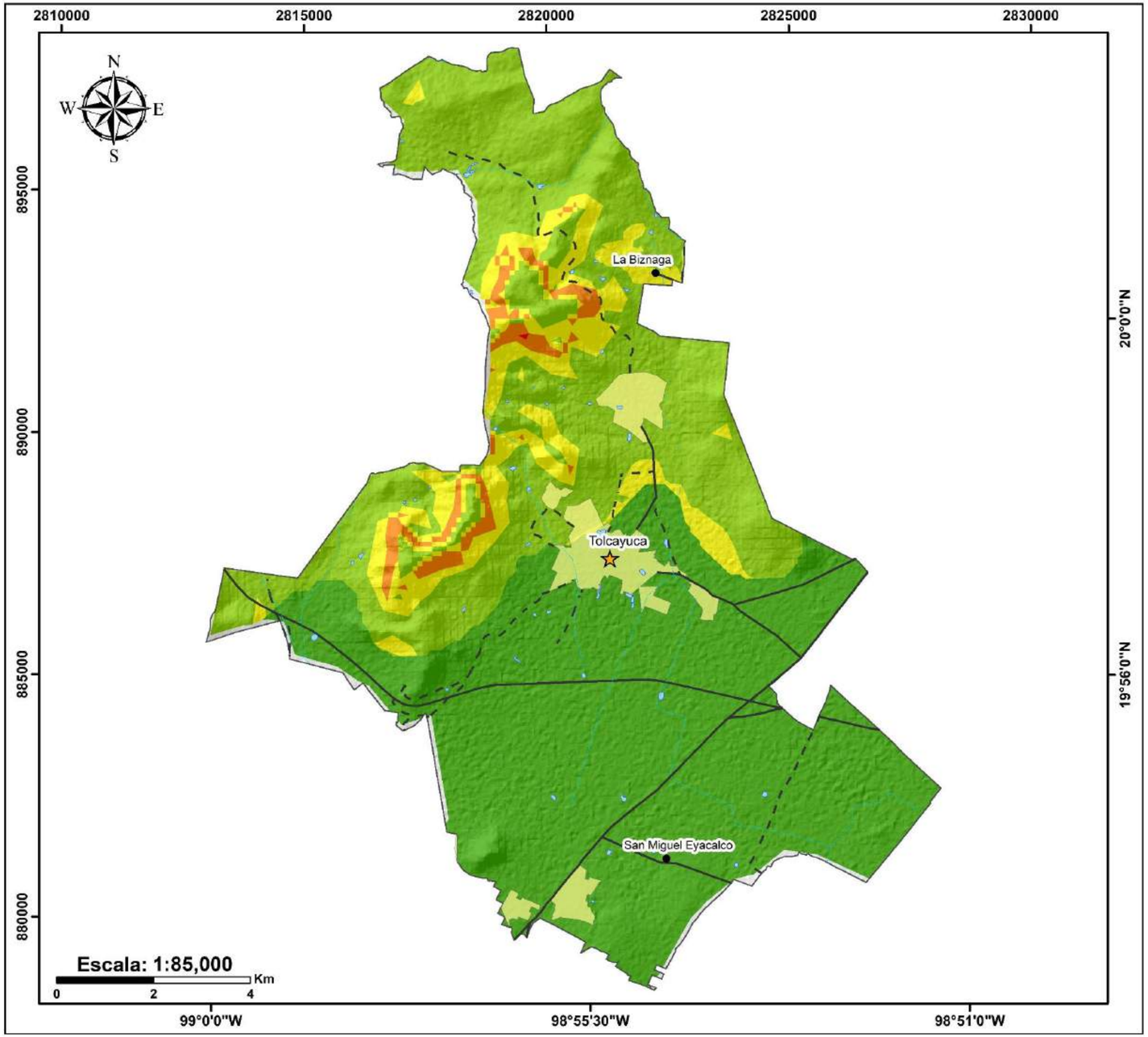
La susceptibilidad a deslizamientos de laderas es un fenómeno natural que ocurre cuando el terreno se ve afectado por diversos factores que incrementan el riesgo de que grandes masas de tierra, rocas o material vegetal se deslicen ladera abajo. Este proceso puede ser desencadenado por una combinación de factores geológicos, meteorológicos, humanos y ambientales. Las laderas empinadas, la acumulación de agua, las actividades humanas como la deforestación y la urbanización, y la alteración de las condiciones naturales del terreno pueden aumentar significativamente la probabilidad de un deslizamiento.

Uno de los factores más comunes que contribuye a la susceptibilidad a deslizamientos de laderas es la saturación del suelo por lluvias intensas o el deshielo de nieve. Cuando el agua se infiltra en el suelo, la cohesión de las partículas del terreno disminuye, lo que hace que el material se vuelva más inestable. Las lluvias torrenciales pueden provocar deslizamientos repentinos, especialmente en regiones montañosas o en áreas donde el suelo no tiene suficiente vegetación para absorber el agua.

Además de las condiciones meteorológicas, las actividades humanas juegan un papel importante en la vulnerabilidad a deslizamientos de laderas. La deforestación reduce la capacidad de las raíces de los árboles para sujetar el suelo, lo que aumenta el riesgo de que este se deslice. La construcción de infraestructuras en áreas de alto riesgo, como carreteras, viviendas y presas, también puede modificar el equilibrio natural del terreno y desencadenar deslizamientos. La extracción de recursos naturales, como la minería, y la agricultura en terrenos empinados son prácticas que, si no se manejan adecuadamente, pueden contribuir a la inestabilidad de las laderas.

Las características geológicas del terreno también influyen en la susceptibilidad a deslizamientos. Las formaciones rocosas débiles o fracturadas, como las rocas sedimentarias o las arcillas expansivas, son más propensas a deslizarse bajo condiciones de saturación. La presencia de fallas geológicas o estructuras tectónicas inestables también aumenta el riesgo de deslizamientos, ya que estos elementos pueden debilitar la cohesión del terreno.

Mapa de susceptibilidad por deslizamiento de laderas



Simbología

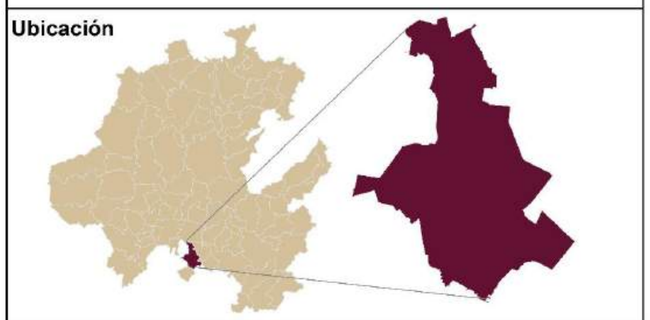
Susceptibilidad
- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Límites políticos
- Localidades
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

SpDdL-Susceptibilidad por deslizamiento de laderas

Peligro por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo

El fraccionamiento Lomas del Álamo, ubicado en el municipio de Tolcayuca en el estado de Hidalgo, enfrenta un peligro significativo debido a la posibilidad de deslizamientos de laderas. Este fenómeno geológico representa una amenaza tanto para la infraestructura como para la seguridad de los habitantes de la zona.

Ladera con aplicación de zarpeo, actualmente presenta fisuras.

Tolcayuca se encuentra en una región caracterizada por su actividad tectónica y variedad topográfica. Las laderas y colinas son comunes en el área, lo que, combinado con las condiciones climáticas y los tipos de suelo, puede dar lugar a deslizamientos de tierra. En particular, el fraccionamiento Lomas del Álamo está asentado en terrenos que presentan pendientes pronunciadas y suelos susceptibles a la erosión.

Distancia aproximada de 5 metros entre la ladera y la vivienda.

Factores que contribuyen a los deslizamientos de laderas

- Condiciones climáticas: las precipitaciones intensas, especialmente durante la temporada de lluvias, son uno de los principales desencadenantes de los deslizamientos de laderas. El agua de lluvia se infiltra en el suelo, aumentando su peso y disminuyendo la cohesión entre las partículas, lo que puede resultar en el deslizamiento de la masa de tierra.
- Características del suelo: los suelos en Lomas del Álamo presentan características que los hacen vulnerables a los deslizamientos. La presencia de arcillas expansivas, que cambian de volumen con la humedad, y la falta de vegetación adecuada para estabilizar el suelo son factores críticos. Además, la actividad humana, como la construcción de viviendas y la modificación del paisaje, ha alterado las condiciones naturales del terreno.

Actividad sísmica: Hidalgo es una zona con actividad sísmica moderada. Los movimientos telúricos pueden desencadenar deslizamientos al debilitar la estructura del suelo y las laderas. Aunque los sismos en la región no suelen ser de gran magnitud, su frecuencia y acumulación de efectos pueden aumentar el riesgo de deslizamientos.

Las viviendas, las carreteras y otros servicios esenciales pueden sufrir daños severos debido a los deslizamientos. La pérdida de bienes materiales, la interrupción de los servicios básicos y los costos de reconstrucción son algunas de las consecuencias que los residentes de Lomas del Álamo podrían enfrentar.

Barda ubicada en el lado derecho de las viviendas, con una pendiente pronunciada que representa riesgo de colapso en caso de apoyarse sobre ella.

Metodología

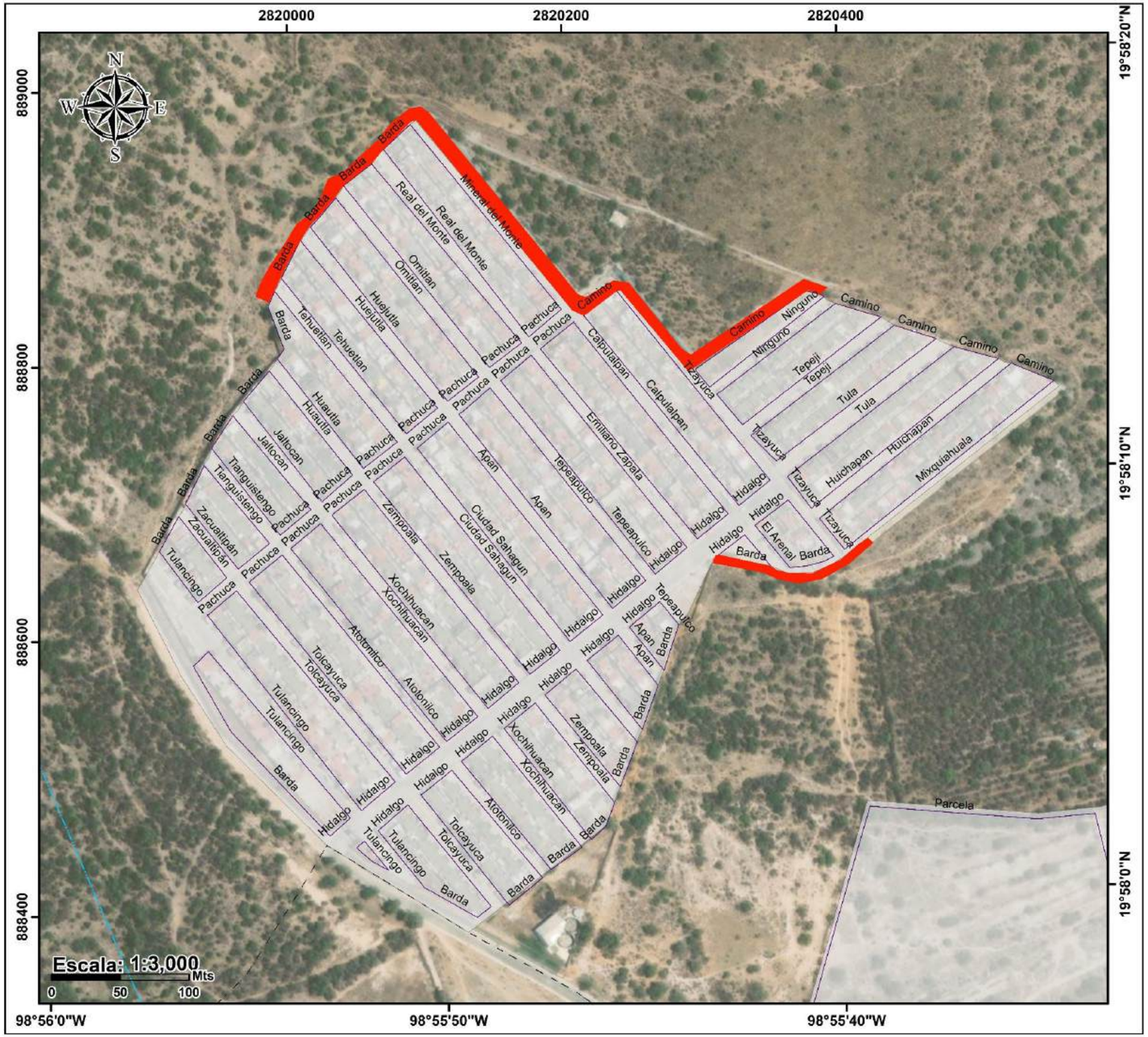
Para la identificación del peligro derivado deslizamiento de laderas se tomó como base el mapa de susceptibilidad con el objetivo de identificar las zonas más propensas a desarrollar deslizamientos. Se realizaron recorridos en el municipio para localizar áreas que presentaran evidencia de deslizamientos. Además de las zonas prioritarias de riesgo identificadas por elementos de protección civil y delegados del municipio.

Durante los recorridos en campo, se recopilaron puntos de GPS con el objetivo de obtener coordenadas precisas de las zonas de peligro. En dichas áreas se documentaron evidencias relacionadas con el tipo de roca, la inclinación del terreno, y la proximidad a viviendas, vialidades y otras infraestructuras. Estos aspectos fueron analizados de manera integral para determinar un nivel de peligro muy alto en todas las zonas identificadas.

Los puntos recolectados durante los recorridos fueron exportados y procesados para su visualización en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Utilizando el software ArcMap de ArcGIS, se trazaron polígonos que delimitan las zonas de peligro, los cuales se sobrepusieron a la capa de susceptibilidad por deslizamiento de laderas. Este análisis reveló que incluso áreas catalogadas con susceptibilidad baja o media pueden transformarse en zonas de peligro, bajo ciertas condiciones que desencadenan procesos de desprendimiento de formaciones rocosas, siendo las modificaciones antrópicas del terreno una de las principales causas.

Barda con un desprendimiento de aproximadamente 5 centímetros.

Mapa de peligro por deslizamiento de laderas: fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Peligro por deslizamiento de laderas

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos

- Manzanas
- Zonas urbanas

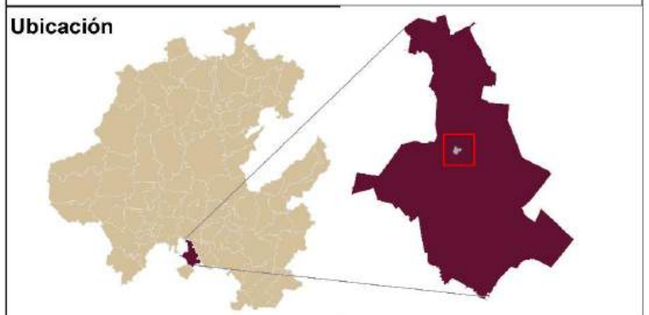
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpDdL - Peligro por deslizamiento de laderas

Vulnerabilidad por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo

La vulnerabilidad por deslizamiento de laderas es un problema geológico que afecta diversas regiones del país, especialmente aquellas con pendientes pronunciadas y suelos inestables. En el caso del fraccionamiento Lomas del Álamo, ubicado en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, la combinación de factores como la geología del terreno, las precipitaciones y el desarrollo urbano inadecuado ha incrementado el riesgo de movimientos en masa.

El fraccionamiento Lomas del Álamo se encuentra en una zona con pendientes significativas y suelos susceptibles a la erosión. Estudios previos han demostrado que las formaciones geológicas de la región están compuestas principalmente por materiales volcánicos y sedimentarios, los cuales presentan una alta susceptibilidad a la inestabilidad de laderas (INEGI, 2020). Además, la presencia de fallas geológicas y la falta de cobertura vegetal agravan la situación, facilitando la ocurrencia de deslizamientos (Gutiérrez et al., 2018).

Las lluvias intensas son un factor determinante en los deslizamientos de laderas. De acuerdo con datos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2022), la región de Tolcayuca experimenta precipitaciones significativas durante la temporada de lluvias, lo que puede saturar los suelos y reducir su cohesión, aumentando el riesgo de inestabilidad.

Fraccionamiento edificado en una zona de pendientes pronunciadas y suelos con alta susceptibilidad a la erosión.

El crecimiento urbano desordenado en Lomas del Álamo ha contribuido al aumento de la vulnerabilidad por deslizamientos. La construcción de viviendas en zonas de riesgo sin estudios geotécnicos adecuados ha alterado las condiciones naturales del terreno, afectando la estabilidad de las laderas (Hidalgo y Pérez, 2019). Además, la falta de infraestructura para el drenaje pluvial propicia la infiltración del agua en los suelos, debilitando su estructura.

Metodología

Una vez que se han delimitado las zonas de peligro, el siguiente paso es analizar los factores que incrementan la vulnerabilidad en dichas áreas. Estos factores se clasifican en dos categorías:

- Vulnerabilidad física: Esta categoría evalúa aspectos relacionados con el entorno natural que pueden agravar los riesgos. Se considera, en primer lugar, la proximidad de los asentamientos humanos a taludes o pendientes con

inclinaciones superiores a 72°, lo que aumenta la posibilidad de deslizamientos. Además, se toma en cuenta la presencia de litologías (tipos de rocas y suelos) susceptibles a movimientos de tierra, así como las modificaciones en el terreno que podrían generar inestabilidad.

- Vulnerabilidad social: En este caso, se analizan factores relacionados con las condiciones sociales y la organización de la comunidad. Se considera la densidad poblacional en zonas cercanas a laderas, lo que aumenta la exposición al riesgo. Asimismo, se tiene en cuenta la falta de acceso a infraestructura preventiva, como sistemas de barreras de contención o medidas de alerta temprana, lo que incrementa la vulnerabilidad de la población ante fenómenos de deslizamiento de laderas.

Para la identificación de la vulnerabilidad física se digitalizaron los lotes correspondientes a viviendas que se encuentran cerca de la zona de peligro

El total de lotes vulnerables se expone en el mapa de Vulnerabilidad por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo.

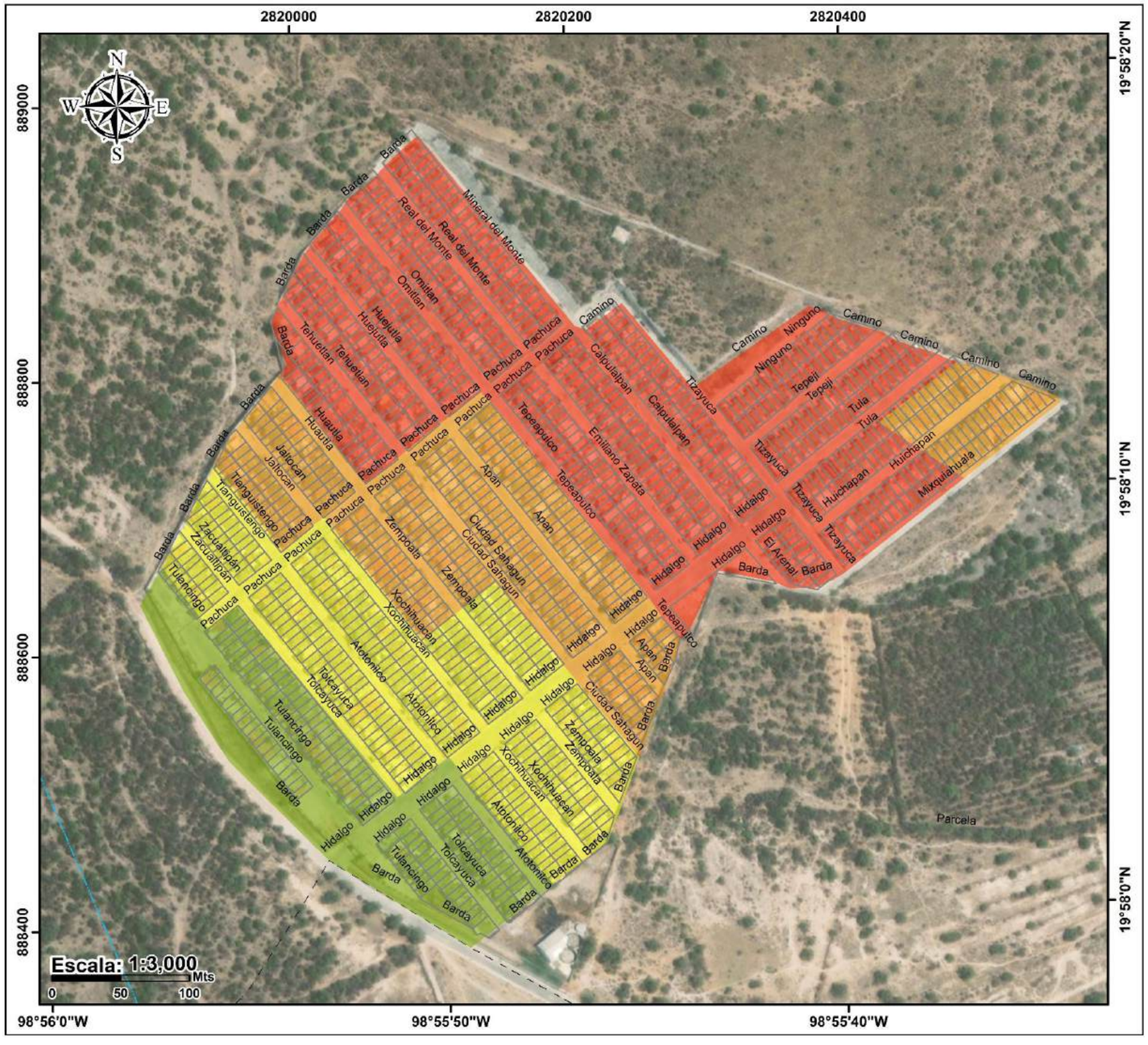
El valor respectivo de vulnerabilidad social por deslizamiento en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\mathrm{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(1200) = \mathbf{5,040}$$

En el municipio hay un total de **5,040 personas vulnerables ante deslizamiento de laderas**.

Mapa de vulnerabilidad por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Vulnerabilidad por deslizamiento de laderas

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos

- Lotes

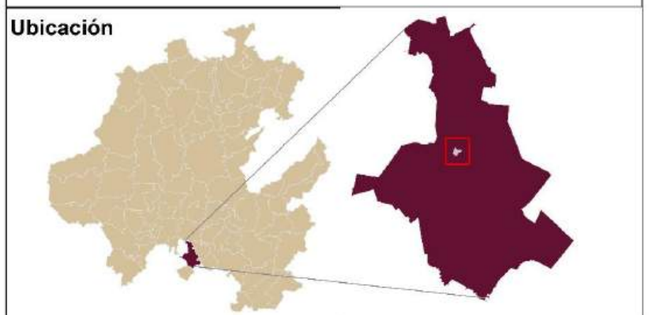
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VpDdL - Vulnerabilidad por deslizamiento de laderas

Riesgo por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo

El riesgo por deslizamiento de laderas es una amenaza geológica que puede causar daños materiales y humanos significativos. En el fraccionamiento Lomas del Álamo, la combinación de factores naturales y antrópicos ha incrementado la probabilidad de movimientos en masa, lo que representa un peligro latente para los habitantes de la zona.

Proximidad de las viviendas a la ladera, evidenciando un riesgo.

Metodología

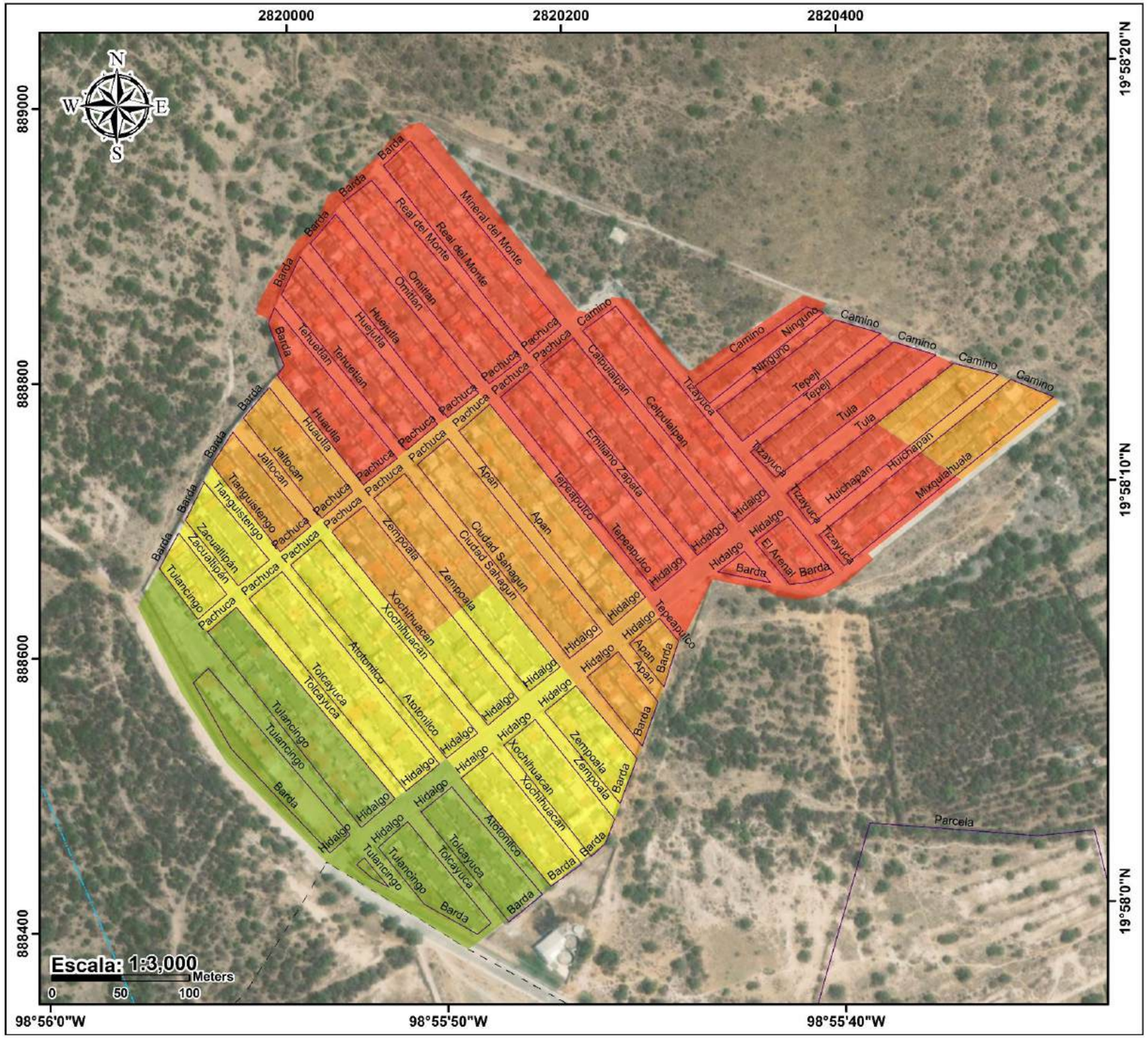
Para la identificación del riesgo por inestabilidad de laderas, se considera de manera conjunta el peligro con la vulnerabilidad. El peligro localizado en el fraccionamiento Lomas del Álamo se categorizo en 5 categorías que van desde muy alto hasta muy bajo y de la misma manera la vulnerabilidad para todo el fraccionamiento, esto de acuerdo con las observaciones directas durante la campaña en campo en las zonas de peligro.

En el software ArcMap, se elaboró un mapa general de riesgo que muestra el fraccionamiento en su totalidad.

RpDdL – Riesgo por deslizamiento de laderas

A nivel municipio, se expone **un total de 1200 lotes** ante la inestabilidad de laderas. Tanto el nivel de peligro se categorizo la zona de riego muy alto debido a la proximidad que se tiene a la zona de deslizamiento.

Mapa de riesgo por deslizamiento de laderas, fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Riesgo por deslizamiento de laderas

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos

- Manzanas

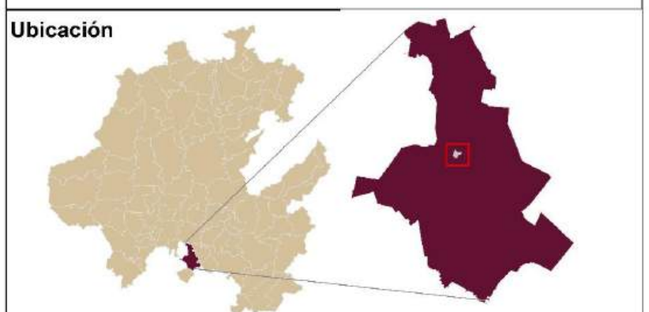
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpDdL - Riesgo por deslizamiento de laderas

Susceptibilidad por caída de roca

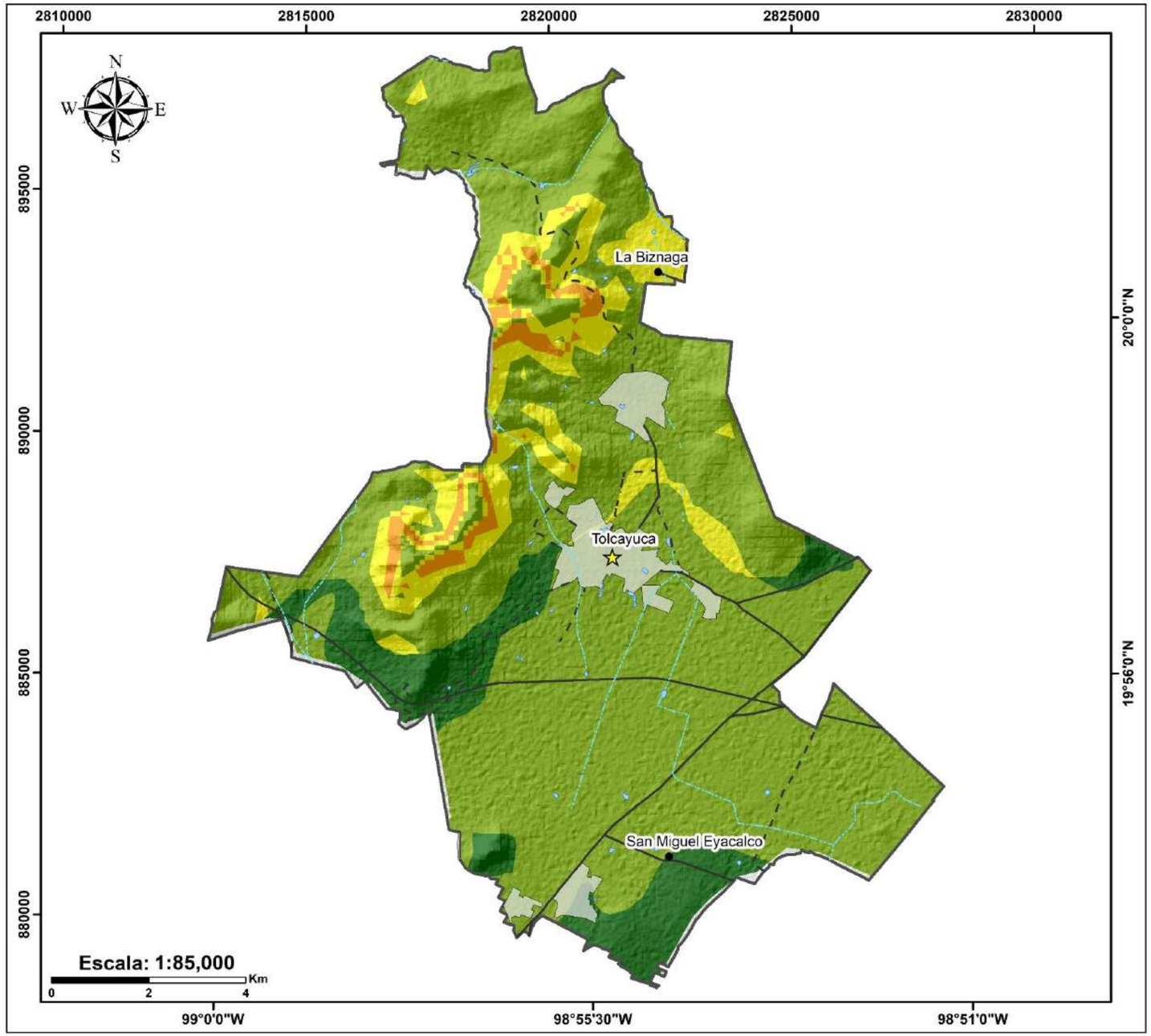
La susceptibilidad a la caída de roca hace referencia a la probabilidad o tendencia de que un material rocoso, generalmente en un talud o pared rocosa, se desprenda y caiga debido a una serie de factores físicos y geológicos. Este fenómeno es un tipo de inestabilidad de talud que puede poner en riesgo tanto a las personas como a las infraestructuras cercanas. La susceptibilidad se evalúa teniendo en cuenta diversos elementos que influyen en la estabilidad de las rocas.

Entre los factores más relevantes que contribuyen a la susceptibilidad a la caída de roca se incluyen la fracturación de las rocas, el tipo de material, las características estructurales de la roca, las variaciones climáticas, y la presencia de actividades humanas o naturales, como excavaciones, vibraciones o la erosión del agua. La fracturación y las fallas estructurales en las rocas pueden debilitar la cohesión de las mismas y facilitar su deslizamiento o caída. Además, cambios en las condiciones climáticas, como lluvias intensas, heladas o variaciones térmicas, pueden inducir tensiones en las rocas que aumenten la probabilidad de desprendimiento.

La pendiente del terreno también juega un papel crucial. Las pendientes pronunciadas en áreas montañosas o rocosas son más susceptibles a desprendimientos, especialmente si el terreno ha sido afectado por la actividad sísmica o el desgaste natural de la roca. Los procesos de meteorización, como la disgregación de las rocas debido a la exposición al aire y al agua, también contribuyen a incrementar la vulnerabilidad de las rocas a las caídas.

Además, la actividad humana puede ser un factor determinante, ya que las obras de excavación, la construcción de infraestructuras como carreteras, túneles o presas, pueden alterar la estabilidad de las formaciones rocosas. La sobrecarga o los cambios en las condiciones de soporte del terreno pueden generar tensiones adicionales que favorezcan el colapso de las rocas.

Mapa de susceptibilidad por caida de roca



Simbología

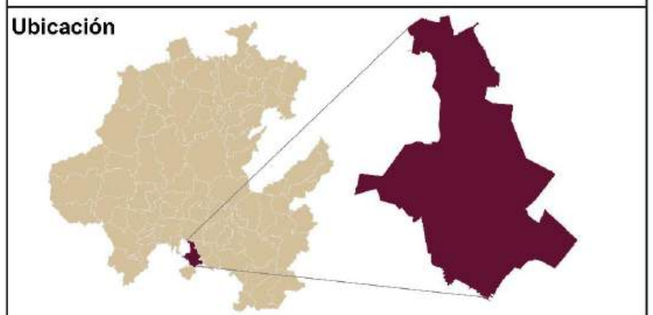
Susceptibilidad
- Muy bajo
- Bajo
- Medio
- Alto
- Muy alto

Límites político
- Localidades
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

SpCdR- Susceptibilidad por caida de roca

Susceptibilidad por flujos de lodo y detritos

La susceptibilidad por flujos es un fenómeno geodinámico condicionado por la interacción de factores morfológicos, climáticos, geológicos y antrópicos que predisponen un área a la ocurrencia de movimientos de masa. Dentro de estos factores, la pendiente del terreno es determinante en la inestabilidad de laderas, ya que influye directamente en la gravedad y el deslizamiento del material superficial (Dai & Lee, 2002). Asimismo, la precipitación actúa como un agente desencadenante al generar infiltración en el suelo y promover la saturación de los materiales, reduciendo la cohesión y facilitando el desprendimiento de partículas (Guzzetti et al., 2007).

La litología juega un papel fundamental en la susceptibilidad, pues las propiedades mecánicas de las rocas y su grado de alteración pueden aumentar o disminuir la resistencia al corte de los materiales (Crosta & Agliardi, 2003). Por otro lado, el uso de suelo y la cobertura vegetal tienen una influencia significativa en la estabilidad de las laderas, ya que la vegetación actúa como un agente estabilizador al mejorar la estructura del suelo y reducir la erosión superficial (Van Westen et al., 2008).

Metodología

El análisis de susceptibilidad por flujos en el contexto de la inestabilidad de laderas se fundamenta en la aplicación del método de Saaty, también conocido como Proceso de Análisis Jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés). Este enfoque permite la asignación de pesos a variables determinantes en la estabilidad del terreno, a través de comparaciones pareadas y la construcción de una matriz de juicio experto.

Para la evaluación de la susceptibilidad, se consideraron cuatro variables clave: pendiente, precipitación, litología y uso de suelo/vegetación. La determinación de los pesos relativos de cada variable se efectuó mediante la jerarquización de criterios, asignando valores de importancia basada en el impacto relativo de cada factor sobre la ocurrencia de flujos.

La matriz de comparación pareada se estructuró a partir de la escala fundamental propuesta por Saaty, la cual asigna valores entre 1 y 9 para representar la intensidad de preferencia de un criterio sobre otro. Posteriormente, se obtuvo el vector de prioridades normalizado y el cálculo del índice de consistencia (IC) y la razón de consistencia (RC) para validar la coherencia de los juicios emitidos.

Los pesos resultantes de este análisis fueron los siguientes: pendiente (0.66), precipitación (0.11), litología (0.19) y uso de suelo/vegetación (0.04). Dichos valores reflejan la contribución relativa de cada variable en la generación de flujos en laderas, evidenciando que la pendiente constituye el factor preponderante en la susceptibilidad del terreno.

Finalmente, la combinación de estos pesos con los datos geoespaciales correspondientes a cada variable permitió la generación de un mapa de susceptibilidad. Este insumo cartográfico constituye una herramienta clave en la gestión del riesgo, al proporcionar una representación espacial de las zonas más propensas a experimentar inestabilidad por flujos en el área de estudio.

La información de los archivos vectoriales o ráster incluye los respectivos pesos que fueron obtenidos a partir de la matriz de Saaty. A continuación, resumen en tablas los pesos obtenidos en la matriz, además de los mapas reclasificados que contienen las variables consideradas para el análisis.

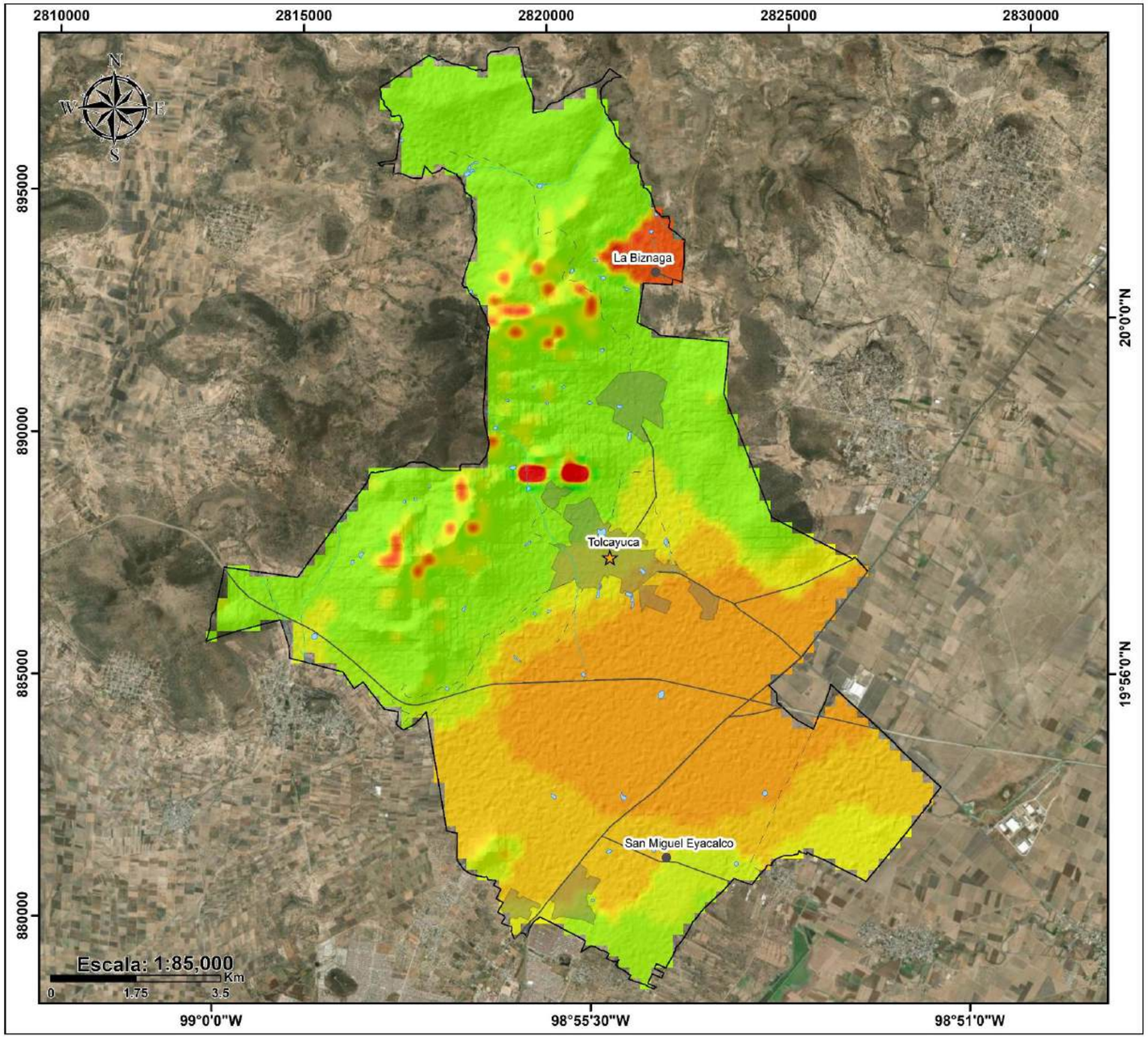
PONDERACIONES		PESOS
C1	Pendiente	0.75
C2	Precipitación	0.09
C3	Litología	0.16
		1.00

PENDIENTE				PESOS
C1	Muy baja	0° a 10°	1	0.03
C2	Baja	10° a 20°	2	0.03
C3	Media	20° a 30°	3	0.06
C4	Media alta	30° a 45°	4	0.14
C5	Alta	45° a 70°	5	0.25
C6	Muy alta	70° a 90°	6	0.48
				1.00

PRECIPITACIÓN			PESOS
C1	95-100 mm	Superior a su normal climático	0.027
C2	100-105 mm	Superior a su normal climático	0.039
C3	105-110 mm	Superior a su normal climático	0.062
C4	110-115 mm	Superior a su normal climático	0.134
C5	115-120 mm	Extremo a su normal climático	0.300
C6	120-138 mm	Extremo a su normal climático	0.438
			1.000

LITOLOGÍA		PESOS
C1	Ígneas extrusivas	0.10
C2	Depósitos lacustres	0.64
C3	Depósitos coluviales y aluviales	0.26
		0.74

Mapa de susceptibilidad por flujos de lodo y detritos



Simbología

Susceptibilidad por flujos

Nivel

Alto

Bajo

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

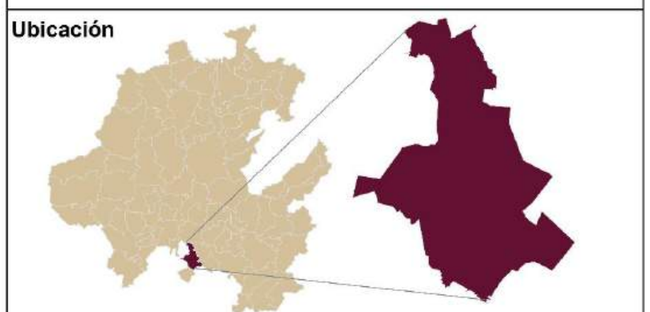
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

SpF - Susceptibilidad por flujos de lodo y detritos

Peligro por hundimiento

Peligro por hundimiento: El hundimiento del terreno, también conocido como subsidencia, es un fenómeno geológico que ocurre cuando la superficie terrestre se hunde gradualmente o de manera súbita debido a la compactación del suelo, la disolución de materiales subterráneos o la extracción de recursos naturales como agua y minerales (Gutiérrez, 2016).

Las principales causas de este fenómeno incluyen:

Extracción de agua subterránea: En muchas regiones, la sobreexplotación de los acuíferos genera una disminución en la presión del agua subterránea, lo que provoca la compactación de los sedimentos y el hundimiento del suelo (Poland & Davis, 1969).

Colapso de cavidades subterráneas: La disolución de materiales como la caliza puede generar cavidades subterráneas que, al colapsar, provocan hundimientos en la superficie (Gutiérrez et al., 2014).

Actividad sísmica: En algunas zonas, los movimientos tectónicos pueden inducir subsidencia en el terreno, especialmente en áreas con fallas geológicas activas (Galloway & Burbey, 2011).

Carga excesiva sobre el terreno: La construcción de edificaciones y el peso de estructuras pesadas pueden acelerar el proceso de hundimiento en suelos arcillosos o sedimentarios (Holzer, 1984).

Peligro por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo

Tolcayuca, se encuentra sobre una cuenca de sedimentación, lo que lo hace susceptible a fenómenos como el hundimiento. Esta cuenca está compuesta principalmente por materiales suaves como arcillas y limos, que son propensos a la compresión y deformación bajo la influencia de cargas superficiales.

Desplazamiento entre los inmuebles como resultado del hundimiento en el terreno.

Además, la actividad hidrogeológica, en particular el drenaje subterráneo y la extracción de agua, juega un papel importante en la dinámica del subsuelo de la región (Pérez et al., 2017).

Barda que muestra fracturamientos originados por el hundimiento en la zona circundante.

El hundimiento del suelo en áreas urbanas como Lomas del Álamo es causado principalmente por la sobreexplotación de acuíferos. La extracción excesiva de agua subterránea provoca una disminución del nivel freático, lo que reduce la capacidad de los suelos para mantenerse estables. Este fenómeno se agrava cuando los terrenos de construcción no son adecuadamente evaluados en términos geotécnicos, lo que incrementa el riesgo de asentamientos descontrolados. Además, la construcción de fraccionamientos en terrenos que no cumplen con los requisitos geológicos adecuados, como es el caso de algunas zonas de Lomas del Álamo, puede desencadenar procesos de hundimiento debido a la carga adicional sobre los suelos (Martínez et al., 2015).

Inmueble que presenta signos de hundimiento en sus cimientos, evidenciando afectaciones estructurales.

Metodología

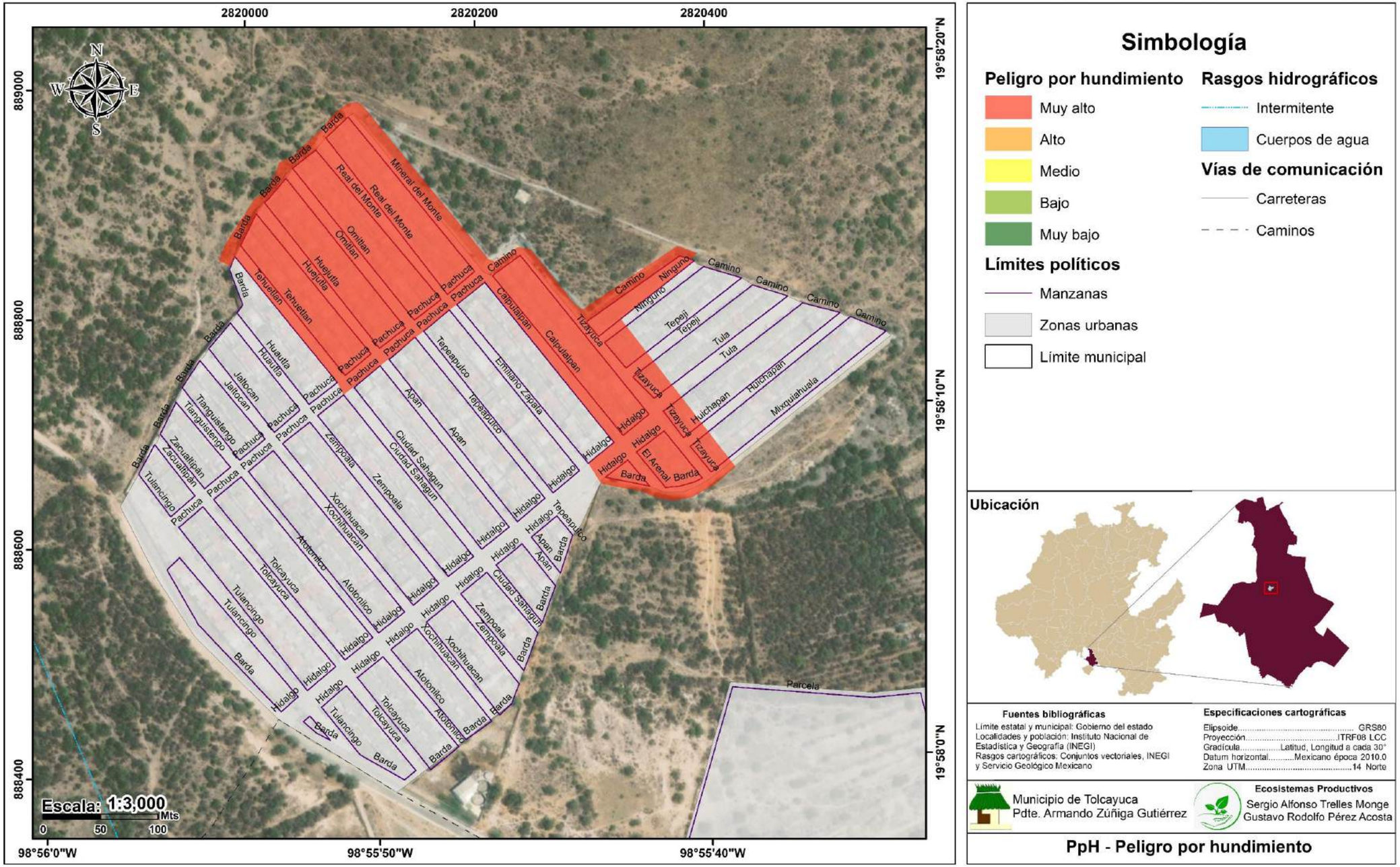
Para la identificación del peligro derivado deslizamiento de laderas se tomó como base el mapa de susceptibilidad con el objetivo de identificar las zonas más propensas a desarrollar deslizamientos. Se realizaron recorridos en el municipio para localizar áreas que presentaran evidencia de deslizamientos. Además de las zonas prioritarias de riesgo identificadas por elementos de protección civil y delegados del municipio.

Durante los recorridos en campo, se recopilaron puntos de GPS con el objetivo de obtener coordenadas precisas de las zonas de peligro. En dichas áreas se documentaron evidencias relacionadas con el tipo de roca, la inclinación del terreno, y la proximidad a viviendas, vialidades y otras infraestructuras. Estos aspectos fueron analizados de manera integral para determinar un nivel de peligro muy alto en todas las zonas identificadas.

Los puntos recolectados durante los recorridos fueron exportados y procesados para su visualización en Sistemas de Información Geográfica (SIG). Utilizando el software ArcMap de ArcGIS, se trazaron polígonos que delimitan las zonas de peligro, los cuales se

sobrepusieron a la capa de susceptibilidad por deslizamiento de laderas. Este análisis reveló que incluso áreas catalogadas con susceptibilidad baja o media pueden transformarse en zonas de peligro, bajo ciertas condiciones que desencadenan procesos de desprendimiento de formaciones rocosas, siendo las modificaciones antrópicas del terreno una de las principales causas.

Mapa de peligro por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Peligro por hundimiento
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos
- Manzanas
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación

Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpH - Peligro por hundimiento

Vulnerabilidad por hundimiento

La vulnerabilidad por hundimientos se refiere a la susceptibilidad de un terreno, estructura o región a sufrir daños o colapsos debido a fenómenos de hundimiento del suelo. Este tipo de vulnerabilidad se presenta cuando el terreno subyacente pierde estabilidad, lo que puede ser provocado por una variedad de factores, tanto naturales como antropogénicos.

En términos naturales, los hundimientos pueden ser causados por la erosión de las capas subterráneas, como en el caso de las cavidades formadas por la disolución de rocas solubles, o por la acumulación de agua subterránea que arrastra los materiales del suelo. Este fenómeno es más frecuente en áreas donde predominan suelos arcillosos, arenosos o rocas solubles como la caliza, las cuales son más propensas a la erosión o disolución.

Las actividades humanas, como la construcción de infraestructuras, la minería subterránea o la sobreexplotación de acuíferos, pueden generar condiciones que favorecen los hundimientos, alterando el equilibrio del subsuelo y provocando colapsos en el terreno.

La vulnerabilidad ante estos hundimientos depende de la geología del lugar, de las características estructurales de las edificaciones y de las condiciones ambientales. Las áreas urbanas con infraestructuras antiguas o mal construidas son especialmente susceptibles, ya que los cimientos de los edificios pueden no estar diseñados para resistir los efectos de un hundimiento.

Los impactos de los hundimientos son considerables, tanto en términos de daños materiales como en la posible pérdida de vidas humanas. Además, pueden generar alteraciones en las redes de infraestructuras, como carreteras, puentes y sistemas de agua, lo que afecta negativamente la funcionalidad y la seguridad de las comunidades. Por ello, es fundamental implementar medidas preventivas y planes de gestión adecuados para mitigar este tipo de riesgos, como el monitoreo constante de las condiciones del terreno, el uso de tecnologías geotécnicas avanzadas en la construcción y la regulación de actividades que puedan alterar el equilibrio geológico del área.

Vulnerabilidad por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo

El hundimiento del terreno es un fenómeno geológico que representa una de las principales amenazas para el desarrollo urbano en zonas con condiciones geológicas específicas. El fraccionamiento Lomas del Álamo, ubicado en Tolcayuca, Hidalgo, enfrenta riesgos significativos debido a la presencia de características geológicas y ambientales que favorecen la ocurrencia de este fenómeno. La vulnerabilidad de este asentamiento ante el hundimiento puede derivar de varios factores, como la composición del subsuelo, el tipo de suelo, y las actividades humanas.

El hundimiento del terreno generalmente se asocia con la compactación del subsuelo, la extracción de aguas subterráneas, o la presencia de suelos altamente expansivos. En el caso del fraccionamiento Lomas del Álamo, la región presenta características geológicas propias de las llanuras aluviales y terrenos volcánicos que, al ser combinados con la sobreexplotación de los recursos hídricos, aumentan la susceptibilidad al hundimiento. Según estudios previos (Gutiérrez et al., 2017), los suelos arcillosos y limosos son propensos a la consolidación y asentamiento, especialmente cuando experimentan cambios en su contenido de humedad, lo que puede inducir un hundimiento progresivo.

La urbanización desmedida, la construcción de infraestructura y el uso no regulado de las aguas subterráneas en Tolcayuca son factores que han incrementado la vulnerabilidad al hundimiento en el área. El exceso de extracción de agua subterránea, como se ha documentado en diversos estudios (Jiménez y Ramírez, 2018), disminuye la presión en los acuíferos y contribuye a la compactación del terreno. Esta acción, combinada con la alta carga sobre los suelos por el desarrollo urbano, podría provocar el hundimiento de áreas críticas, como es el caso de Lomas del Álamo.

Metodología

Una vez que se han delimitado las zonas de peligro, el siguiente paso es analizar los factores que incrementan la vulnerabilidad en dichas áreas. Estos factores se clasifican en dos categorías:

- Vulnerabilidad física: Esta categoría evalúa aspectos relacionados con el entorno natural que pueden agravar los riesgos. Se considera, en primer lugar, la proximidad de los asentamientos humanos a taludes o pendientes con inclinaciones superiores a 72°, lo que aumenta la posibilidad de deslizamientos. Además, se toma en cuenta la presencia de litologías (tipos de rocas y suelos) susceptibles a movimientos de tierra, así como las modificaciones en el terreno que podrían generar inestabilidad.
- Vulnerabilidad social: En este caso, se analizan factores relacionados con las condiciones sociales y la organización de la comunidad. Se considera la densidad poblacional en zonas cercanas a laderas, lo que aumenta la exposición al riesgo.

Asimismo, se tiene en cuenta la falta de acceso a infraestructura preventiva, como sistemas de barreras de contención o medidas de alerta temprana, lo que incrementa la vulnerabilidad de la población ante fenómenos de deslizamiento de laderas.

Para la identificación de la vulnerabilidad física se digitalizaron los lotes correspondientes a viviendas que se encuentran cerca de la zona de peligro

El total de lotes vulnerables se expone en el mapa **Vulnerabilidad por hundimeinto, fraccionamiento Lomas del Álamo.**

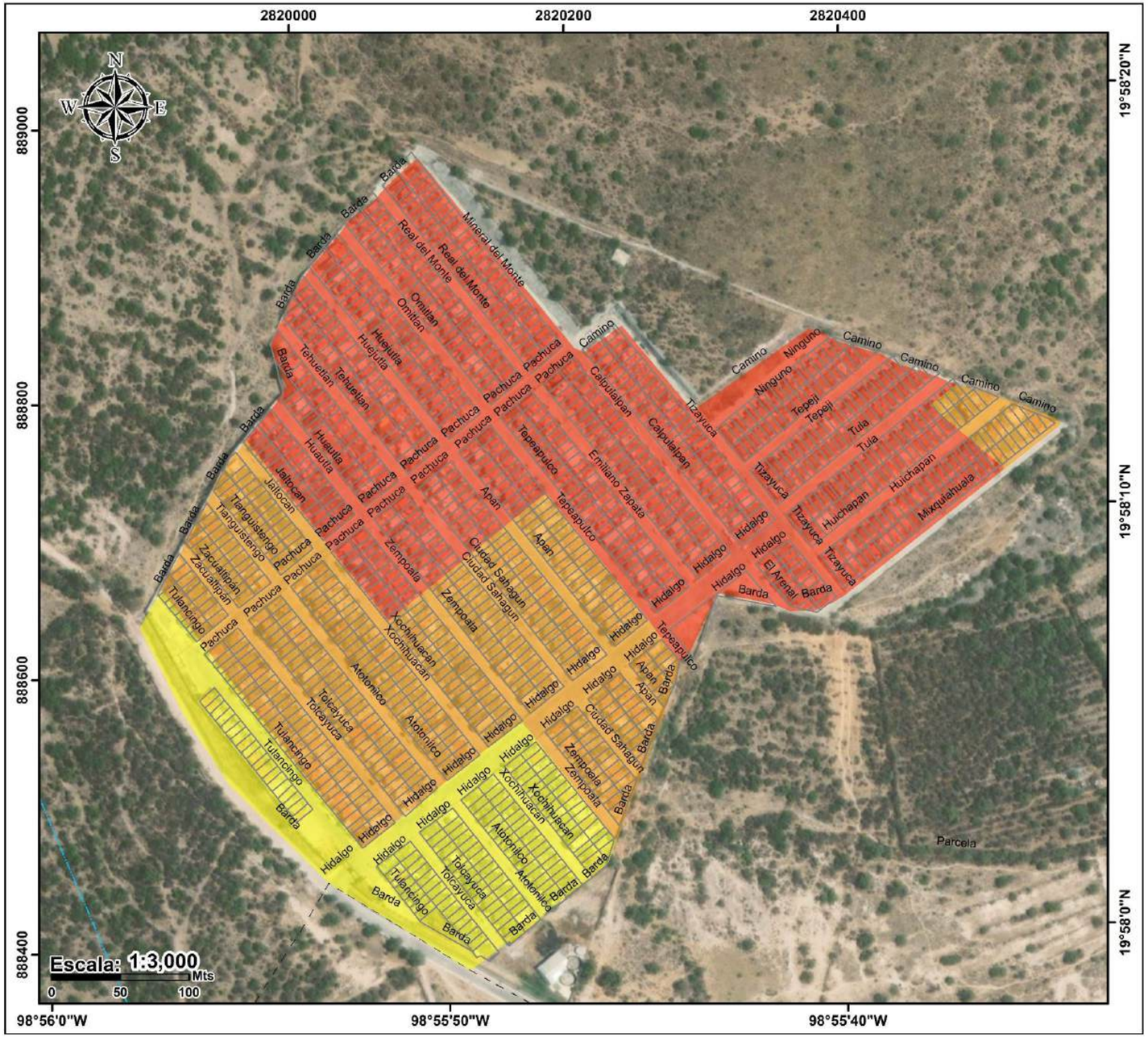
El valor respectivo de vulnerabilidad social por hundimiento en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\mathrm{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(1200) = \mathbf{5,040}$$

En el municipio hay un total de **5,040 personas vulnerables ante hundimiento**.

Mapa de vulnerabilidad por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Vulnerabilidad por hundimiento

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos

- Lotes

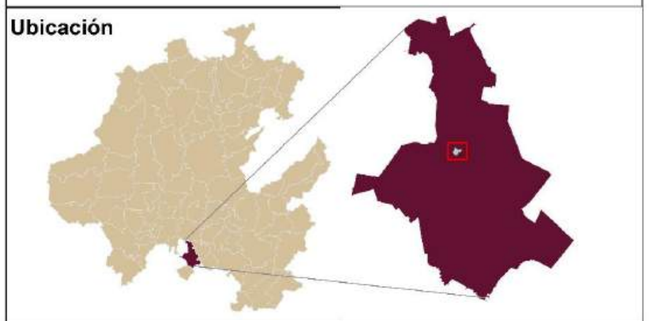
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VpH - Vulnerabilidad por hundimiento

Riesgo por hundimiento

El riesgo de hundimientos geológicos está asociado principalmente a la inestabilidad del suelo o roca que compone la superficie terrestre. En áreas donde existen cavidades subterráneas formadas por procesos naturales como la disolución de rocas calizas o salinas (fenómeno conocido como karstificación), o donde las actividades humanas, como la minería, han alterado la estructura geológica, el riesgo de hundimiento aumenta considerablemente. La caída de grandes volúmenes de tierra puede causar el colapso de edificios, carreteras, puentes y otras infraestructuras, provocando daños económicos significativos y, en algunos casos, la pérdida de vidas.

Además de los hundimientos provocados por fenómenos geológicos naturales, la actividad humana juega un papel crucial en la exacerbación de este riesgo. La extracción de agua subterránea, la minería y la construcción en áreas propensas a la inestabilidad pueden aumentar la probabilidad de hundimientos. La sobreexplotación de acuíferos, por ejemplo, reduce el soporte estructural de los terrenos, lo que puede generar hundimientos repentinos y peligrosos. En algunas regiones urbanas, el uso de técnicas de construcción inapropiadas en suelos inestables puede agravar aún más este riesgo.

El cambio climático puede influir indirectamente en los hundimientos geológicos, ya que fenómenos meteorológicos extremos, como lluvias intensas o sequías, afectan la estabilidad del suelo y pueden provocar deslizamientos o colapsos. Esta combinación de factores geológicos y climáticos aumenta el riesgo, especialmente en áreas con pérdida de capacidad de recuperación del terreno.

Riesgo por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo

El hundimiento del terreno puede ocurrir por una variedad de motivos. Uno de los factores predominantes en la zona de Lomas del Álamo es la presencia de suelos expansivos, los cuales pueden compactarse o desestabilizarse debido a la variabilidad en la humedad y la carga estructural. Este fenómeno es frecuentemente observado en áreas con arcillas expansivas, que se comportan de manera volátil cuando la humedad del suelo varía. La investigación de Rodríguez et al. (2017) sugiere que la expansión y contracción de las arcillas pueden generar deformaciones en la superficie, especialmente en zonas con edificaciones pesadas.

Otro factor importante es la actividad sísmica, propia de muchas regiones del país, incluida Hidalgo. Aunque Tolcayuca no se encuentra en una zona de alta actividad sísmica, los movimientos sísmicos de menor magnitud pueden agravar los riesgos de hundimiento en suelos ya comprometidos.

Desprendimiento en la barda perimetral del fraccionamiento, resultado del hundimiento del terreno.

En el caso específico del fraccionamiento Lomas del Álamo, la rápida urbanización sin una adecuada ingeniería geotécnica podría haber incrementado los riesgos asociados al hundimiento. Según Vázquez (2020), la construcción de viviendas sobre suelos no debidamente evaluados y la falta de drenaje adecuado pueden causar un desajuste en las condiciones de humedad del terreno, lo que puede generar asentamientos irregulares y, en casos extremos, hundimientos. Este riesgo es particularmente elevado en zonas de reciente urbanización, donde los asentamientos urbanos pueden interrumpir el flujo natural de agua, saturando los suelos y alterando su comportamiento estructural.

Además, el uso de maquinaria pesada y la acumulación de materiales de construcción pueden generar cargas adicionales sobre los suelos, acelerando los procesos de hundimiento, especialmente en áreas cercanas a cuerpos de agua o donde el suelo tiene una alta plasticidad (Sánchez et al., 2018).

Evidencia de fracturamientos en los marcos de la edificación.

Metodología

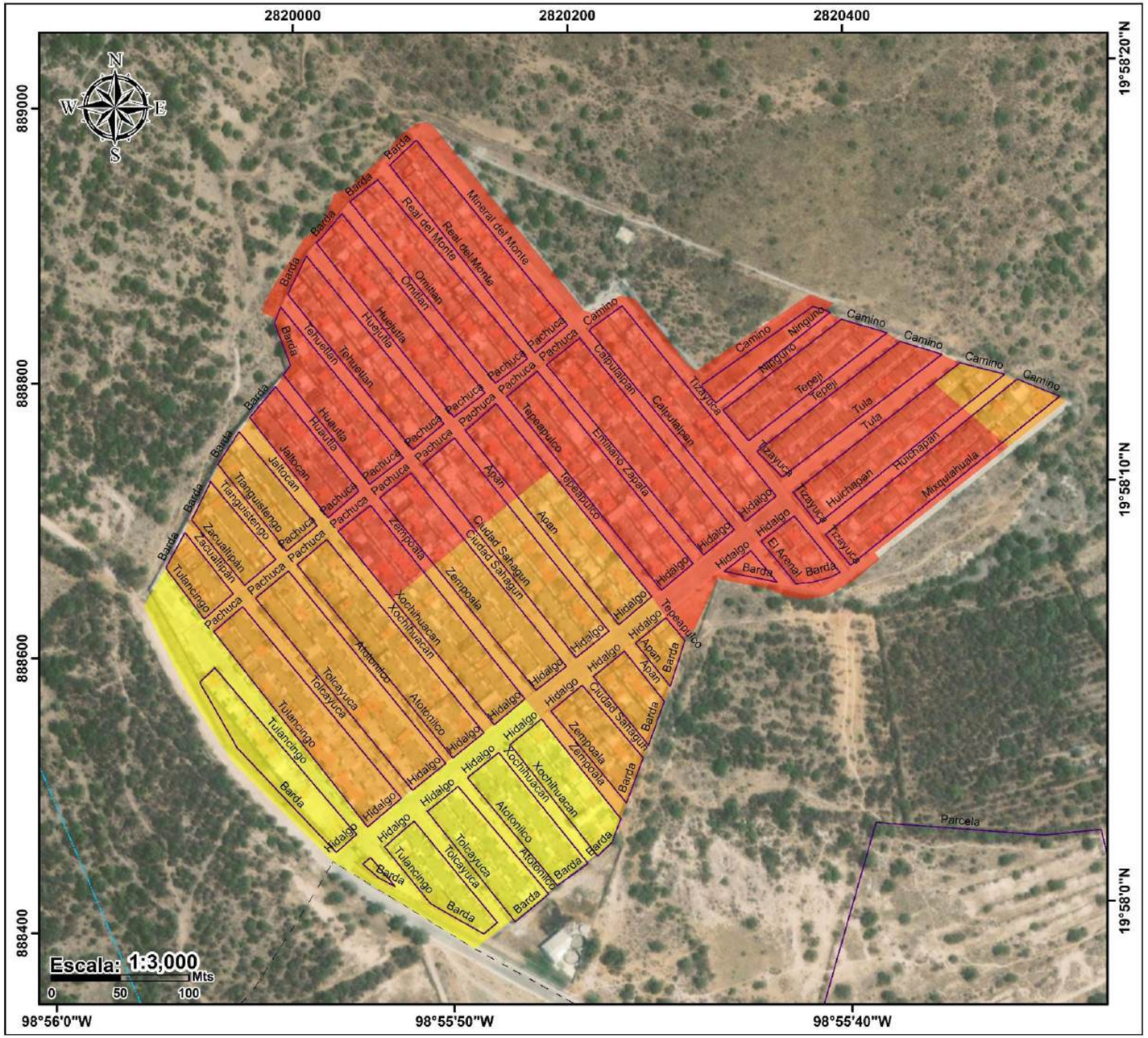
Para la identificación del riesgo por hundimiento, se considera de manera conjunta el peligro con la vulnerabilidad. El peligro localizado en el fraccionamiento Lomas del Álamo se categorizo en 5 categorías que van desde muy alto hasta muy bajo y de la misma manera la vulnerabilidad para todo el fraccionamiento, esto de acuerdo con las observaciones directas durante la campaña en campo en las zonas de peligro.

En el software ArcMap, se elaboró un mapa general de riesgo que muestra el fraccionamiento en su totalidad.

RpH – Riesgo por hundimiento

A nivel municipio, se expone **un total de 1200 lotes** ante el hundimiento. Tanto el nivel de peligro se categorizo la zona de riego muy alto debido a la proximidad que se tiene a la zona de hundimiento.

Mapa de peligro por hundimiento, fraccionamiento Lomas del Álamo



Simbología

Riesgo por hundimiento

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos

- Manzanas

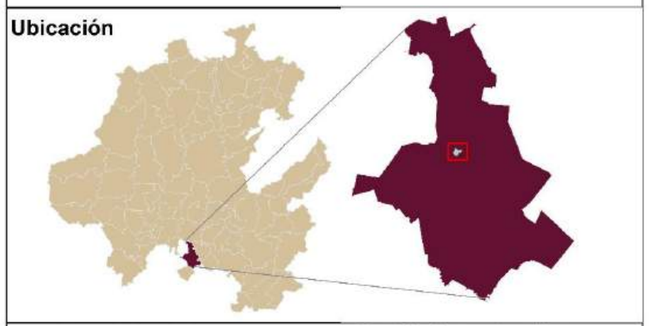
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpH - Riesgo por hundimiento

Peligro por sismicidad

Los sismos son producidos por la liberación repentina de energía de las placas tectónicas de la Tierra, provocando un movimiento en la corteza terrestre.

Geológicamente hablando, México es el resultado de distintos procesos tectónicos llevados a cabo durante su evolución. El territorio mexicano está situado sobre 5 placas tectónicas, la mayor parte del territorio pertenece a la placa Norteamericana, la península de Baja California pertenece a la placa del Pacifico, en las costas de Pacifico se encuentran las placas de Cocos, Rivera y del Caribe.

Los sismos pueden tener distintos niveles de intensidad, desde movimientos imperceptibles hasta oscilaciones potencialmente destructivas.

Aunque la interacción entre placas tectónicas es la razón principal de un sismo, existen otras:

- Tectónica: Se genera por el deslizamiento de las placas tectónicas.
- Vulcanismo: Cuando la erupción es violenta puede provocar un sismo de menor magnitud.
- Hundimiento: Cuando en el interior de la corteza se produce erosión por aguas subterráneas va dejando un vacío que provoca una caída, la cual puede generar sismos.
- Deslizamientos: El deslizamiento de montañas por fallas puede provocar microsismos.
- Explosiones: realizadas por el ser humano.

Los fragmentos de la litosfera están en constante movimiento debido a la actividad del manto terrestre y hay corrientes de convección causadas por el calor interno del planeta. Estas corrientes calientes ascienden hacía la superficie, mientras que las corrientes más frías descienden al núcleo. Este movimiento empuja las placas tectónicas en la superficie de la Tierra.

Por lo tanto, la fricción que se ejerce entre placas es responsable de los sismos que ocurren en el país, además de los que pueden ser generados por la actividad volcánica y colapso de cavernas.

El estado de Hidalgo presenta una baja a moderada actividad sísmica, lo que implica, que en general, el peligro por sismicidad no es tan elevado como en otras regiones del país, la actividad que puede llegar a experimentar se debe a que se encuentra dentro de la Faja Volcánica Transmexicana y sobre una interacción entre las placas de Cocos y Norteamericana, lo cual puede afectar en el desarrollo recurrente de terremotos.

Aunque el peligro sísmico el estado de Hidalgo no es tan alto, sigue siendo importante tomar precauciones y estar preparados para posibles temblores, el estado se encuentra dividido por regiones geoculturales las cuales se establecen en función de características geográficas, culturales, históricas o sociales, estas se

encuentran sujetas a diferentes peligros, riegos y vulnerabilidades.

Intensidad sísmica

Es una medida que describe los efectos de un terremoto en el epicentro sobre la superficie de la Tierra, específicamente en un lugar determinado. Mientras que la magnitud sísmica es una medida objetiva de la energía liberada en el hipocentro.

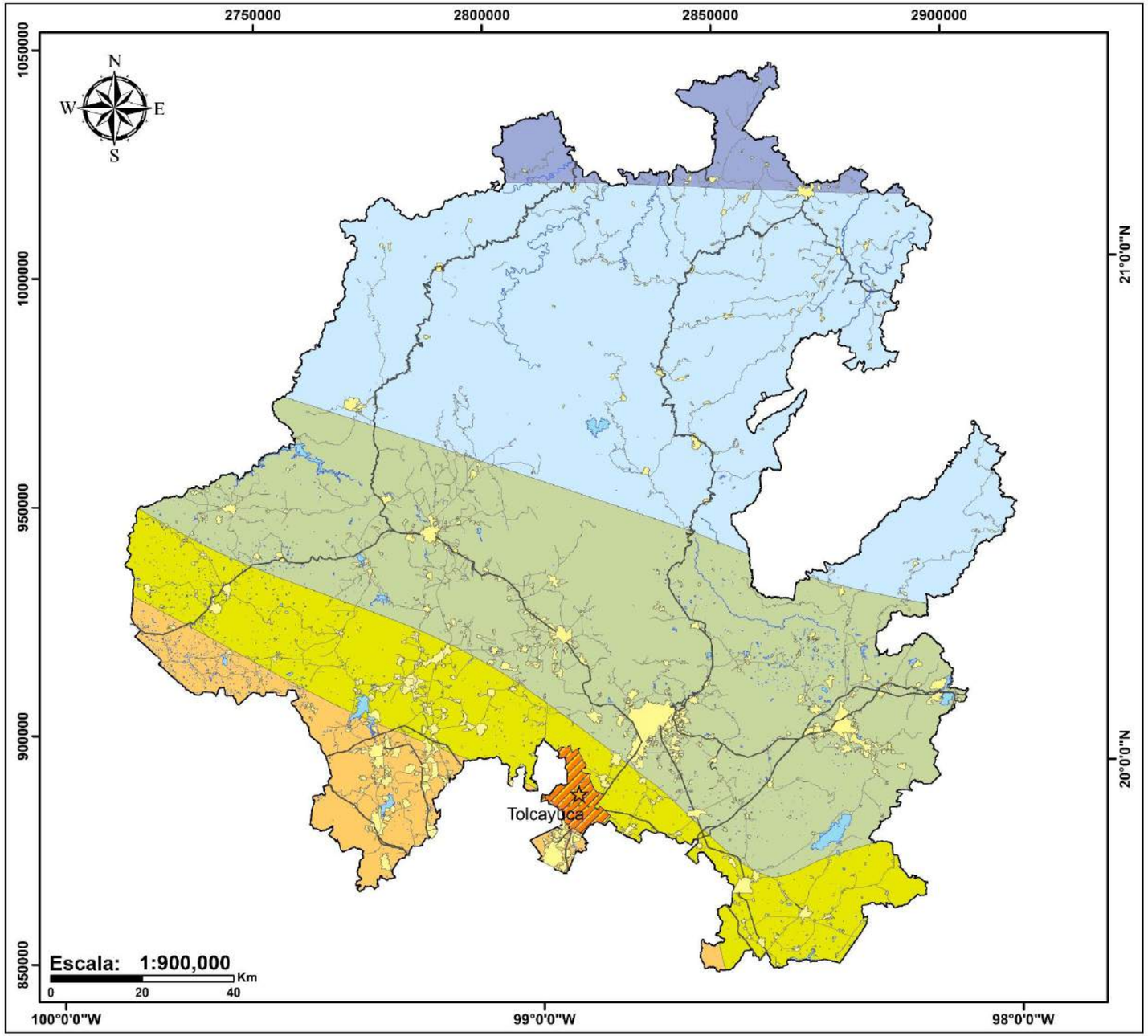
La escala de intensidad símica se asigna en función a los daños causados al hombre y sus construcciones. Se mide utilizando la "Escala de Mercalli modificada (MMI)". Esta escala asigna un valor numérico y una descripción cualitativa a la intensidad de un terremoto en función de los efectos observados en estructuras.

Los valores de intensidad en la escala de Mercalli modificada van desde I hasta XII.

Conocer la intensidad sísmica ayuda a determinar el grado de afectación que ha sufrido una zona tanto en infraestructura como en la población, permite ajustar las normativas de construcción y diseño en función de los efectos sísmicos, facilita la organización de esfuerzos de rescate y de distribución de recursos y proporciona información valiosa para el estudio de la dinámica de los terremotos y como afectan a diferentes zonas geográficas.

La intensidad sísmica es una herramienta crucial para comprender los efectos de un terremoto en áreas específicas, lo que permite una mejor respuesta ante desastres y planificación para mitigar los riesgos sísmicos.

Mapa de intensidad sísmica



Simbología

Intensidad sísmica

- Débil
- Ligero
- Moderado
- Fuerte
- Muy fuerte

Límites políticos

- Cabecera municipal de Tolcayuca
- Zonas urbanas
- Límite municipal de Tolcayuca
- Límite estatal

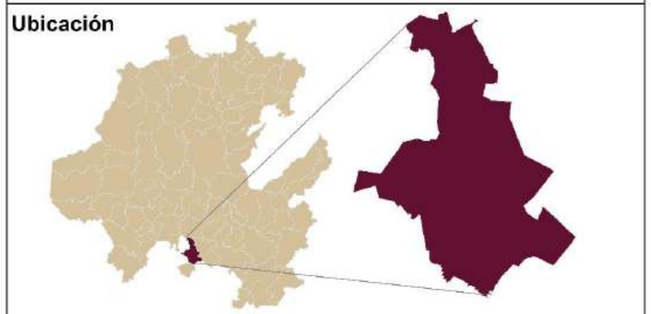
Vías de comunicación

- Estatal
- Federal

Rasgos hidrográficos

- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IS - Intensidad sísmica

Regionalización sísmica

La regionalización sísmica es un proceso fundamental dentro de la sismología y la geología, cuyo objetivo es dividir una región geográfica en diferentes zonas con características sísmicas similares. Este tipo de regionalización es clave para la gestión del riesgo sísmico, ya que permite una mejor comprensión de los patrones de actividad sísmica en distintas áreas y facilita la planificación de medidas preventivas y de respuesta ante terremotos.

El análisis sísmico en una región se basa en una serie de factores geológicos y tectónicos que afectan la frecuencia, intensidad y magnitud de los terremotos. Estos factores incluyen la estructura geológica, la actividad tectónica, la composición del suelo, la historia sísmica de la región y las características de las fallas activas presentes. La regionalización sísmica permite identificar zonas con mayor riesgo sísmico, así como áreas más estables, lo que es esencial para el diseño de infraestructuras resistentes y la planificación urbana.

Una de las bases más comunes para la regionalización sísmica es la identificación de zonas sísmicas activas, que corresponden a áreas con una alta probabilidad de experimentar terremotos significativos en el futuro cercano. Estas zonas suelen estar asociadas con límites de placas tectónicas, como las zonas de subducción, las dorsales oceánicas o las fallas activas. En cambio, las zonas sísmicas menos activas corresponden a regiones geológicamente estables, como áreas alejadas de los bordes tectónicos.

Los estudios sísmicos pueden usar diversos métodos para realizar esta regionalización, tales como el análisis histórico de terremotos, los estudios de aceleración sísmica y la medición de deformaciones tectónicas. Además, se pueden emplear modelos computacionales para simular el comportamiento sísmico de diferentes áreas bajo diferentes condiciones.

Una herramienta importante en la regionalización sísmica es la elaboración de mapas de peligrosidad sísmica. Estos mapas se basan en la recopilación de datos históricos y geológicos, así como en el análisis de la actividad sísmica reciente. Los mapas de peligrosidad sísmica permiten visualizar la intensidad y frecuencia esperada de los terremotos en una región determinada y sirven de base para el diseño de normas de construcción y políticas públicas de prevención de desastres.

El concepto de regionalización sísmica no solo es relevante para la construcción de infraestructuras seguras, sino también para la planificación de la respuesta ante emergencias y la educación de la población en zonas de alto riesgo. A través de una correcta regionalización, las autoridades pueden desarrollar estrategias de evacuación, sensibilización y capacitación, así como establecer protocolos de actuación para mitigar los efectos de un posible terremoto.

La regionalización sísmica se divide en cuatro zonas:

Zona A: Es una zona donde no se tienen registros históricos de sismos, no se han

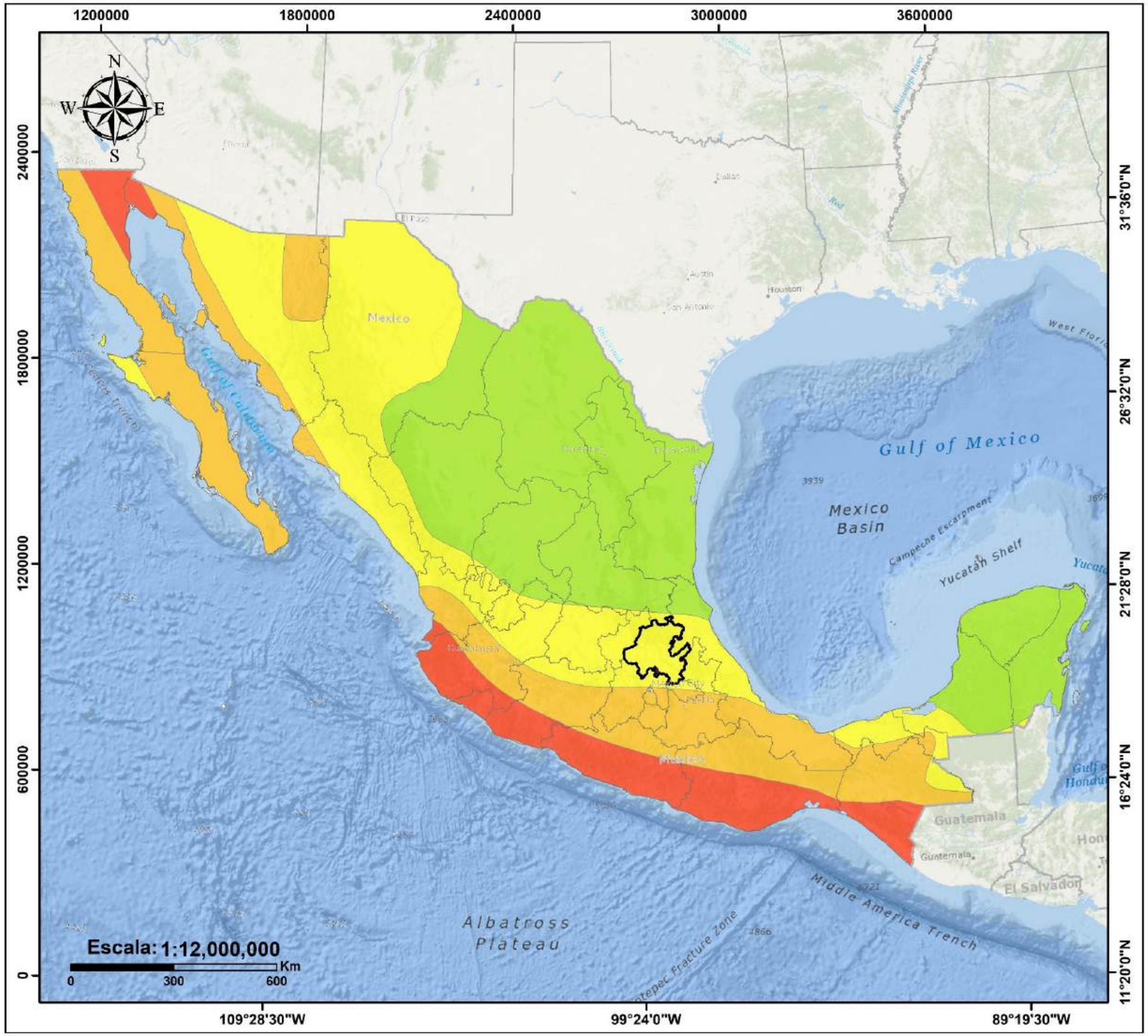
reportado sismos en los últimos 80 años y no se esperan aceleraciones del suelo mayores a un 10% de la aceleración de la gravedad a causa de temblores.

Zona B y C: Son zonas intermedias, donde se registran sismos no tan frecuentemente o son zonas afectadas por altas aceleraciones pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo.

Zona D: Es una zona donde se han reportado grandes sismos históricos, donde la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.

Según el análisis realizado por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, se consultó la capa de regionalización sísmica de la CFE de 2015 para el municipio de Tolcayuca, el cual está ubicado en la zona B. Esta zona pertenece a una región que forma parte de la Faja Volcánica Transmexicana, también conocida como Eje Neovolcánico, una de las áreas volcánicas más destacadas de México.

Mapa de regionalización sísmica



Simbología

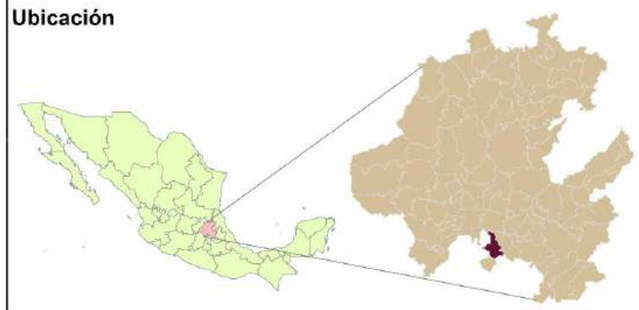
Región

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

Límites Políticos

- Límite estatal de Hidalgo
- Límite municipal de Tolcayuca
- Entidades federativas

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RS-Regionalización sísmica

Velocidad de onda de corte

La velocidad de onda de corte es el parámetro más importante para representar la rigidez de las capas del suelo y está relacionado con la amplificación del terreno.

Las ondas de velocidad de onda corta, también conocidas como ondas S, son un tipo de ondas sísmicas que se propagan a través de la Tierra durante un terremoto. Estas ondas, junto con las de velocidad de onda larga (ondas P), son los dos tipos principales. En las ondas S, el movimiento de las partículas que transportan es perpendicular a la dirección de propagación de la onda, por lo que producen un movimiento similar al de una cuerda que se sacude de lado a lado.

Los mapas de velocidades VS30 publicados en el portal del Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS), toman en consideración la relación que existe entre la pendiente topográfica y las condiciones geológicas del sitio, como las zonas de depósito, transición y firmes. El método de pendiente topográfica proporciona una evaluación robusta sobre las condiciones sísmicas del suelo en el sitio, y es una herramienta valiosa para la evaluación rápida de las zonas que tendrán mayor influencia en el movimiento del suelo debido a un evento sísmico (Jaimes et al, 2008).

La forma en que se sienten los sismos también depende de la distancia al epicentro del terremoto y la profundidad a la que ocurrió. Las montañas actúan como barreras naturales que atenúan la intensidad de las ondas sísmicas, lo que significa que las áreas del lado de sotavento de las montañas pueden sentir menos el impacto del terremoto en comparación con las áreas más expuestas.

En la tabla se muestran los valores típicos del parámetro Vs30 ligados a una letra mayúscula, como un criterio para clasificar los suelos. La velocidad de onda de corte permite evaluar las condiciones físicas del suelo para determinar la influencia de éstas ante un evento sísmico. De acuerdo con estudios recientes del comportamiento del suelo y sus estructuras, se consideran las siguientes velocidades en profundidad promedio de 30 m, así como los efectos de sitio que pueden generarse sobre una determinada área o región:

Clasificación del sitio	Tipo de suelo	Vs30
A	Roca dura	Vs30 > 1500
B	Roca	760 < Vs30 < 1500
C	Roca suave y/o suelo denso	360 < Vs30 < 760
D	Suelo Firme	180 < Vs30 < 360
E	Suelo Blando	Vs30 < 180

Lo que podemos observar es que dentro del estado se tiene la presencia de tipos de suelo firme y blando firme que se clasifican en sitios de tipo D y E con una velocidad de onda de corte <180 a 360 en la zona sur del estado.

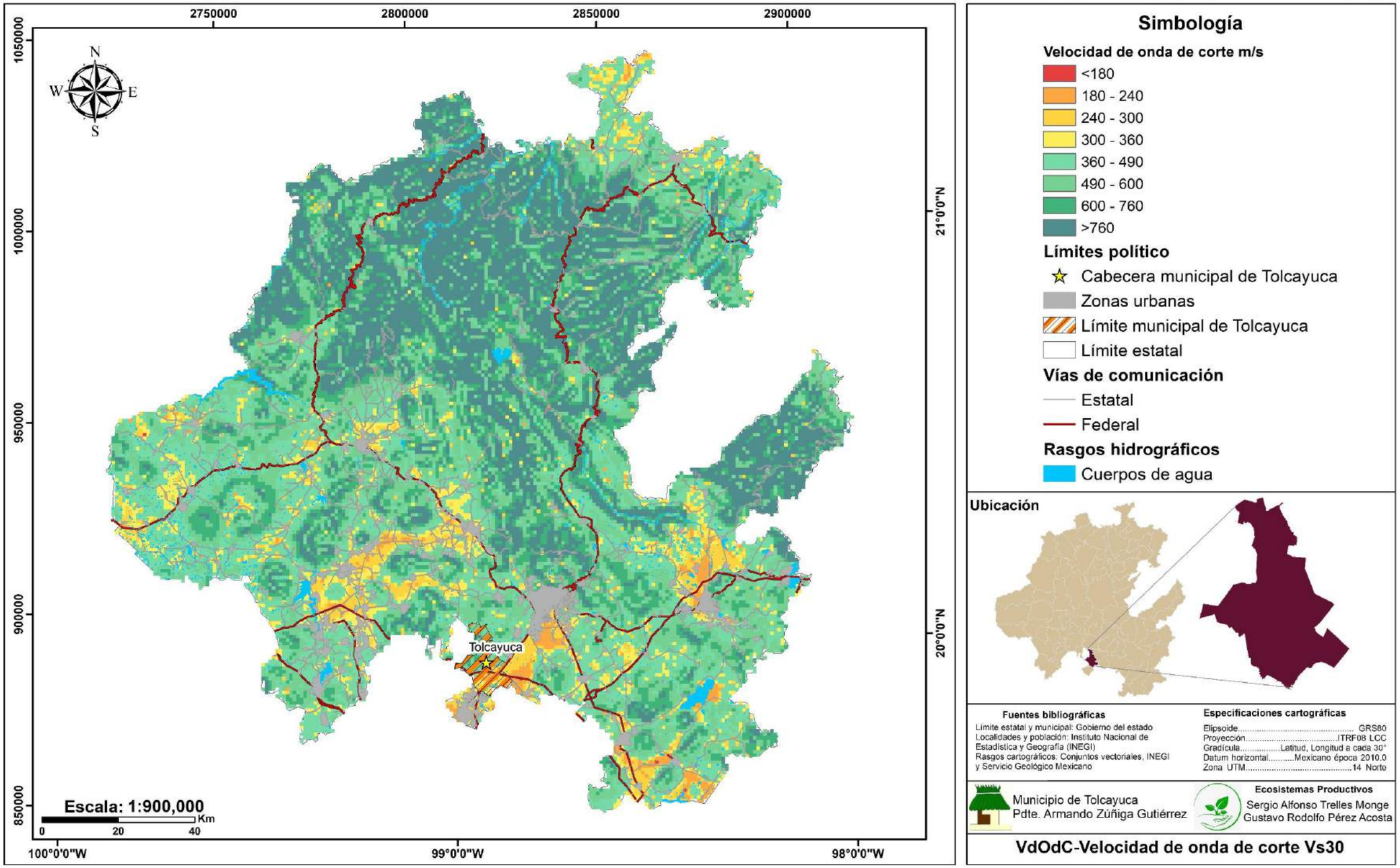
En la zona norte predomina en sitios de tipo C con un tipo de roca suave o suelo denso, y por último la zona este y oeste predominan sitios

de tipo C y D con tipo de suelo denso y suelo firme.

Por otra parte, en el municipio de Tolcayuca se tiene la presencia de tipos de suelo denso o suelo firme que se clasifican en sitios de tipo C y D con velocidades de onda de corte 360 - >760.

Además, la forma en que se sienten los sismos también puede depender de la distancia al epicentro del terremoto y la profundidad a la que ocurrió. Las montañas pueden actuar como barreras naturales que atenúan la intensidad de las ondas sísmicas, lo que significa que las áreas en el lado de sotavento de las montañas pueden sentir menos el impacto del terremoto en comparación con las áreas más expuestas

Mapa de velocidad de onda de corte Vs30



Zonificación de peligro sísmico

Proceso mediante el cual, se clasifican las áreas geográficas en función a la probabilidad y la intensidad esperada de un evento sísmico. El objetivo de la zonificación sísmica es reducir los riesgos para la vida humana, las infraestructuras y las propiedades que se encuentran en zonas propensas a terremotos.

Se toman en cuenta diversos factores para llevar a cabo la zonificación sísmica:

- Sismicidad histórica: Se estudian los sismos pasados en la región para identificar patrones de actividad.
- Ubicación de fallas geológicas: Se evalúan las fallas que estén activas.
- Características geológicas del terreno: El tipo de suelo y roca de una región influye en la propagación de ondas sísmicas.

La vulnerabilidad sísmica también se relaciona con la resistencia de la infraestructura crítica, como carreteras, puentes, hospitales y servicios de emergencia. Si estas infraestructuras no están diseñadas para resistir sismos, pueden afectar negativamente la capacidad de respuestas y recuperación después de un evento sísmico.

Las zonas sísmicas se dividen en diferentes categorías:

- Zona de alta actividad sísmica: Son zonas con mayor probabilidad de experimentar sismos de gran magnitud.
- Zona de actividad sísmica moderada: En estas áreas se esperan sismos fuertes de manera ocasional.
- Zonas de baja actividad sísmica: Aquí los sismos son poco frecuentes y de magnitud baja.

Esta vulnerabilidad puede depender de varios factores:

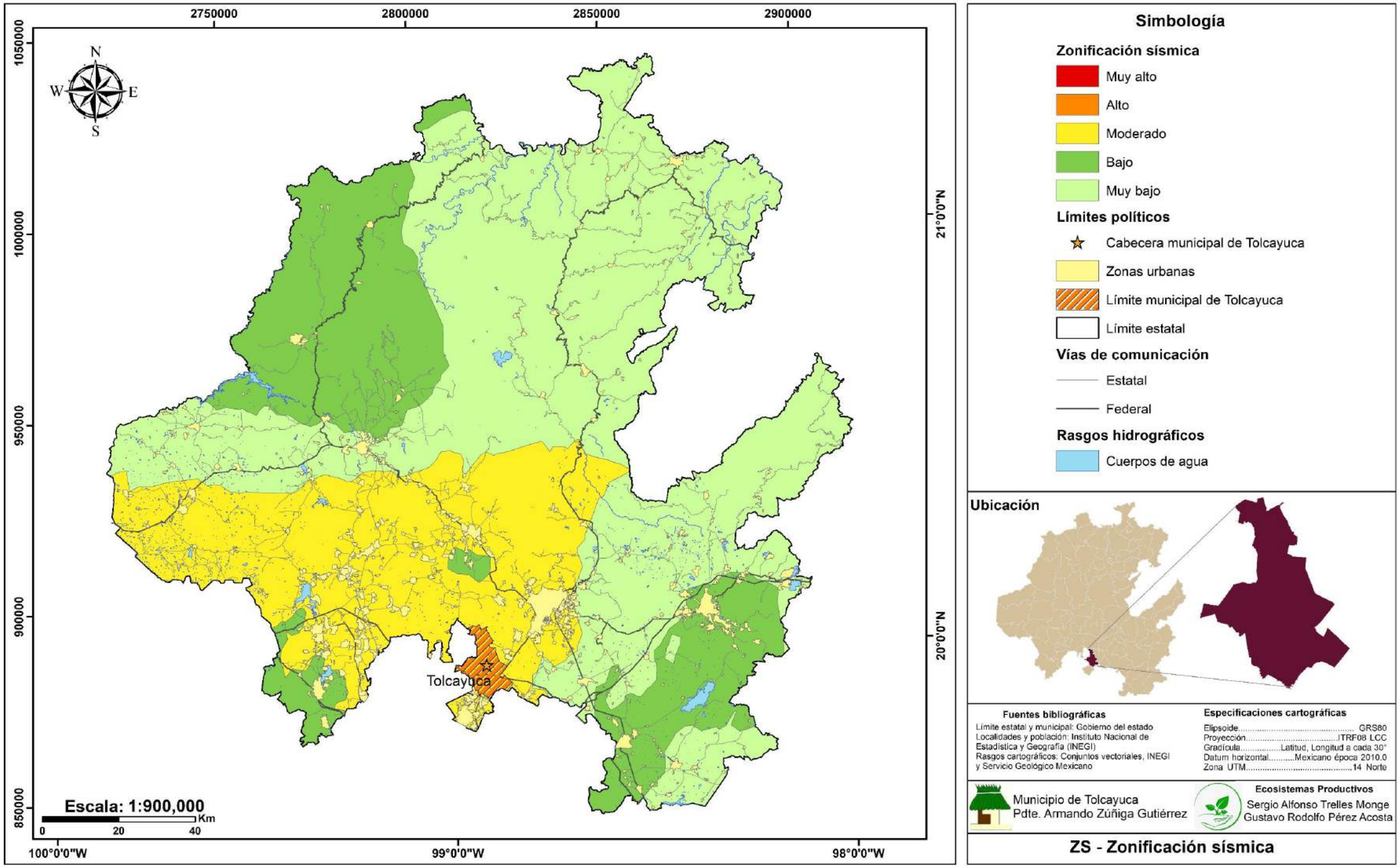
- Ubicación geográfica: Hidalgo se encuentra en una zona sísmica al colindar con el Eje Neovolcánico y es atravesado por el Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas.
- Calidad de las construcciones: La vulnerabilidad sísmica se ve agravada cuando las edificaciones no cumplen con los estándares de construcción antisísmica, por lo que edificaciones mal diseñadas pueden colapsar o sufrir daños significativos durante un sismo.
- Densidad de población: La concentración de personas en áreas urbanas puede aumentar la vulnerabilidad, ya que un sismo puede en causar mayores pérdidas en lugares con gran aglomeración de personas.
- Infraestructura critica: La vulnerabilidad sísmica también se relaciona con la resistencia de carreteras, puentes, hospitales y servicios de emergencia. Si estas estructuras no están diseñadas para resistir sismos, pueden afectar negativamente a la capacidad de respuesta y recuperación.

El estado de Hidalgo cuenta con una demarcación territorial de 2,067,143.1 hectáreas, de las cuales el 25.6% se encuentran

en una magnitud de riesgos media, el 1.9% se encuentran en una magnitud de riesgo media-baja, 20.5% presentan magnitud baja y el 51.8% se encuentran por riesgo muy bajo por sismos.

Cabe mencionar que la mayor parte del municipio de Tolcayuca se encuentra dentro de una zona moderada. Usualmente las zonas en esta categoría pueden encontrarse en áreas donde las placas tectónicas están relativamente estables y no experimentar grandes movimientos o interacciones significativas.

Mapa de zonificación sísmica



Sismicidad histórica y cómo se mide

La sismicidad histórica se refiere al registro de terremotos y actividades que ha sido documentada a lo largo del tiempo.

El término “sismo” se refiere al fenómeno general de vibraciones o movimientos en la corteza terrestre, causados por la liberación de energía acumulada en las rocas.

Por otro lado, el “epicentro” es el punto en la superficie de la Tierra directamente encima de donde se genera el sismo en el interior, donde el sismo alcanza su mayor intensidad. Para determinar la ubicación de un epicentro se utilizan los datos recopilados de estaciones sismográficas que registran las ondas sísmicas generadas por el evento. Este proceso de localización del epicentro se realiza de forma automatizada con sistemas especializados que procesan los datos de las estaciones sismográficas en tiempo real para proporcionar una ubicación precisa del epicentro lo más rápido posible después de que ocurra un terremoto.

La magnitud del sismo se puede medir comúnmente con la escala de Mercalli o la escala Richter. La escala Mercalli (MMI) es una evaluación cualitativa, consta de 12 niveles para medir el impacto, fue desarrollada por el sismólogo italiano Giuseppe Mercalli a principios del siglo XX y se basa en la observación directa de los daños causados por un sismo en un área determinada. Es importante tener en cuenta que la intensidad puede variar de acuerdo con la distancia del epicentro, características geológicas y estructurales del área afectada.

La escala Richter mide la energía sísmica liberada en cada sismo, se basa en la amplitud de la onda registrada en el sismograma, fue propuesta por Charles F. Richter en 1935, sin embargo, por limitaciones intrínsecas al tipo de datos que emplea, esta escala ya no es usada en México.

A pesar de que el estado de Hidalgo no se encuentra en una zona de alta sismicidad, ha experimentado sacudidas de moderada intensidad en sus principales ciudades, como Pachuca, Tizayuca y Tulancingo debido a su proximidad a zonas sísmicas más activas.

La actividad sísmica en Hidalgo está influenciada por varias fallas tectónicas menores, así como la proximidad a otras fallas más grandes en el Valle de México y la Faja Volcánica Transmexicana.

ESCALA DE MERCALLI			
Intensidad instrumental	Movimiento del suelo	Magnitud	Descripción
I	Imperceptible	1.0 – 2.9	Sacudida sentida por muy pocas personas en condiciones especialmente favorables.
II	Débil	3.0 – 3.9	Sacudida sentida sólo por pocas personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III	Leve		Sacudida sentida claramente en los interiores, especialmente en los pisos altos de los edificios, muchas personas no lo asocian con un temblor. Los vehículos de motor estacionados pueden moverse ligeramente. Vibración como la originada por el paso de un carro pesado. Duración estimable
IV	Moderado	4.0 – 4.9	Sacudida sentida durante el día por muchas personas en los interiores, por pocas en el exterior. Por la noche algunas despiertan. Vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; los muros crujen. Sensación como de un carro pesado chocando con un edificio, los vehículos de motor estacionados se balancean claramente.
V	Poco fuerte		Sacudida sentida casi por todo el mundo; muchos despiertan. Algunas piezas de vajillas, vidrios de ventanas, etcétera, se rompen; pocos casos de agrietamiento de aplanados; caen objetos inestables. Se observan perturbaciones en los árboles, postes y otros objetos altos. Se detienen relojes de péndulo.
VI	Fuerte	5.0 – 5.9	Sacudida sentida por todo mundo; muchas personas atemorizadas huyen hacia afuera. Algunos muebles pesados cambian de sitio; pocos ejemplos de caída de aplanados o daño en chimeneas. Daños ligeros
VII	Muy fuerte		Advertido por todos. La gente huye al exterior. Daños sin importancia en edificios de buen diseño y construcción. Daños ligeros en estructuras ordinarias bien construidas; daños considerables en las débiles o mal planeadas; ruptura de algunas chimeneas. Estimado por las personas conduciendo vehículos en movimiento.
VIII	Destructivo	6.0 – 7.9	Daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en edificios ordinarios con derrumbe parcial; grande en estructuras débilmente construidas. Los muros salen de sus armaduras. Caída de chimeneas, pilas de productos en los almacenes de las fábricas, columnas, monumentos y muros. Los muebles pesados se vuelcan. Arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades. Cambio en el nivel del agua de los pozos. Pérdida de control en las personas que guían carros de motor
IX	Ruinoso		Daño considerable en las estructuras de diseño bueno; las armaduras de las estructuras bien planeadas se desploman; grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. El terreno se agrieta notablemente. Las tuberías subterráneas se rompen

ESCALA DE MERCALLI			
Intensidad instrumental	Movimiento del suelo	Magnitud	Descripción
X	Desastroso	>8.0	Destrucción de algunas estructuras de madera bien construidas; la mayor parte de las estructuras de mampostería y armaduras se destruyen con todo y cimientos; agrietamiento considerable del terreno. Las vías del ferrocarril se tuercen. Considerables deslizamientos en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. Invasión del agua de los ríos sobre sus márgenes.
XI	Muy desastroso		Casi ninguna estructura de mampostería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Las tuberías subterráneas quedan fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en terreno suave. Gran torsión de vías férreas.
XII	Catastrófico		Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Perturbaciones de las cotas de nivel. Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Escala de Mercalli

Sismicidad histórica del siglo XIX

Analizar la sismicidad histórica es crucial para comprender la frecuencia, magnitud y patrones de terremotos en el estado de Hidalgo, lo que ayuda a evaluar el riesgo sísmico y a desarrollar las medidas de mitigación y preparación ante amenazas naturales.

Se tiene un registro de 8 epicentros históricos en la República Mexicana en el siglo XIX, presentados en los estados de Guerrero, Michoacán, Puebla, Oaxaca, Jalisco y Sonora, sin embargo, no todos son perceptibles en el estado de Hidalgo.

De acuerdo con la siguiente tabla se indican los epicentros históricos más relevantes del siglo XIX que fueron perceptibles en el estado de Hidalgo.

Sismos del siglo XIX

Sismos del siglo XIX		
Año	**Epicentro**	**Intensidad perceptible en Hidalgo**
1845	Guerrero	III – IV
1858	Michoacán	III – IV
1864	Puebla	III – VI
1870	Oaxaca	III – IV
1875	Jalisco	I
1882	Oaxaca	II – V
1887	Sonora	I
1897	Oaxaca	I

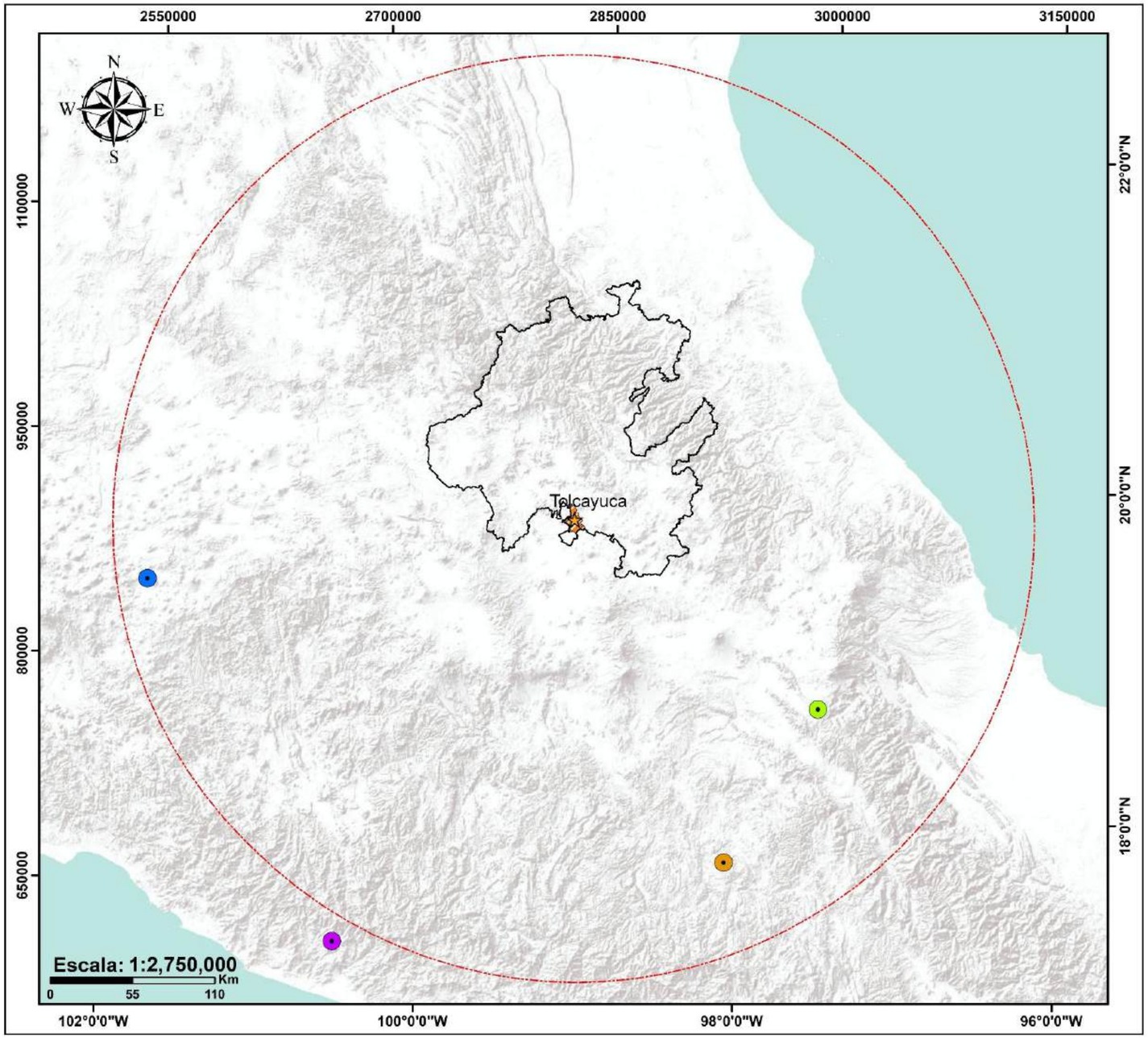
En un radio de 300 km partiendo del municipio de Tolcayuca, se tienen registrados 4 epicentros.

Sismos del siglo XIX dentro de un radio de 300 km

Sismos del siglo XIX (Dentro de un radio de 300 km)		
Año	**Fecha**	**Estado**
1845	07 de abril	Guerrero
1858	18 de junio	Michoacán
1864	3 de octubre	Puebla
1882	19 de julio	Oaxaca

El 7 de abril de 1845 se registró un epicentro en el estado de Guerrero con magnitud de 7.9 de acuerdo con la escala Mercalli la intensidad fue de VIII con movimientos de suelo de tipo destructivo, a pesar de que este epicentro se encuentra fuera del radio de 300 km, fue uno de los más intensos de esos años.

Mapa de peligro de epicentros históricos (Siglo XIX)



Simbología

Epicentros del siglo XIX

- 07 de abril de 1845
- 18 de junio de 1858
- 03 de octubre de 1864
- 19 de julio de 1882

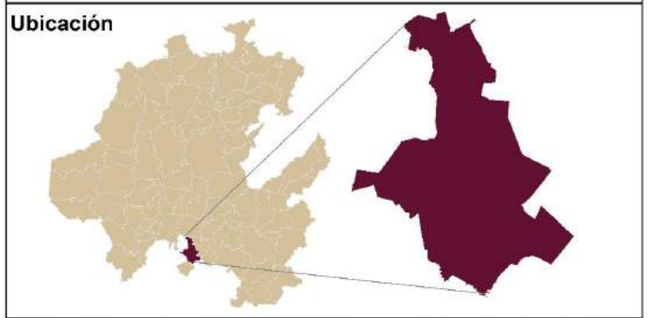
Distancia de radio

- Radio de 300 km

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PEH - Peligro de epicentros históricos

Sismicidad histórica de 1900-1920

La actividad sísmica histórica en el estado de Hidalgo ha sido significativa debido a su ubicación en una región sísmicamente activa.

Entre los años 1900 y 1920 se tiene un registro de 14 epicentros en la República Mexicana, de los cuales han tenido epicentros en los estados de Veracruz, Guerrero, Chiapas, Jalisco y Ciudad de México. De acuerdo con la siguiente tabla se indican los epicentros históricos más relevantes de los años 1900 – 1920 que llegaron a ser perceptibles en el estado de Hidalgo.

Sismos de 1900-1920

Sismos de 1900 – 1920		
Año	**Epicentro**	**Intensidad perceptible en Hidalgo**
1902	Guerrero	III – IV
1902	Chiapas	II – III
1908	Guerrero	III – IV
1909	Guerrero	III – IV
1909	Guerrero	III
1909	Guerrero	I
1909	Guerrero	III
1910	Guerrero	II
1911	Oaxaca	I
1911	Guerrero	III
1911	Oaxaca	III – V
1911	Jalisco	III – V
1912	Ciudad de México	III – V
1920	Veracruz	IV

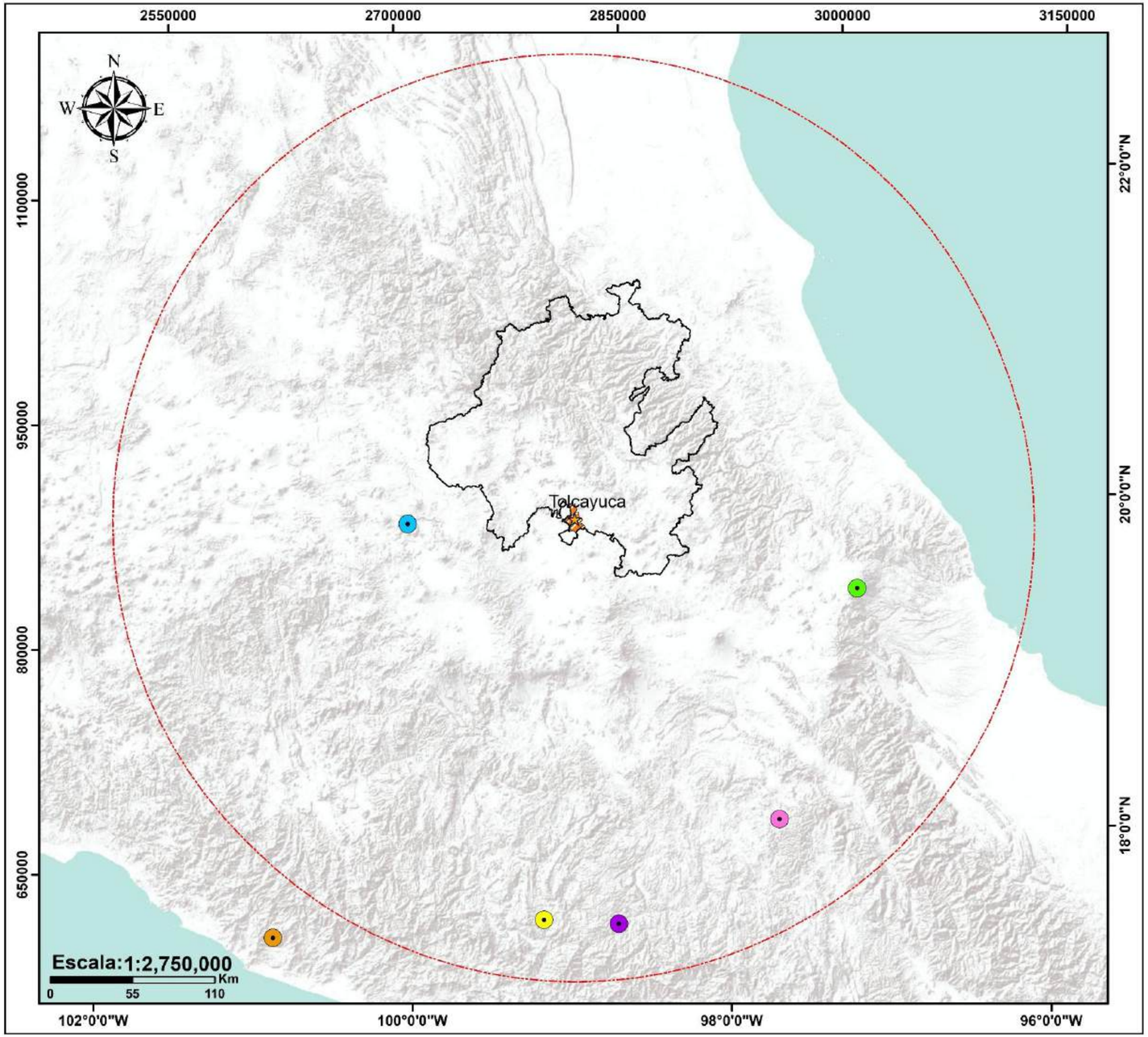
Dentro de un radio de 300 km se tiene registrados 6 epicentros históricos los cuales de acuerdo con la intensidad instrumental se estima que fue de I-V teniendo como epicentros lo estados de Guerrero, Oaxaca, Veracruz y Ciudad de México.

Sismos de 1900-1920 dentro de un radio de 300 km.

Sismos de 1900 – 1920 (Dentro de un radio de 300 km)		
Año	**Fecha**	**Estado**
1902	16 de enero	Guerrero
1908	26 de mayo	Guerrero
1909	31 de octubre	Guerrero
1911	3 de febrero	Oaxaca
1912	19 de noviembre	Ciudad de México
1920	4 de enero	Veracruz

En el sismo del 26 de mayo de 1908 se reportó una magnitud de 8.2 el cual de acuerdo con la escala de Mercalli tuvo una intensidad de X con movimiento de suelo de tipo desastroso, de acuerdo con los registros del Servicio Sismológico Nacional fue el más histórico que impacto al país en el siglo XX.

Mapa de peligro de epicentros históricos (1900 - 1920)



Simbología

Epicentros de 1900 - 1920

- 16 de enero de 1902
- 26 de mayo de 1908
- 31 de octubre 1909
- 3 de febrero de 1911
- 19 de noviembre 1912
- 04 de enero de 1920

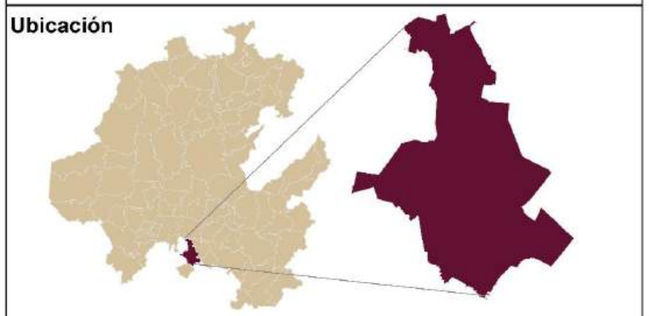
Distancia de radio

- Radio de 300 km

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PEH - Peligro de epicentros históricos

Sismicidad histórica de 1921 – 1964

En la segunda parte del siglo XX se tiene un registro histórico de 14 epicentros en la República Mexicana, de los cuales han tenido como epicentros en los estados de Veracruz, Guerrero, Chiapas, Jalisco y Ciudad de México.

De acuerdo con la siguiente tabla se indican los epicentros más relevantes ocurridos entre los años 1921 – 1964 que fueron perceptibles en el estado de Hidalgo.

Sismos de 1921 – 1964		
Año	**Epicentro**	**Intensidad perceptible en Hidalgo**
1928	Oaxaca	III
1928	Oaxaca	I
1928	Oaxaca	III
1928	Oaxaca	III
1931	Oaxaca	III - V
1941	Michoacán	III – VII
1956	Oaxaca	I – II
1957	Guerrero	II
1959	Veracruz	I – III
1959	Oaxaca	II – IV
1962	Guerrero	III
1964	Guerrero	II - III

Dentro de un radio de 300 km partiendo del municipio de Tolcayuca se tiene registrado 2 epicentros.

Sismos de 1921 – 1964 (Dentro de un radio de 300 km)		
Año	**Fecha**	**Estado**
1964	6 de junio	Guerrero

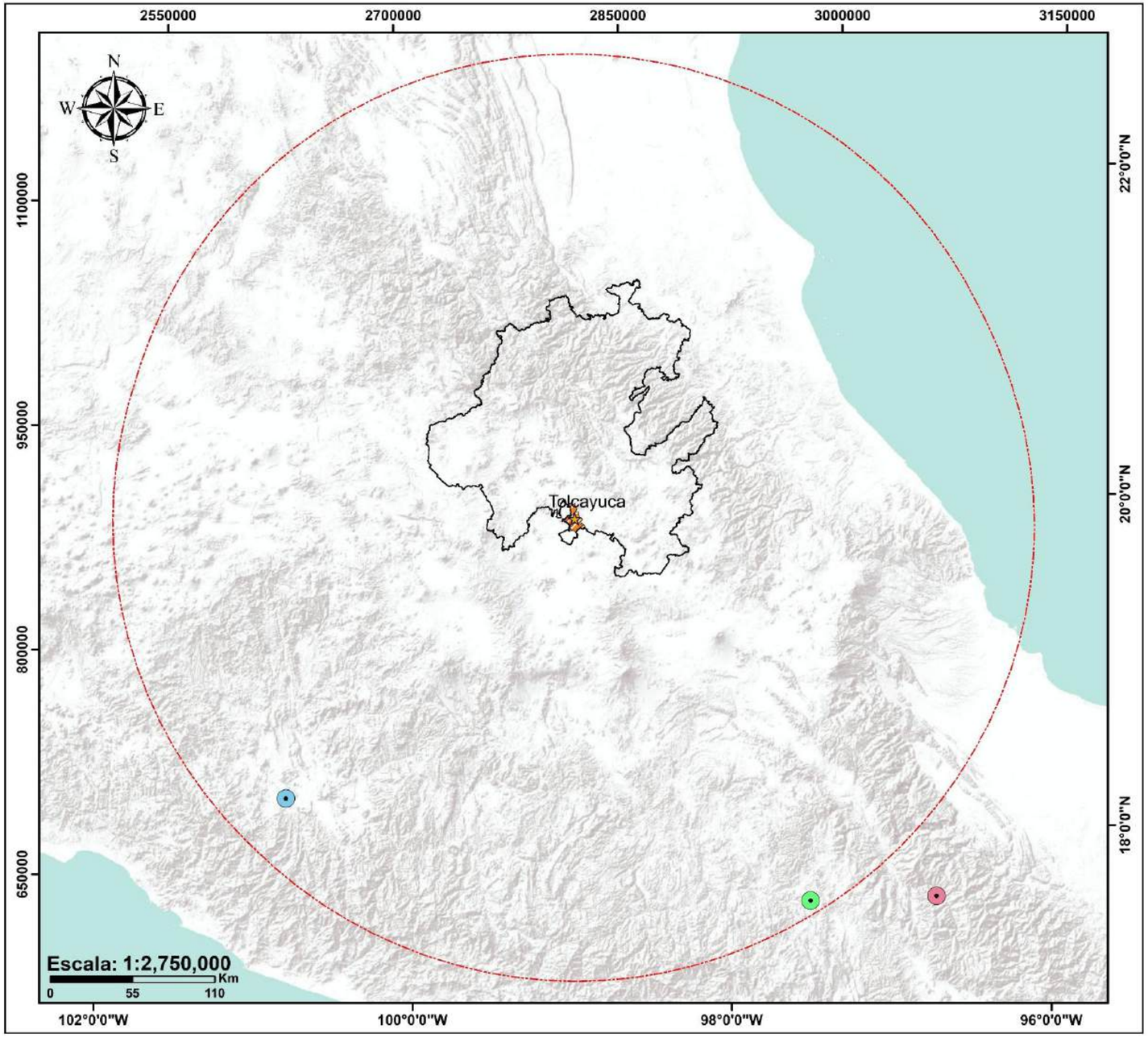
El 17 de abril de 1928 se registró un sismo en el estado de Oaxaca con una magnitud de 6.4 el cual de acuerdo con la escala de Mercalli la intensidad fue de VII con movimientos de suelo de tipo destructivo. A pesar de no estar dentro del radio de 300 km, es importante tomar en cuenta estos epicentros debido a su alta magnitud registrada.

El 11 de marzo de 1950, se registró un sismo de magnitud 4.9 en la escala de Mercalli en el municipio de Ixmiquilpan. Asimismo, el 25 de marzo de 1976, otro sismo de alta intensidad ocurrió en el municipio de El Cardonal. Estos eventos han sido de los más fuertes detectados en el estado de Hidalgo. Dado que ambos municipios están ubicados cerca de Tolcayuca, es importante considerar la posibilidad de que se repitan estos fenómenos sísmicos y causen afectaciones. Según las distribuciones de intensidad, varios de estos terremotos pueden estar relacionados con fallas normales cuaternarias de rumbo este-oeste, identificadas a través de observaciones geológicas. (Carrillo-Martínez, Quintero-Legorreta, 1996).

Epicentros históricos en Hidalgo		
Año	**Epicentro**	**Intensidad**
1950	Ixmiquilpan	4.9
1976	El Cardonal	5.3

Aunque los terremotos registrados en el Valle del Mezquital raramente provocan daños, es fundamental estar preparados ante la posibilidad de experimentar un evento de esta magnitud.

Mapa de peligro de epicentros históricos (1921 - 1964)



Simbología

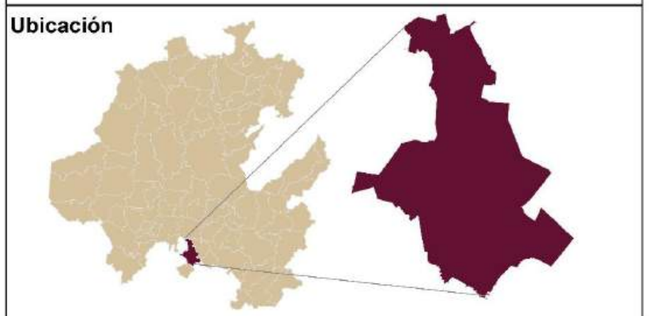
Epicentros de 1921 - 1964

- 17 de abril de 1928
- 24 de mayo de 1959
- 06 de junio de 1964

Distancia de radio

- Radio de 300 km
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PEH - Peligro de epicentros históricos

Sismicidad histórica de 1965-2000

En la segunda parte del siglo XX se tiene registro de 13 epicentros en la República Mexicana, los cuales se han presentado en los estados de Oaxaca, Guerrero, Veracruz, Chiapas y Puebla. De acuerdo con la siguiente tabla se indican los epicentros históricos más relevantes ocurridos entre los años 1965 – 2000 que fueron perceptibles en el estado de Hidalgo.

Sismos de 1965-2000

Sismos de 1965 - 2000		
Año	**Epicentro**	**Intensidad perceptible en Hidalgo**
1965	Oaxaca	III
1965	Guerrero	III
1967	Veracruz	I
1968	Oaxaca	II – III
1968	Chiapas	I
1970	Chiapas	I
1973	Puebla	II – VI
1978	Oaxaca	II
1979	Guerrero	II – V
1985	Guerrero	II – VI
1989	Guerrero	III – IV
1999	Puebla	III
1999	Oaxaca	III – IV

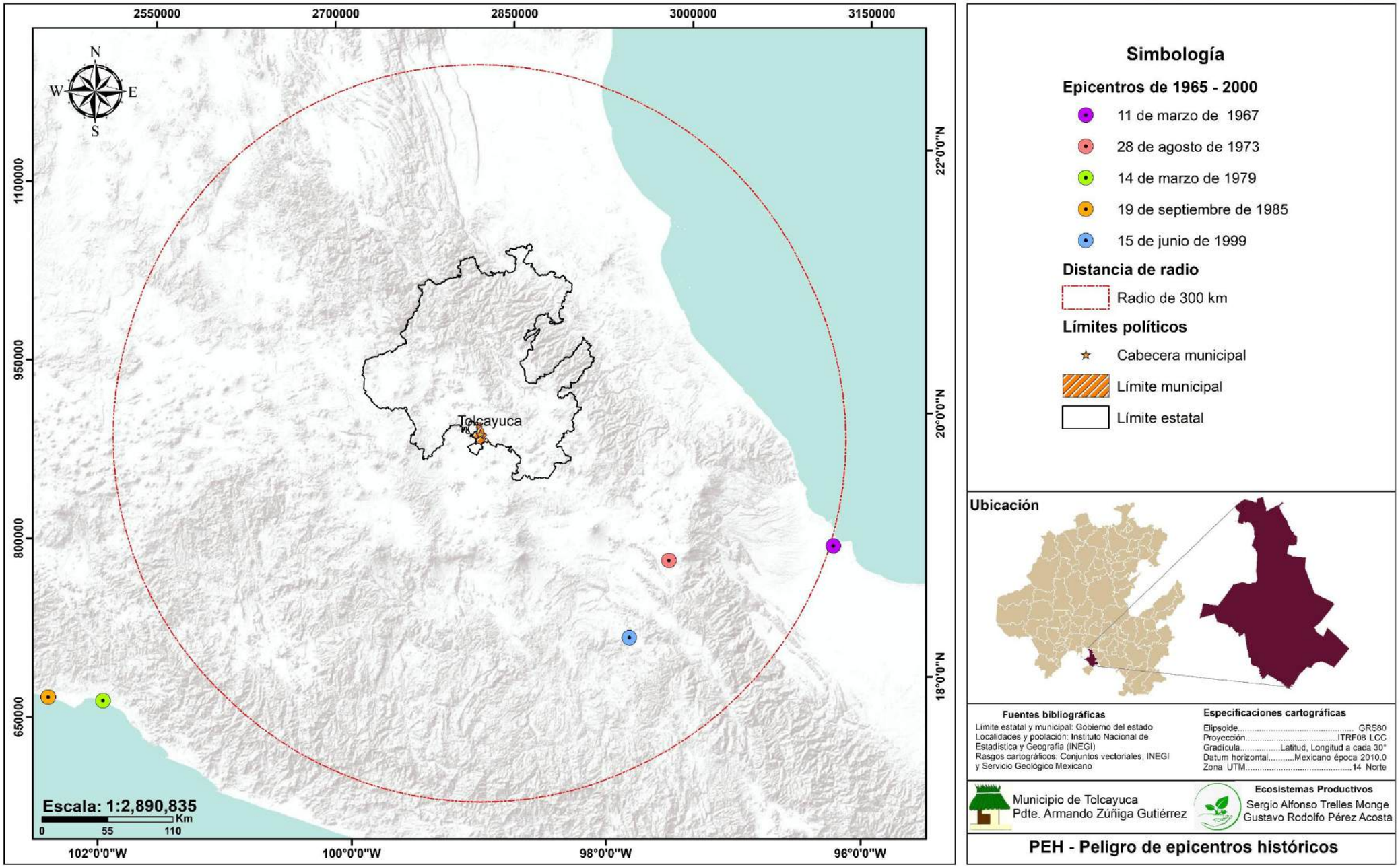
Dentro de un radio de 300 km se tiene registrados 2 epicentros históricos que de acuerdo con la intensidad instrumental se estima que fue de I-VI teniendo como epicentros el estado de Puebla.

Sismos de 1965-2000 dentro de un radio de 300km

Sismos de 1965 – 2000 (Dentro de un radio de 300 km)		
Año	**Fecha**	**Estado**
1973	28 de agosto	Puebla
1967	11 de marzo	Veracruz
1979	14 de marzo	Guerrero
1985	19 de septiembre	Ciudad de México
1999	15 de junio	Puebla

El sismo del 28 de agosto de 1973 se reportó con una magnitud de 7.3 el cual, de acuerdo con la escala de Mercalli, la intensidad fue de VIII con movimientos del suelo de tipo destructivo. El sismo del 15 de junio de 1999 se registró con una magnitud de 7.0 Mw con una intensidad instrumental de VII con movimiento de tipo destructivo según la escala de Mercalli. Por otra parte, el sismo ocurrido el 19 de septiembre de 1985 con epicentro en el estado de Guerrero, con magnitud de 8.1, no se encuentra dentro del radio de 300 km, pero llego a ser perceptible en el estado de Hidalgo, debido a que fue uno de los más devastadores dejando a miles de personas muertas, edificios colapsados y una gran parte de la Ciudad de México en ruinas.

Mapa de peligro de epicentros históricos (1965 - 2000)



Sismicidad histórica del siglo XXI

La historia sísmica de México, incluyendo el estado de Hidalgo, durante el siglo XXI ha sido notable debido a la actividad sísmica significativa en varias regiones del país.

Dentro de un radio de 300 km no se tienen registrados epicentros históricos, sin embargo, los sismos de 2017 fueron perceptibles en el estado de Hidalgo con una intensidad instrumental de entre III a V.

La actividad sísmica es común en todo el país debido a la ubicación de México en una zona de alta actividad sísmica, donde chocan las placas tectónicas Norteamericana y Cocos. Hidalgo, sigue estando es riesgo por terremotos y es importante estar preparado para responder a tales eventos.

En la primera parte del siglo XXI se tiene un registro histórico de 3 epicentros en la República Mexicana, teniendo como epicentros los estados de Colima, Chiapas y Guerrero. De acuerdo con la siguiente tabla se indican los epicentros más relevantes del siglo XXI que fueron perceptibles en el estado de Hidalgo y a que intensidad fue sensible.

Sismos del siglo XXI

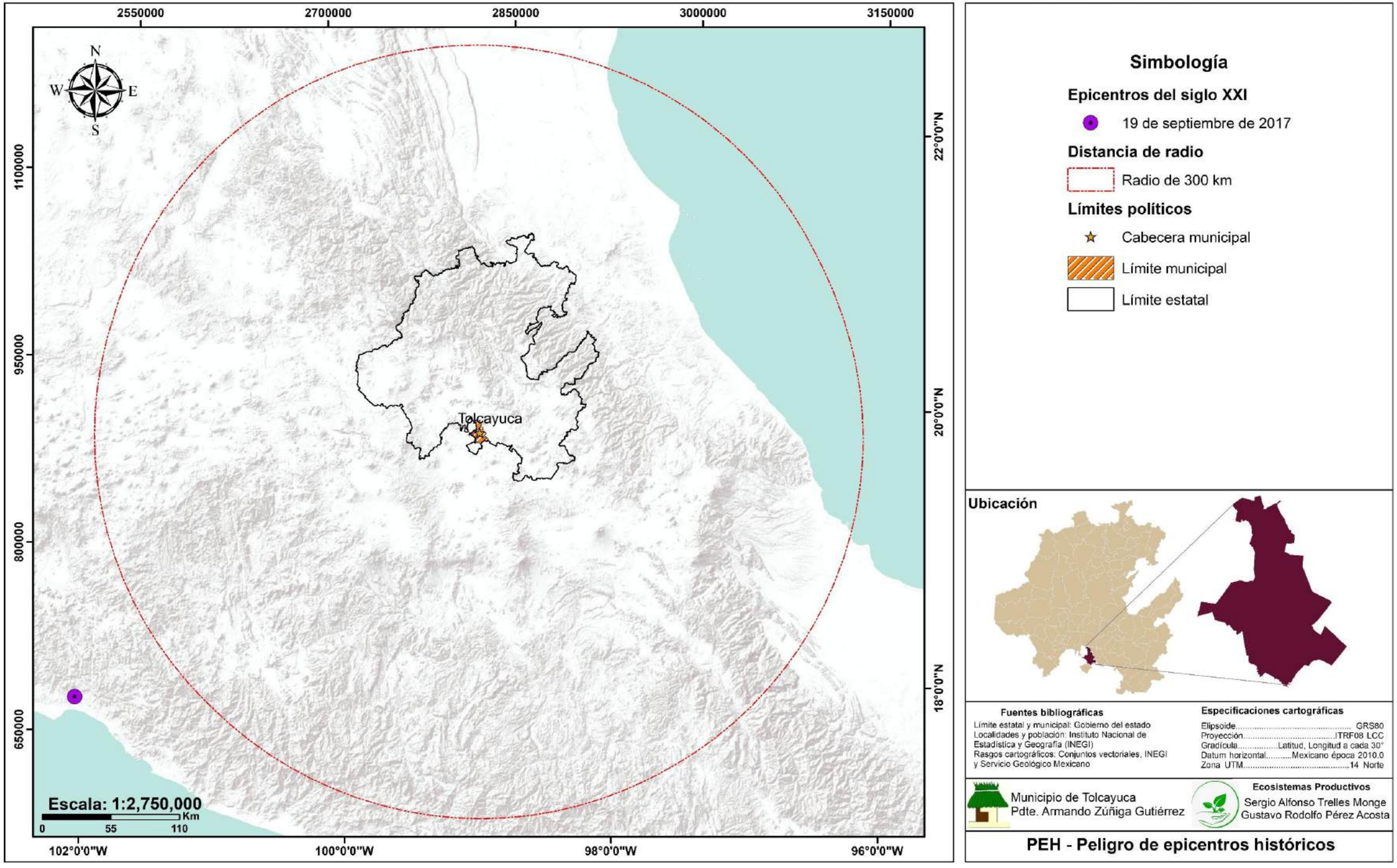
Sismos del siglo XXI		
Año	**Epicentro**	**Intensidad perceptible en Hidalgo**
2003	Colima	III
2017	Chiapas	III – VI
2017	Guerrero	II - VI

Por otra parte, dentro de un radio de 300 km no se tienen registrados epicentros históricos, sin embargo, en 2017 varios sismos significativos sacudieron diferentes partes de México, uno de los más devastadores fue de una magnitud de 7.1 el 19 de septiembre.

Antes de este sismo, el 7 de septiembre de 2017, México también había sido golpeado por un terremoto de magnitud 8.1 en la costa sur del país, cerca de Chiapas y Oaxaca. Este terremoto provoco la muerte de decenas de personas.

Estos eventos sísmicos de 2017 sirven como recordatorio de la importancia de la preparación para desastres y la implementación de medidas de construcción resistentes a los terremotos en regiones propensas a la actividad sísmica.

Mapa de peligro de epicentros históricos (siglo XXI)



Epicentros registrados

Los epicentros son puntos en la superficie terrestre ubicados directamente sobre el hipocentro de un terremoto, es decir, el punto en el interior de la Tierra donde se libera la energía sísmica. Cuando ocurre un terremoto, las ondas sísmicas se propagan desde el hipocentro hacía la superficie terrestre, el epicentro es la parte de la superficie donde estas ondas se notan más intensas.

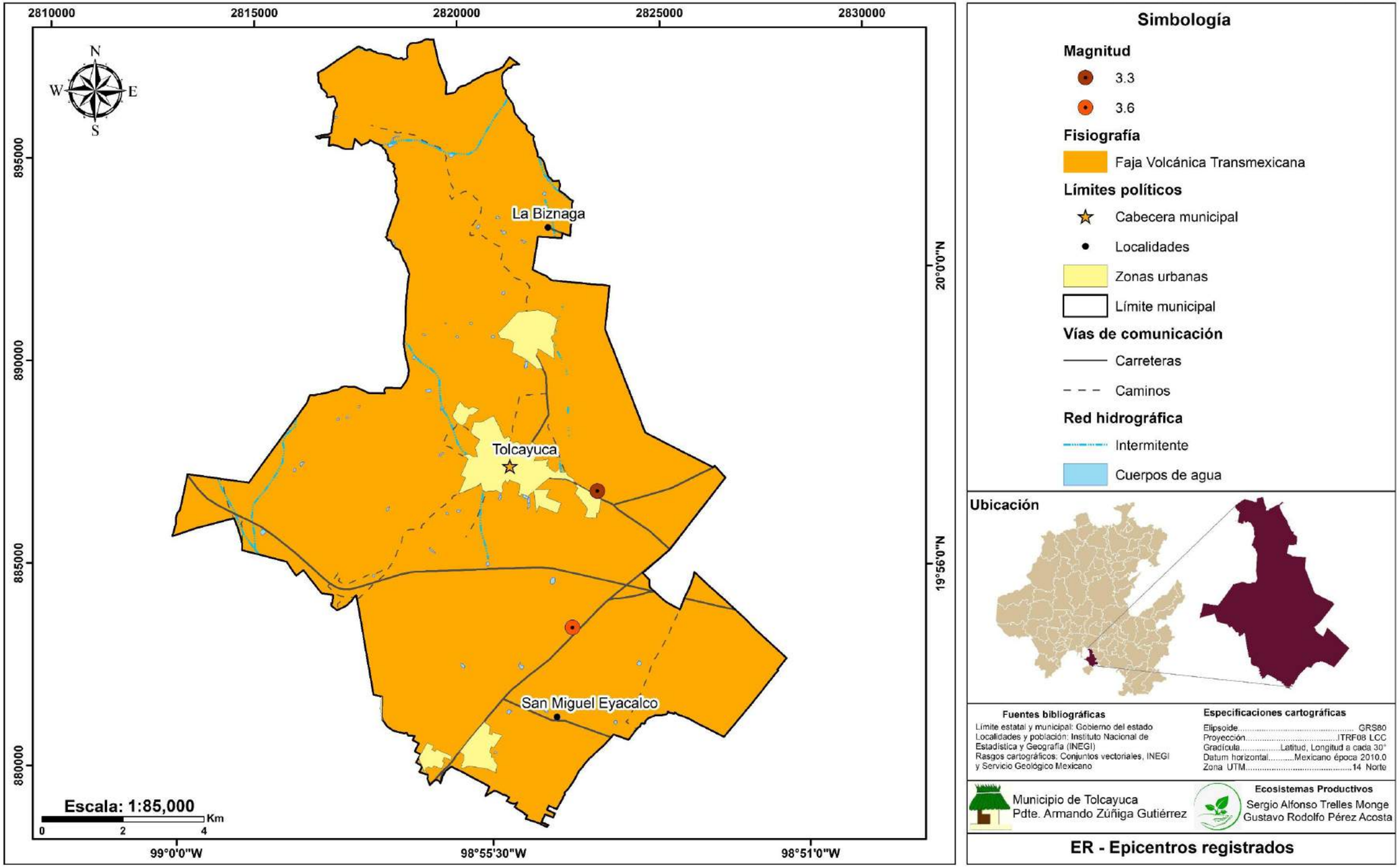
La localización precisa del epicentro es especialmente importante se ocurren colapsos de estructuras, deslizamientos de tierra o inundaciones asociadas con el sismo. Cuando ocurren, la población puede estar en riesgo de lesiones, atrapamientos o incluso pérdida de vidas.

Además, puede impactar directamente en la economía, afectando actividades como la producción agrícola, ganadera, industrial, comercial y en caso de daños notorios, los costos de recuperación suelen estar presentes. Los daños a la infraestructura como el colapso de edificios y viviendas, destrucción de servicios como redes de agua, energía y comunicación, las instalaciones productivas pueden resultar en pérdidas económicas significativas para la región, que también ponen riesgo el patrimonio cultural del estado de Hidalgo, ya que cuenta con importantes sitios arqueológicos, históricos, monumentos y otros sitios de valor cultural que pueden sufrir daños ante un sismo.

Psicológica y socialmente se puede generar un trauma por la experiencia de un sismo, el cual se presenta generando trastornos como estrés postraumático, ansiedad y depresión en las personas. Puede afectar el tejido social de una comunidad, provocando tensiones o incluso desplazamientos de grupos de personas.

En el estado de Hidalgo se han registrado 849 epicentros entre el periodo de 1976 a 2024, varios de ellos fueron percibidos por la población, sin embargo, rara vez causaron daño significativo a las estructuras sólidas, especialmente los que han ocurrido lejos de las zonas pobladas.

Mapa de epicentros registrados (1900-2024)



Periodo de retorno estructural

El periodo de retorno estructural en sismicidad es un concepto fundamental en la ingeniería sísmica, ya que permite estimar la frecuencia con la que se espera que un evento sísmico de determinada magnitud ocurra en una región dada durante un periodo de tiempo específico. Este concepto se utiliza principalmente para el diseño de estructuras sismoresistentes y para la evaluación de riesgos sísmicos en áreas propensas a terremotos.

El periodo de retorno se define como el intervalo de tiempo promedio entre dos eventos sísmicos de la misma magnitud o mayores en una determinada zona geográfica. Su cálculo se basa en datos históricos de actividad sísmica, modelos geofísicos y estudios de probabilidad, y se emplea en la elaboración de mapas de riesgo sísmico. En términos sencillos, un periodo de retorno de 50 años, por ejemplo, implica que existe una probabilidad del 50% de que un terremoto de una magnitud específica ocurra en cualquier año dentro de un periodo de 50 años, o en promedio, uno de estos eventos ocurriría cada 50 años.

En adición, el periodo de retorno está relacionado con la magnitud del sismo esperado. Cuanto mayor es la magnitud de un terremoto, más largo es el periodo de retorno asociado a su ocurrencia, ya que los eventos sísmicos de gran magnitud son menos frecuentes. Es importante destacar que, aunque el periodo de retorno se calcula utilizando estadísticas históricas, no puede predecir con certeza cuándo ocurrirá un terremoto en particular, sino que se refiere a probabilidades a largo plazo.

En el contexto de la mitigación de riesgos, el estudio del periodo de retorno estructural ayuda a priorizar las intervenciones en infraestructuras más críticas y vulnerables. Además, la planificación urbana y la construcción de infraestructuras también deben tener en cuenta los efectos del periodo de retorno en áreas de alto riesgo sísmico, considerando que el cambio climático y la actividad tectónica pueden influir en la ocurrencia de terremotos en el futuro.

Las aceleraciones máximas se suelen expresar en función de la aceleración del suelo, medida en unidades de gravedad (g), donde 1 g corresponde a la aceleración gravitacional estándar de la Tierra (aproximadamente 9.8 m/s^2). Para un período de retorno de 10 años, las aceleraciones máximas varían según la zona sísmica y el nivel de amenaza sísmica de la región, y generalmente se sitúan entre 0.1 g y 0.5 g.

En áreas con actividad sísmica moderada a alta, las aceleraciones máximas pueden superar 0.5 g, particularmente cerca de fallas activas o en regiones con alta sismicidad. No obstante, es fundamental considerar que las aceleraciones máximas pueden variar considerablemente dentro de una misma región debido a factores geológicos y topográficos locales En términos prácticos, la determinación de un período de retorno de 500 años se basa en la estadística y la

probabilidad de que un terremoto de una magnitud específica se presente en un tiempo dado. Por ejemplo, si se dice que un terremoto de magnitud 7.0 tiene un período de retorno de 500 años en una zona determinada, significa que, en promedio, este tipo de terremoto se espera que ocurra una vez cada 500 años, aunque en la realidad este evento podría ocurrir en un período más corto o más largo, dependiendo de la variabilidad natural de los fenómenos sísmicos.

Este concepto se aplica en muchas normativas internacionales y locales de construcción, y es un factor determinante en la planificación urbana y la protección civil. Las ciudades ubicadas en zonas sísmicamente activas, como las regiones cercanas a límites de placas tectónicas, se ven particularmente afectadas por estos estudios y cálculos, ya que la preparación ante un evento sísmico puede salvar vidas y reducir daños materiales.

El uso del período de retorno también es relevante para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas y rurales, ya que permite identificar aquellas áreas que, aunque menos frecuentemente afectadas por terremotos, podrían sufrir consecuencias devastadoras en caso de un evento de gran magnitud. Además, este análisis puede influir en la ubicación de infraestructuras críticas, como hospitales, centrales eléctricas, y puentes, que deben resistir los terremotos más fuertes en su respectiva área geográfica.

Periodo de retorno a 10 años

El periodo de retorno estructural a diez años en sismicidad es un parámetro utilizado para calcular la probabilidad de que un evento sísmico de una magnitud específica o mayor ocurra dentro de un intervalo de diez años en una región determinada. Este concepto es relevante en contextos de ingeniería sísmica, especialmente para el diseño y evaluación de estructuras en áreas donde los terremotos son una amenaza constante, aunque no necesariamente de gran magnitud.

El periodo de retorno de diez años implica que, en promedio, se espera que ocurra un terremoto con la magnitud en cuestión al menos una vez cada diez años. Sin embargo, esto no significa que un terremoto ocurrirá exactamente cada diez años, sino que es una probabilidad basada en el análisis estadístico de la actividad sísmica histórica y las características geológicas de la zona. Esta probabilidad es fundamental para la ingeniería sísmica, pues ayuda a los diseñadores y planificadores a dimensionar y construir infraestructuras que puedan soportar las cargas sísmicas a las que podrían estar expuestas en un periodo de diez años.

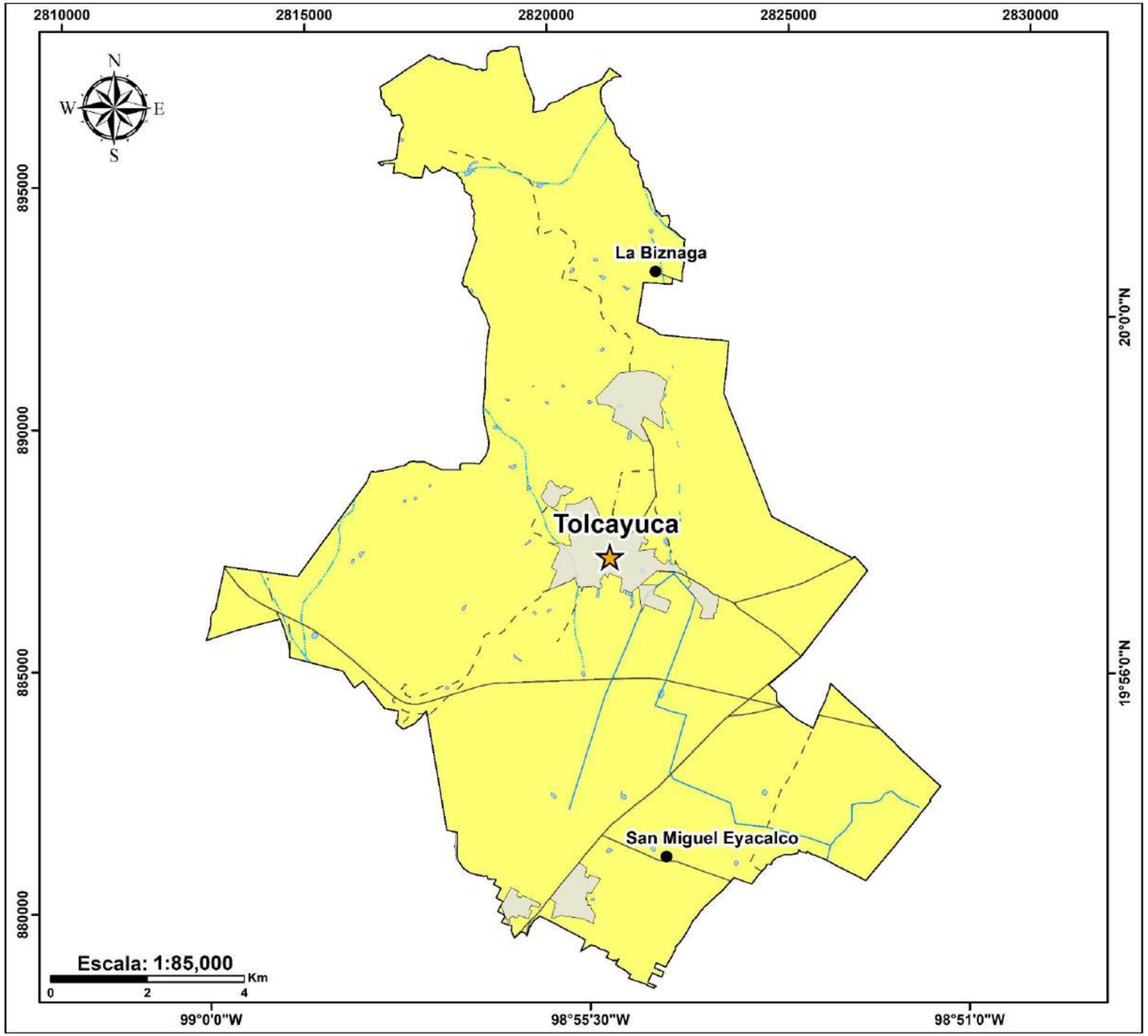
Este tipo de periodo de retorno es especialmente relevante para el diseño de edificios de uso cotidiano, donde la probabilidad de un sismo no sea extremadamente alta, pero aun así debe ser considerada para garantizar la seguridad estructural. Para áreas con una actividad sísmica moderada o baja, un periodo de retorno de diez años proporciona una

referencia para diseñar edificaciones que resistan terremotos que podrían ocurrir con relativa frecuencia, pero no necesariamente de gran magnitud.

Los estudios sísmicos y los mapas de riesgo sísmico suelen utilizar el periodo de retorno de diez años para ayudar a las autoridades locales y regionales en la planificación de infraestructuras y la gestión del riesgo. Los edificios que se construyen bajo estos parámetros suelen tener un diseño sismorresistente que se enfoca en mitigar los daños en caso de un sismo de baja o moderada magnitud, reduciendo la probabilidad de colapsos o fallas estructurales graves. Sin embargo, en zonas de alta sismicidad, donde los terremotos fuertes son más comunes, el periodo de retorno a diez años puede ser solo uno de los muchos intervalos considerados para un diseño más robusto.

Es importante subrayar que el uso de un periodo de retorno de diez años se enmarca en una estrategia de gestión del riesgo sísmico, que también debe contemplar factores como la vulnerabilidad de las infraestructuras existentes, las características geotécnicas del terreno, el tipo de construcción y el nivel de exposición de la población. Si bien el periodo de retorno proporciona una base cuantitativa, no garantiza la ocurrencia de un terremoto en el tiempo establecido, sino que representa una probabilidad que debe ser gestionada adecuadamente.

Mapa de período estructural de retorno, 10 años a 0 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

10 años a 0 segundos

Velocidad sísmica 11 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

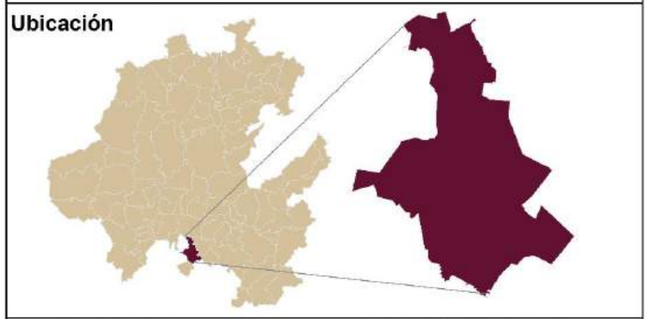
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

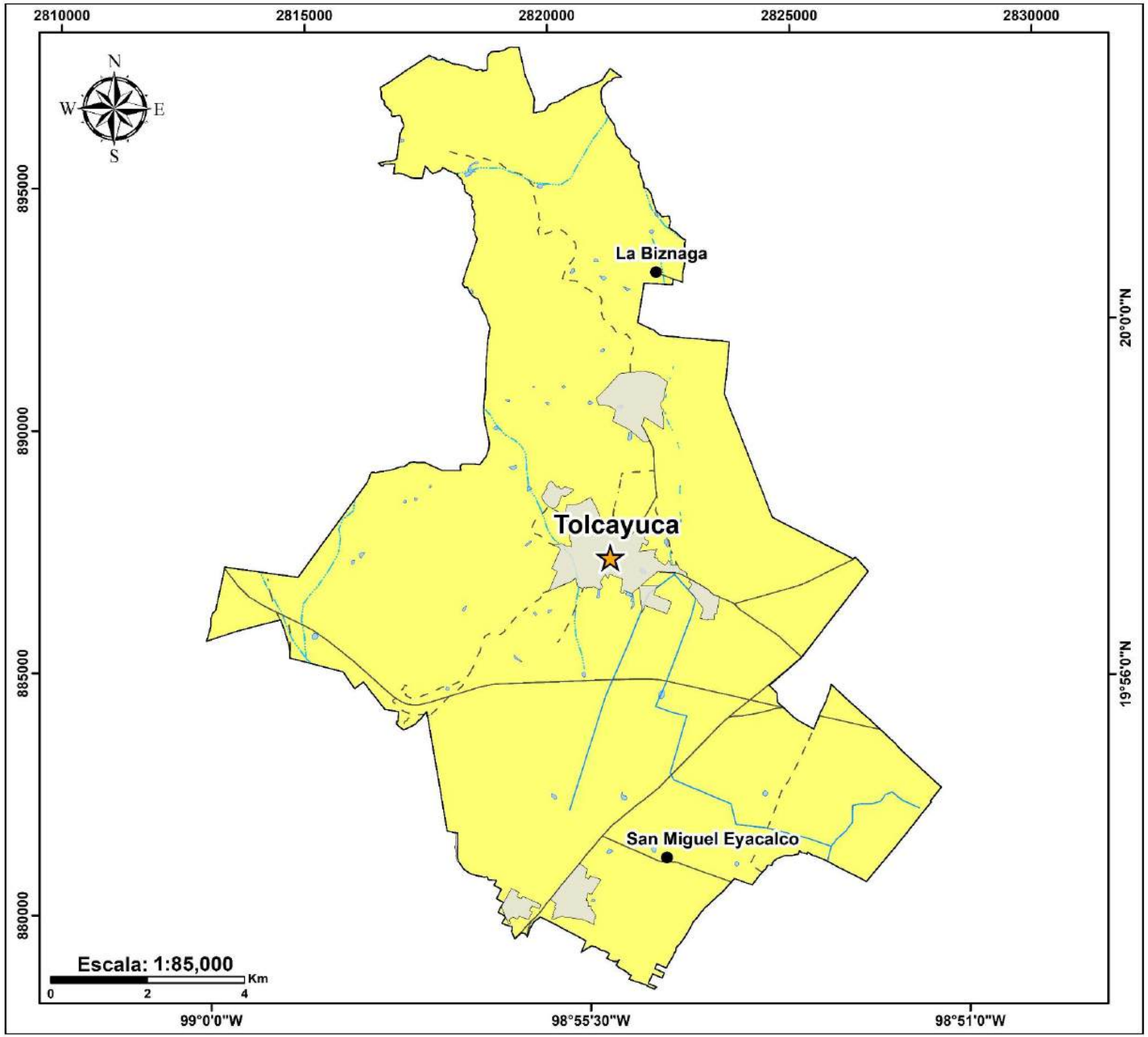
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 10a 0s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 10 años a 0.5 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

10 años a 0.5 segundos

Velocidad sísmica 36 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

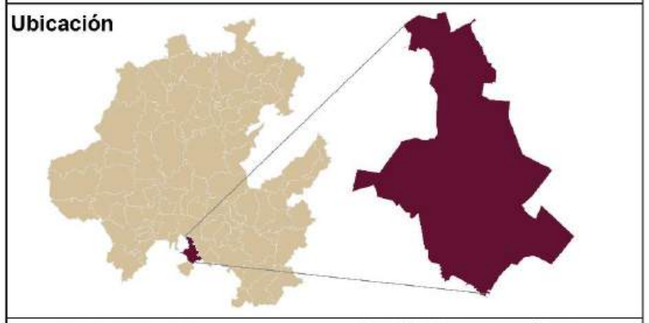
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

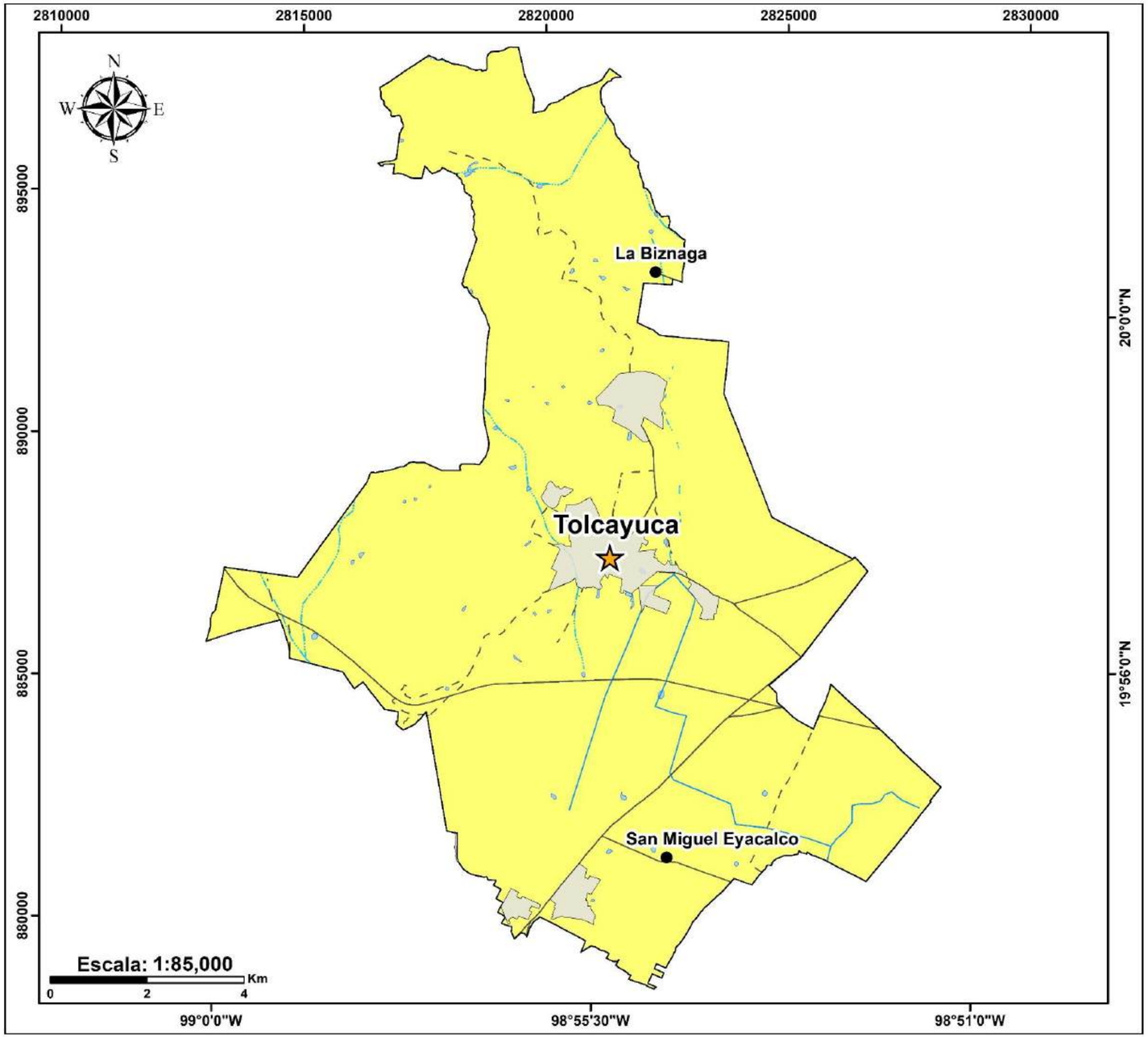
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 10a 0.5s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 10 años a 0.15 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

10 años a 0.15 segundos

Velocidad sísmica 27 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

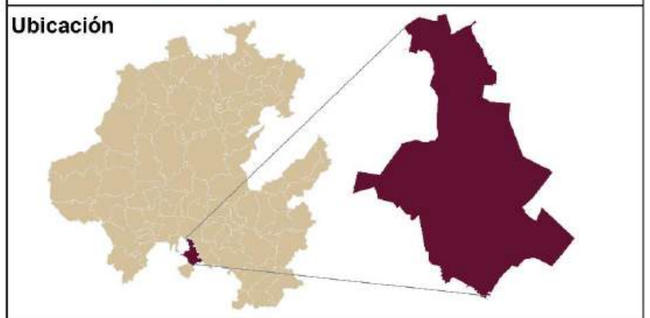
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

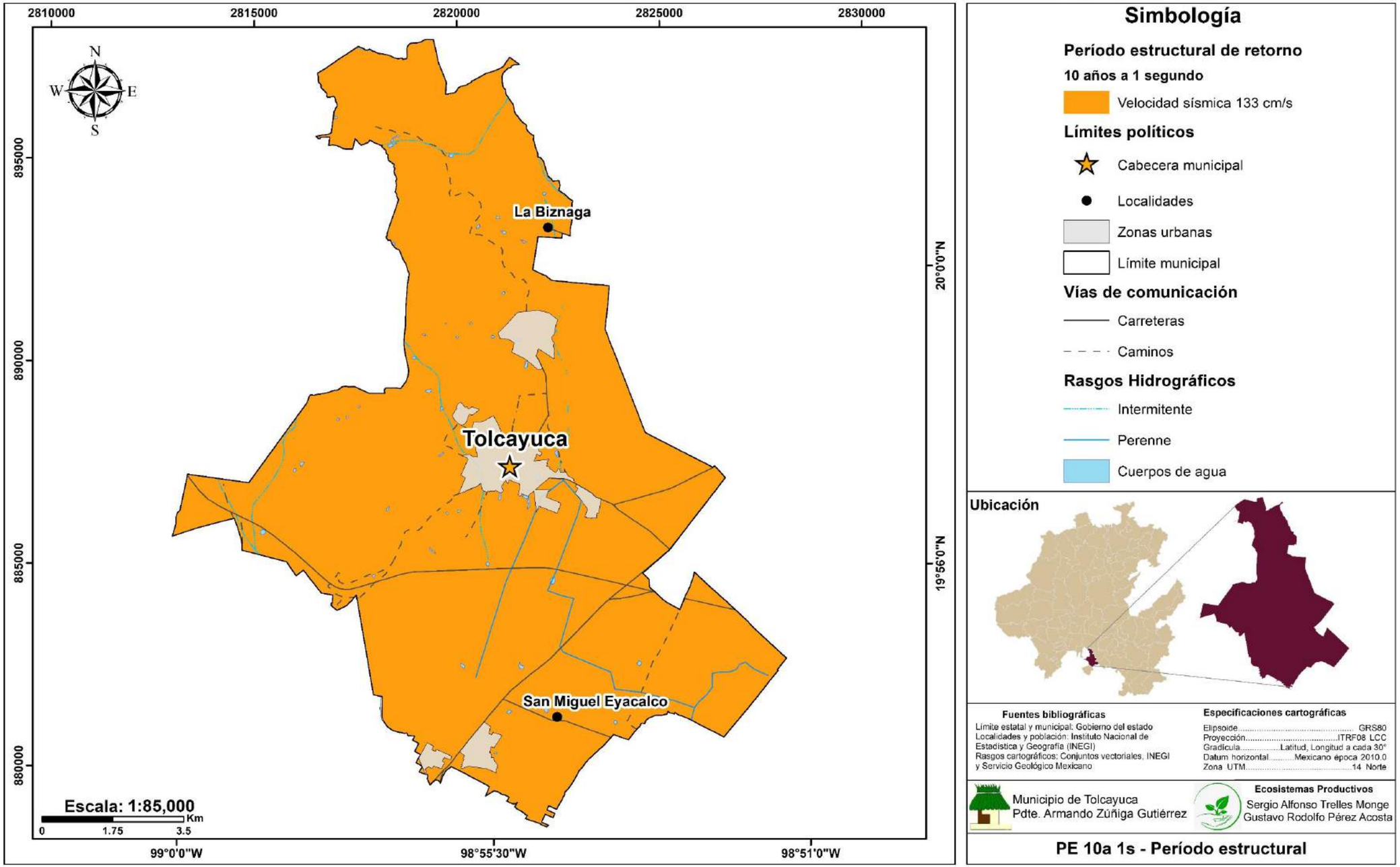
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 10a 0.15s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 10 años a 1 segundo



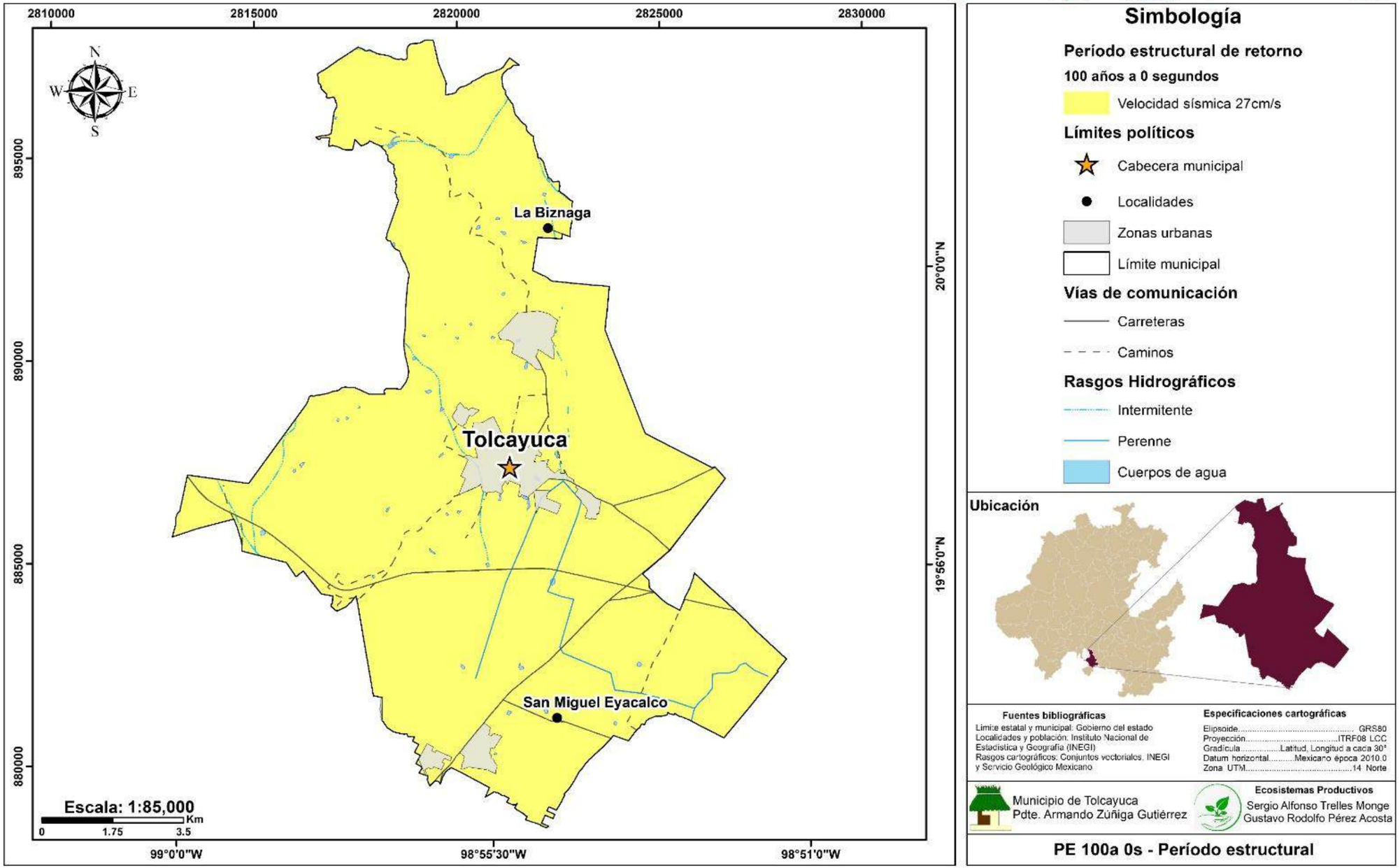
Periodo de retorno a 100 años

El periodo de retorno estructural de 100 años en sismicidad es un concepto utilizado para evaluar la probabilidad de que un evento sísmico de cierta magnitud ocurra en un sitio determinado dentro de un lapso de 100 años. Este periodo se utiliza comúnmente en el diseño y la evaluación de infraestructuras, ya que ofrece una estimación razonable del nivel de amenaza sísmica que una estructura podría enfrentar a lo largo de su vida útil. En términos prácticos, un periodo de retorno de 100 años implica que existe una probabilidad del 63% de que ocurra al menos un evento sísmico significativo durante ese tiempo.

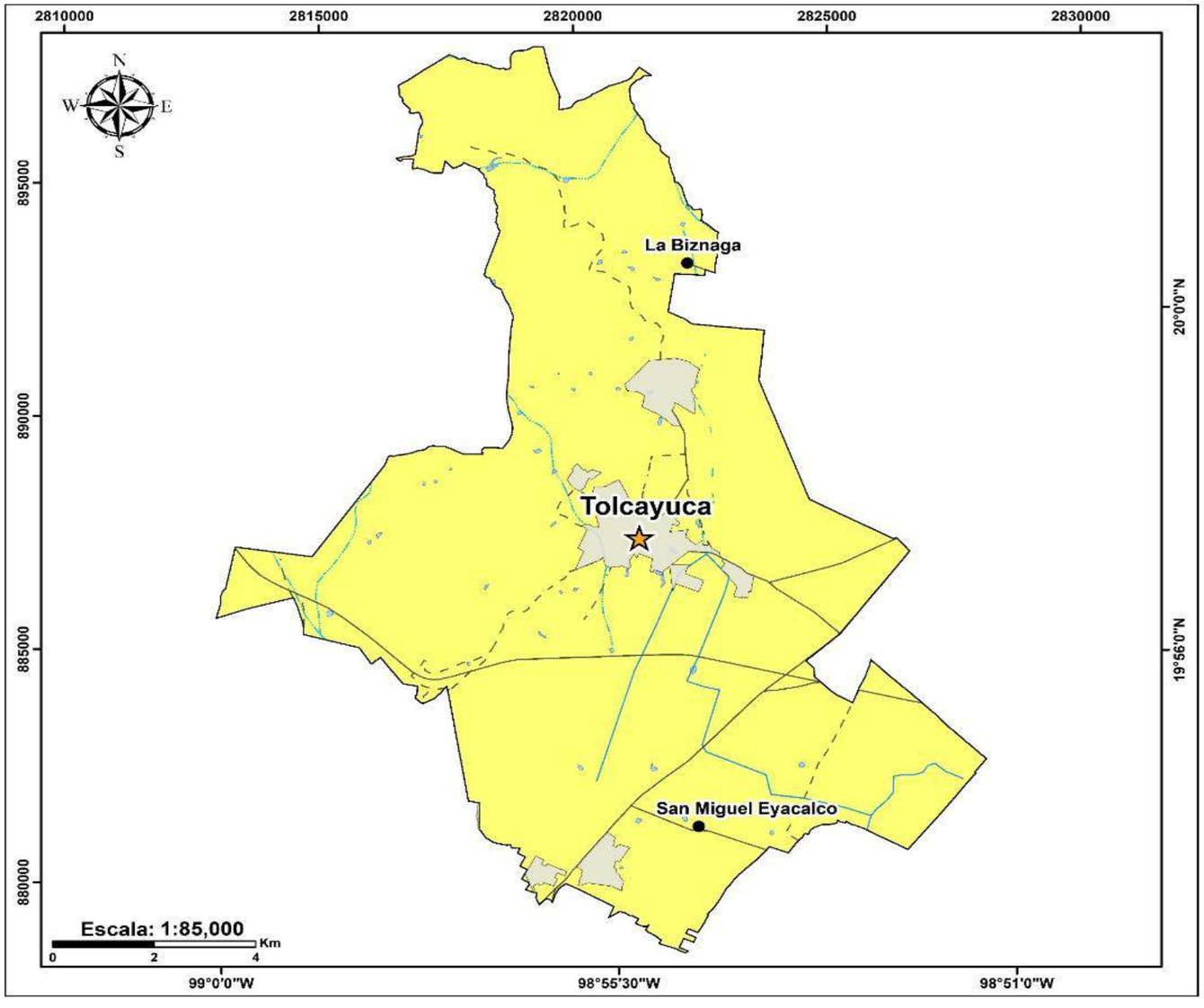
La sismicidad asociada a este periodo de retorno se refiere a las aceleraciones y desplazamientos que una estructura podría experimentar debido a terremotos que ocurran con una frecuencia promedio estimada. En regiones con alta actividad sísmica, como aquellas cercanas a fallas activas o en zonas de subducción, el nivel de aceleración del suelo para un periodo de retorno de 100 años puede ser considerablemente mayor que en áreas con baja sismicidad, lo que aumenta la necesidad de diseños sísmicos más estrictos.

La evaluación de la sismicidad en un periodo de retorno de 100 años también toma en cuenta factores geológicos, como la proximidad a fuentes sísmicas, las características de las fallas locales y las condiciones del suelo. Estos factores influyen en la intensidad de los terremotos esperados y en las aceleraciones máximas que pueden registrarse durante un sismo. Así, las normas de diseño sísmico y las estrategias de construcción se ajustan para garantizar que las estructuras puedan resistir las fuerzas sísmicas anticipadas en función de los riesgos asociados a ese periodo de retorno.

Mapa de período estructural de retorno, 100 años a 0 segundos



Mapa de período estructural de retorno, 100 años a 0.5 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

100 años a 0.5 segundos

Velocidad sísmica 88 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

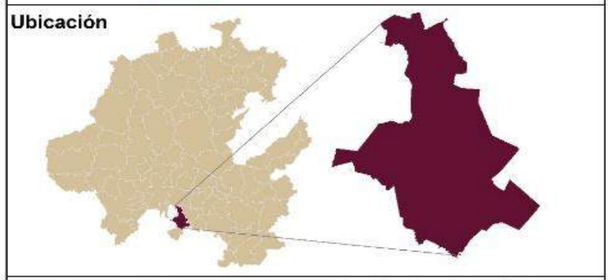
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Limite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales. INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

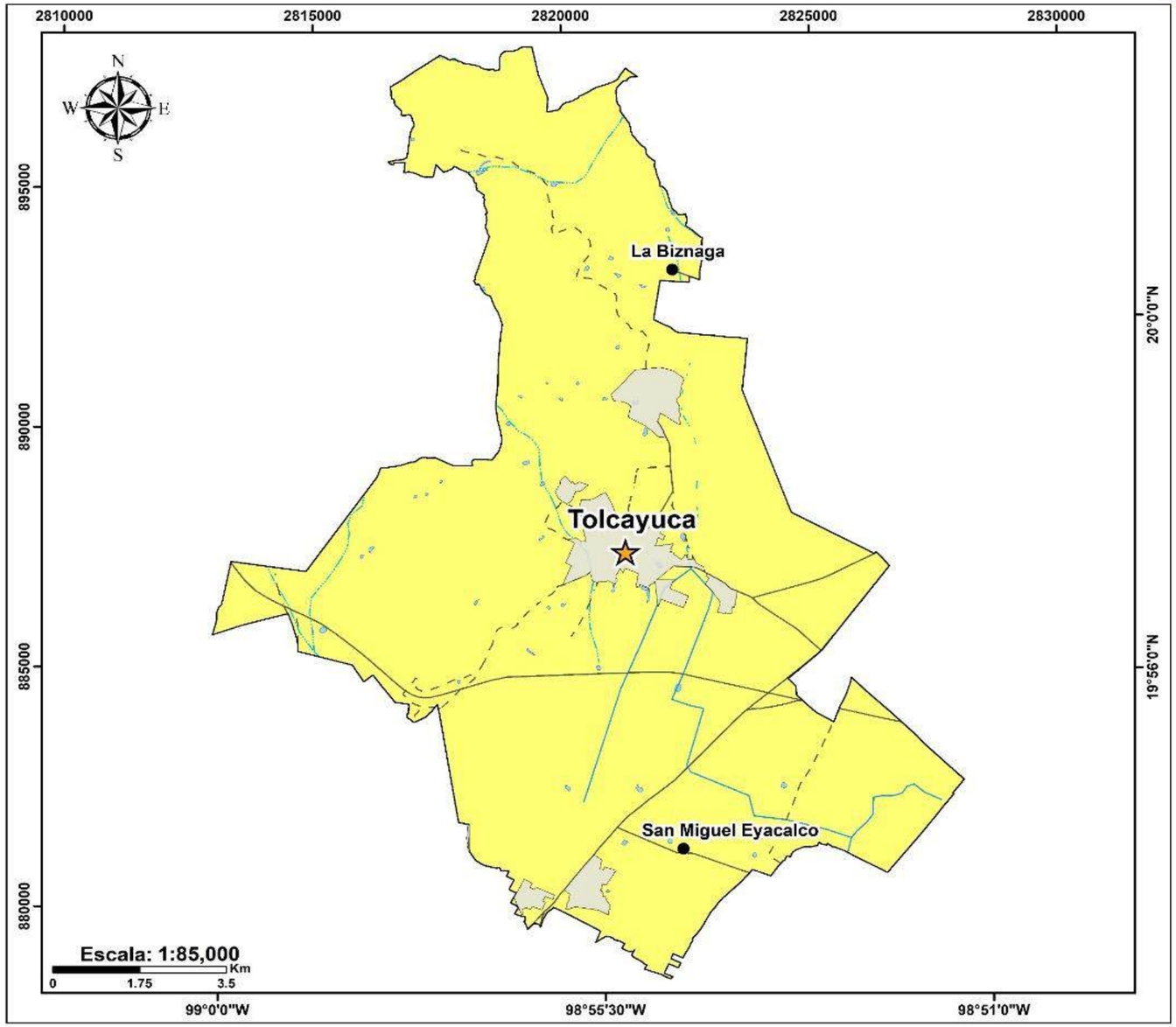
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 100a 0.5s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 100 años a 1 segundo



Simbología

Período estructural de retorno

100 años a 1 segundo

Velocidad sísmica 52 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

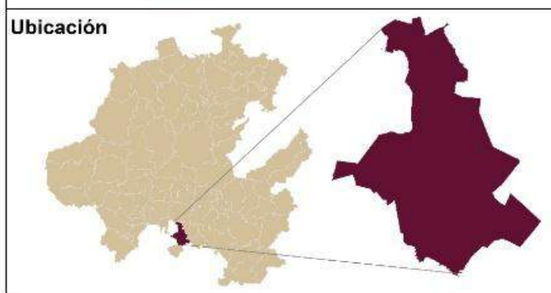
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

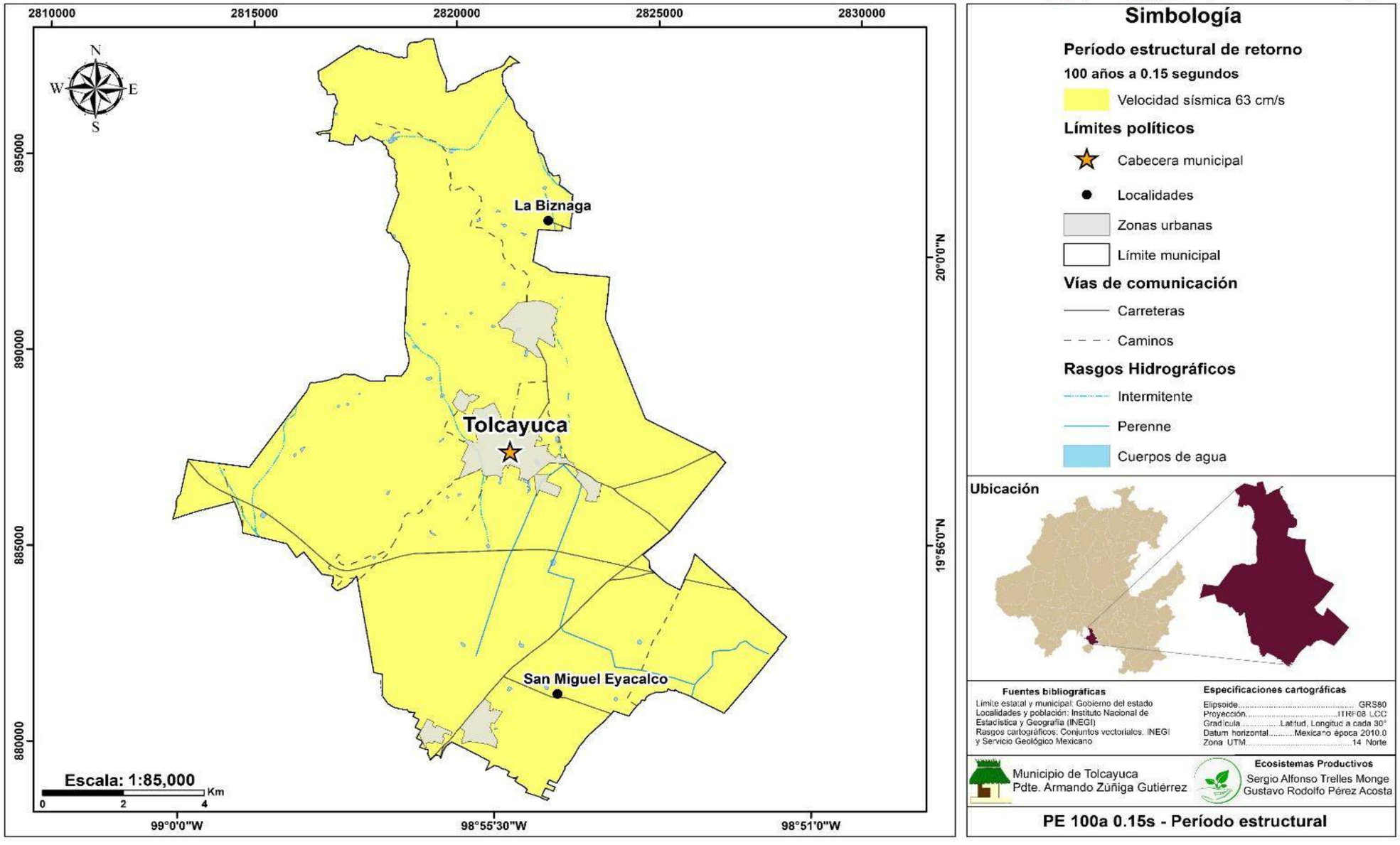
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 100a 1s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 100 años a 0.15 segundos



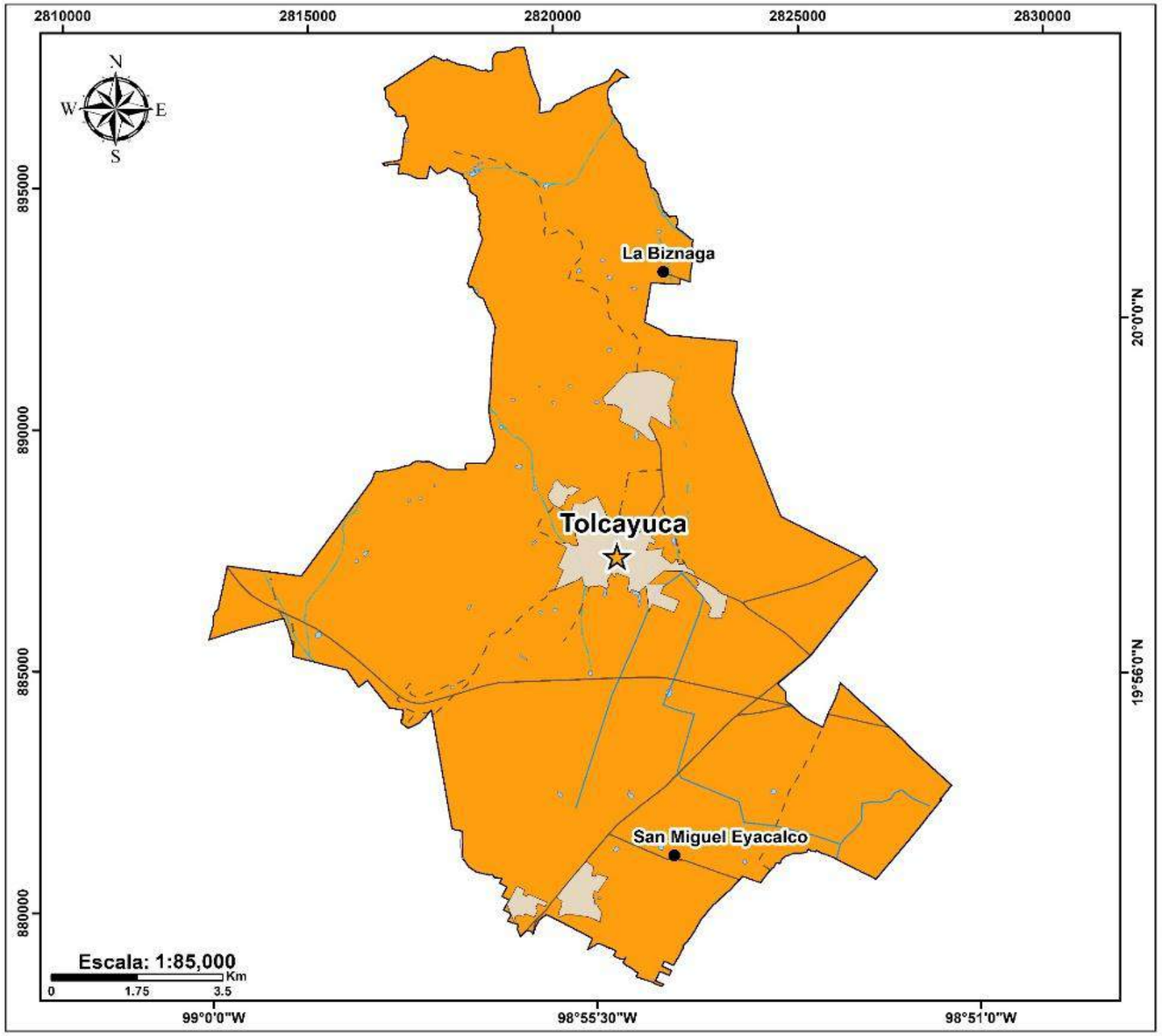
Periodo de retorno a 500 años

El período de retorno estructural a quinientos años en sismicidad es un concepto fundamental en la ingeniería sísmica y en el diseño de infraestructuras que deben resistir terremotos. Este término hace referencia al tiempo promedio que transcurre entre dos eventos sísmicos de una magnitud determinada, en una región específica. En otras palabras, se refiere a la probabilidad de que un terremoto con una magnitud dada ocurra en un determinado lugar dentro de un período de 500 años.

El análisis de este período de retorno es crucial para establecer los parámetros de diseño sísmico en las construcciones. Los ingenieros y arquitectos utilizan este dato para calcular las cargas sísmicas que las estructuras deben ser capaces de soportar. El diseño sísmico basado en un período de retorno de 500 años implica un enfoque de protección ante terremotos fuertes, pero poco frecuentes, considerando tanto la probabilidad de su ocurrencia como las posibles consecuencias para la seguridad de las personas y la infraestructura.

Para determinar este período de retorno, se emplean modelos probabilísticos que analizan la historia sísmica de una región, las características geológicas y tectónicas del área, y otros factores como la aceleración sísmica máxima esperada. Estos modelos permiten estimar no solo la probabilidad de ocurrencia de un terremoto en un tiempo determinado, sino también la magnitud y la intensidad de dicho evento.

Mapa de período estructural de retorno, 500 años a 0 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

500 años a 0 segundos

Velocidad sísmica 135cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

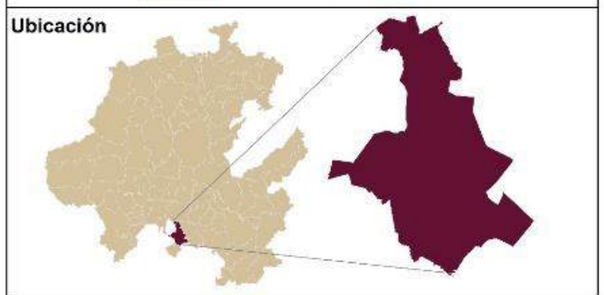
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localicades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

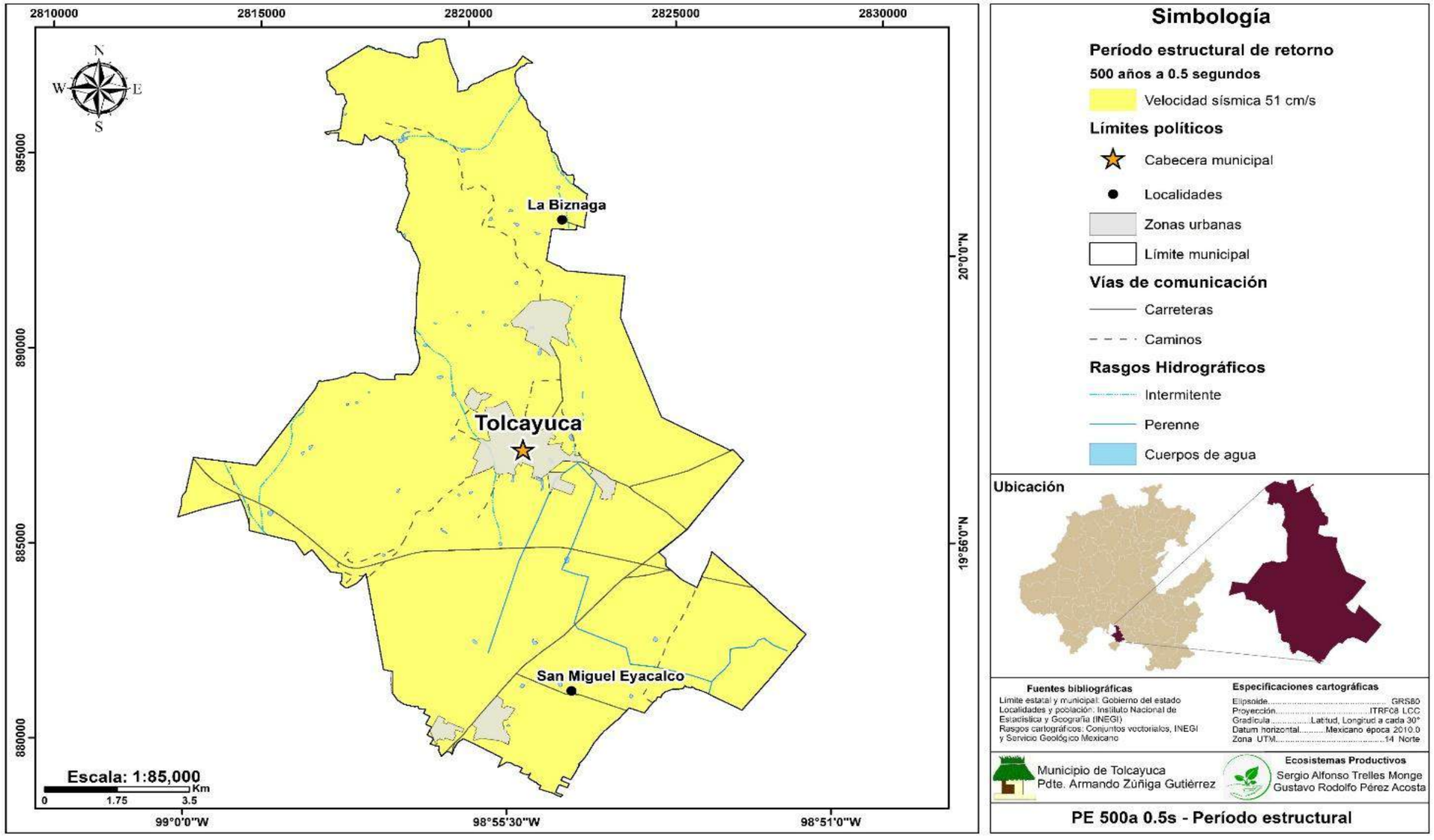
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

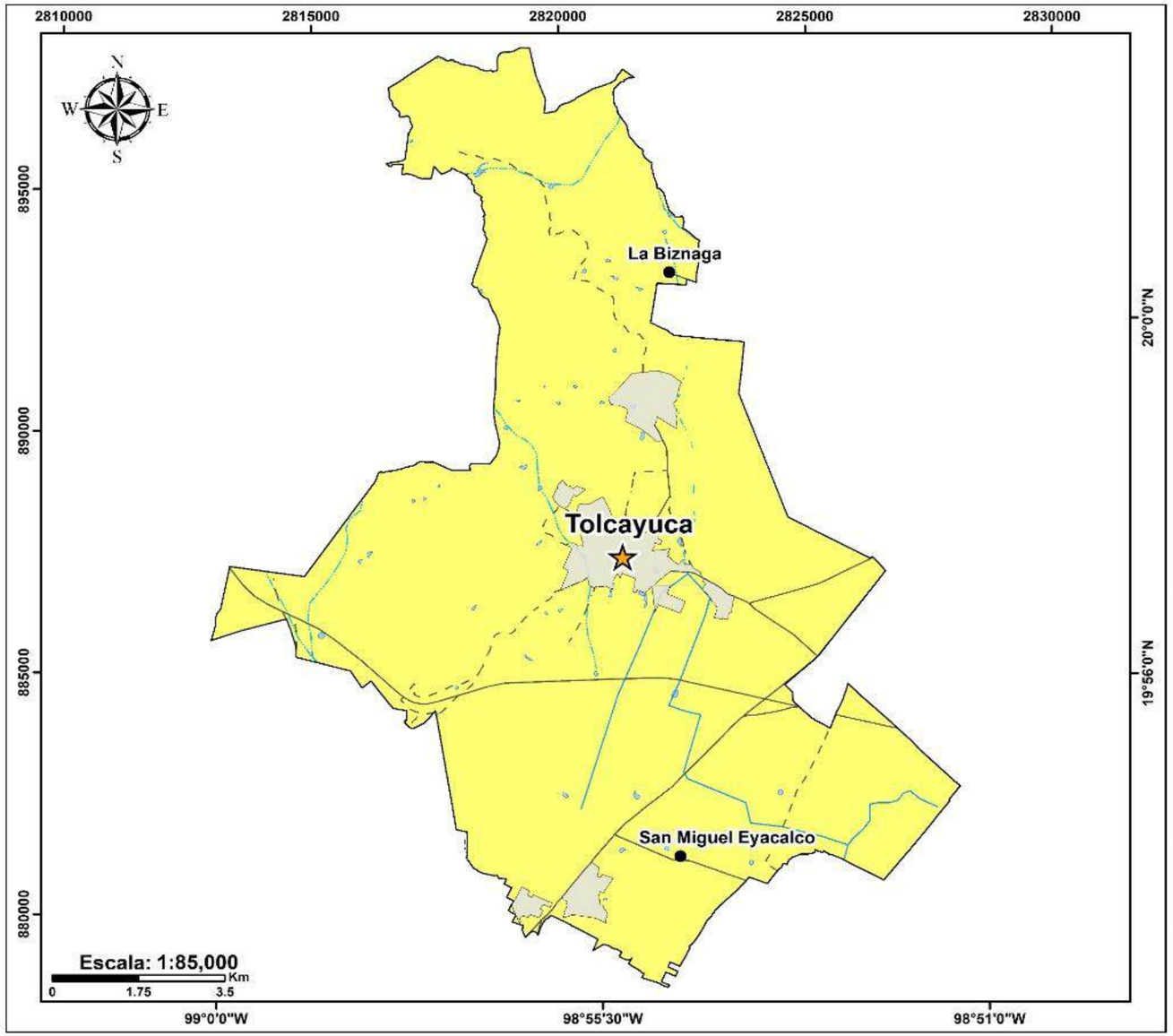
Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 500a 0s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 500 años a 0.5 segundos



Mapa de período estructural de retorno, 500 años a 1 segundo



Simbología

Período estructural de retorno

500 años a 1 segundo

Velocidad sísmica 51 cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

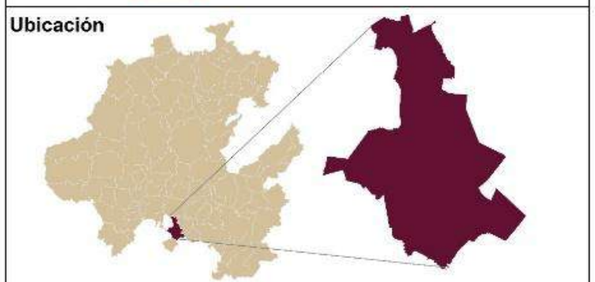
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

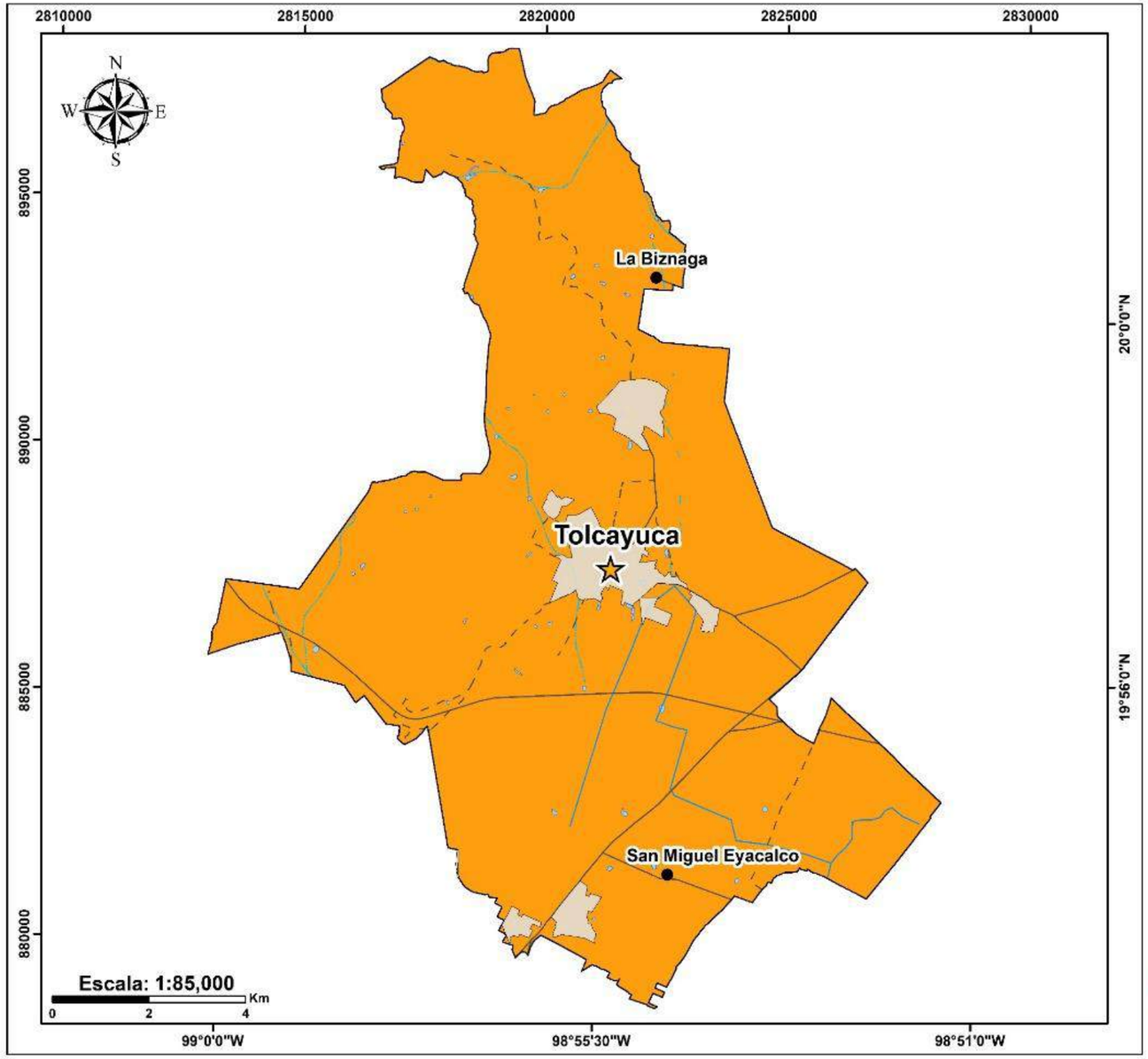
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM..... 14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 500a 1s - Período estructural

Mapa de período estructural de retorno, 500 años a 0.15 segundos



Simbología

Período estructural de retorno

500 años a 0.15 segundos

Velocidad sísmica 135cm/s

Límites políticos

Cabecera municipal

Localidades

Zonas urbanas

Límite municipal

Vías de comunicación

Carreteras

Caminos

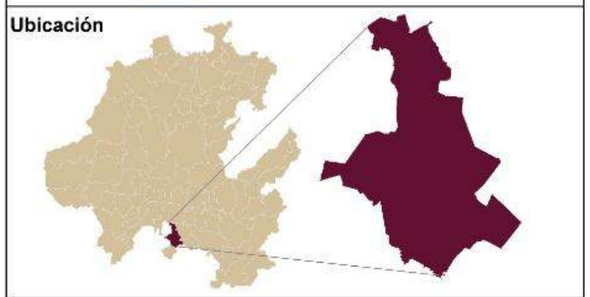
Rasgos Hidrográficos

Intermitente

Perenne

Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide GRS80
Proyección ..... ITRF08 LCC
Gradícula ..... Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal ..... Mexicano época 2010.0
Zona UTM ..... 14 Norte

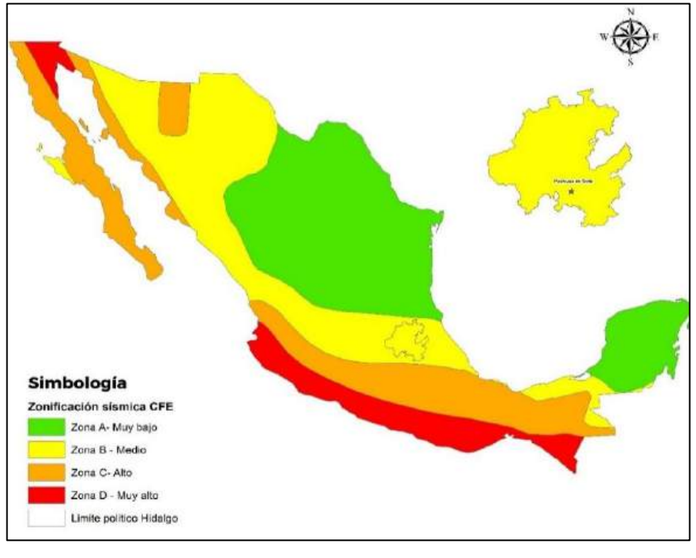
Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PE 500a 0.15s - Período estructural

Vulnerabilidad física por sismos

Hidalgo, aunque no es uno de los estados más afectados por terremotos en México, está ubicado en una región sísmicamente activa debido a su proximidad con los detonantes del sismo. De acuerdo con la zonificación sísmica elaborada por la comisión federal de electricidad, en su totalidad el territorio hidalguense se encuentra en la zona B, con un peligro medio por sismos.



Regionalización sísmica CFE 2015.

La vulnerabilidad física es la susceptibilidad de la vivienda a sufrir daños estructurales en caso de un evento sísmico determinado. Esta vulnerabilidad depende de factores como la geometría de la edificación, factores constructivos y factores estructurales.

La resistencia y la calidad de la construcción de una edificación o infraestructura determinarán su capacidad para resistir los efectos de un terremoto. Las edificaciones bien diseñadas y construidas de acuerdo con normas sísmicas adecuadas tienen menos probabilidades de sufrir daños significativos durante un sismo.

Como ya se había mencionado la vulnerabilidad sísmica del estado de Hidalgo, al igual que en otras regiones sísmicamente activas, depende de factores, principalmente de la calidad de la construcción de las edificaciones.

Se ha llevado a cabo un análisis exhaustivo para mapear la vulnerabilidad por calidad de construcción en el municipio de Tolcayuca, utilizando datos del INEGI correspondientes al año 2020.

Para la clasificación del INEGI, debe entenderse que: Los muros de mampostería son: tabique, bloque, piedra, cantera, entre otros.

Los techos flexibles son: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera, teja y los no especificados.

Los techos rígidos considerados son: losa de concreto, tabique, ladrillo, terrado con vigueta y bóveda catalán.

Como se pide en la Guía de contenido mínimo en su Inventario de bienes expuestos, se asoció a parámetros mínimos para evaluar la vulnerabilidad física por sismos y vientos.

Metodología

Derivado de lo anterior, se aprovechó la información recopilada para calcular la vulnerabilidad física de la vivienda ante este tipo de fenómenos, para lo cual se tomó como base el índice que mide la vulnerabilidad física

de la vivienda (I_{VF}), propuesto por el CENAPRED, mismo que se estimó para cada combinación de materiales de construcción identificados en la región.

Combinación tipo de material de vivienda

	Muros	Techos	Tipología asignada	Calificación	
				Sisimo	Viento
1	Mamposteria	Rigido	1	1	1
2	Mamposteria	Flexible	2	2.3	2.5
3	Adobe	Rigido	3	3.6	2
4	Adobe	Flexible	4	4	5.5
5	Flexible	Flexible	5	3.3	7.6

Para tener en cuenta la vulnerabilidad física de la vivienda se propone un índice que integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño y el nivel de peligro asociado a sismo o viento. El índice tiene la forma:

$$Ivf = \frac{Vi * Pi}{Vp * Pm}$$

Dónde:

I_{vf} = Representa el índice que mide la vulnerabilidad física.

V_i = Representa la calificación según el tipo de vivienda

V_p = Es la vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad.

P_i = Es el nivel de peligro por sismo en la zona de estudio.

P_m = Nivel de peligro máximo por sismo o viento.

Con base en lo anterior, a cada tipo de vivienda predominante en el municipio de Tolcayuca le fue asignada una calificación obtenida de la información técnica que establece el CENAPRED en su guía metodológica, lo que nos arrojó la variable V_i. La vivienda con el peor comportamiento fue el tipo 4, a la cual se le asignó una calificación de 4, misma que representó el valor de la variable V_p.

Para obtener P_i, se utilizó la zonificación sísmica de la Comisión Federal de Electricidad, misma que ubica al municipio de Tolcayuca en la zona B de peligro medio. De acuerdo con las especificaciones del Cenapred, el valor asignado para la Zona B fue de 0.14.

La variable P_m corresponde al nivel máximo de peligro por sismo, que es de 0.80. Una vez obtenidas todas las variables se procedió a calcular el Índice de vulnerabilidad física para cada tipo de vivienda según la zona de peligro en la que se encontrara, lo que arrojó los resultados que se observan en la tabla continua. Una vez obtenidos los valores de índice de vulnerabilidad y para la zona de peligro, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Física a Nivel AGEB (I_{VFA}) para las localidades amanzanadas. mediante la ecuación:

$$Ivfa = \frac{\sum Ni * Ivf}{NT}$$

Este se obtiene de la sumatoria del número total de cada tipo de vivienda (Σ Ni),

multiplicado por el índice de vulnerabilidad físico (I_{VF}), dividido entre el número total de viviendas de cada AGEB (NT). De acuerdo con el I_{VFA} obtenido para cada AGEB se asigna el grado de vulnerabilidad.

Índice de vulnerabilidad física ante sismos para cada tipo de vivienda según zona de peligro.

Tipo de vivienda	Calificación de la vivienda para sismos (V_i)	Zona de Peligro Medio Valor de P_i	Nivel Máximo de peligro (P_m)	Vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (V_p)	Índice de vulnerabilidad física zona de peligro media sismo (I_{vf})
1	1	0.14	0.8	4	0.044
2	2.3	0.14	0.8	4	0.101
3	3.6	0.14	0.8	4	0.158
4	4	0.14	0.8	4	0.175
5	3.3	0.14	0.8	4	0.144

Resultados

Si bien la vulnerabilidad sísmica en el Estado es relativamente muy baja, se decidió utilizar el método de intervalos naturales para determinar grados de vulnerabilidad de la vivienda, con el fin de identificar aquellas zonas en las cuales se presentan los niveles más altos de vulnerabilidad y tener una perspectiva regional.

Una vez explicado lo anterior, los rangos quedaron definidos de la siguiente manera

Intervalos índice de vulnerabilidad por sismos nivel AGEB.

Grado de vulnerabilidad física ante sismo	Intervalos del I_{vf}	
Muy baja	0	0.056
Baja	0.0561	0.067
Media	0.0681	0.0819
Alta	0.082	0.09
Muy Alta	0.091	o más

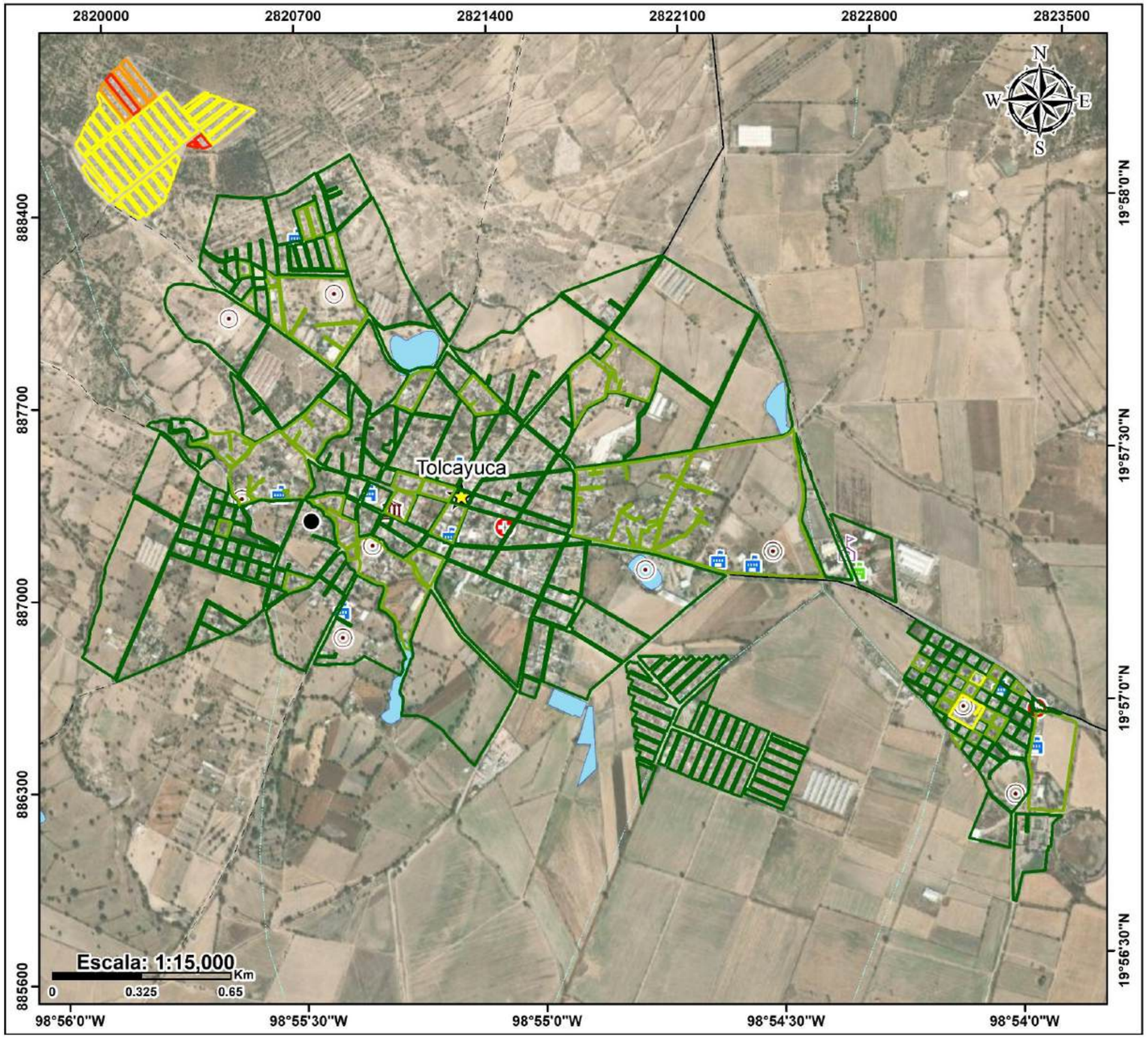
Entre las edificaciones que resultan afectadas se encuentran las viviendas de bajo costo, la mayoría de las cuales son consideradas como construcción informal, ya que se caracterizan por emplear materiales de baja calidad y por no presentar un diseño estructural formal, lo que las vuelve altamente susceptibles a diferentes tipos de daños. De acuerdo con la información recopilada en el municipio de Tolcayuca, las comunidades que presentan una vulnerabilidad física de nivel Muy bajo a causa de que presentan un alto porcentaje de vivienda del tipo I.

En general, en todo el territorio municipal predominaron las localidades con niveles de vulnerabilidad Muy bajos y bajos ante fenómeno de sismo.

Con excepción del fraccionamiento Lomas del Álamo, donde predominan las viviendas del tipo I, pero las las características del suelo, los factores constructivos y los factores estructurales contribuyen a que las viviendas puedan sufrir daños severos durante los sismos.

Se creo el mapa de vulnerabilidad física frente a sismos, utilizando la tipología de viviendas a nivel AGEB localidad rural y urbana amanzanada del municipio de Tolcayuca, con el propósito de lograr una representación amplia.

Mapa de Vulnerabilida física por sismo, zona centro



Simbología

Vulnerabilidad
- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

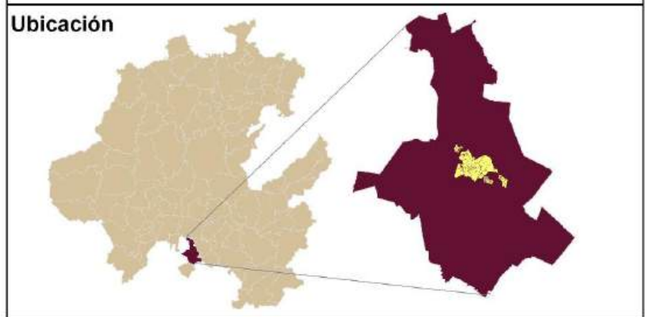
Sitios de interés público
- Palacio de Gobierno
- Primaria
- Secundaria
- Medio Superior
- Centro de Salud
- Lienzo Charro
- Centro deportivo
- Instalación deportiva

Limites politicos
- Cabecera municipal
- Limite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

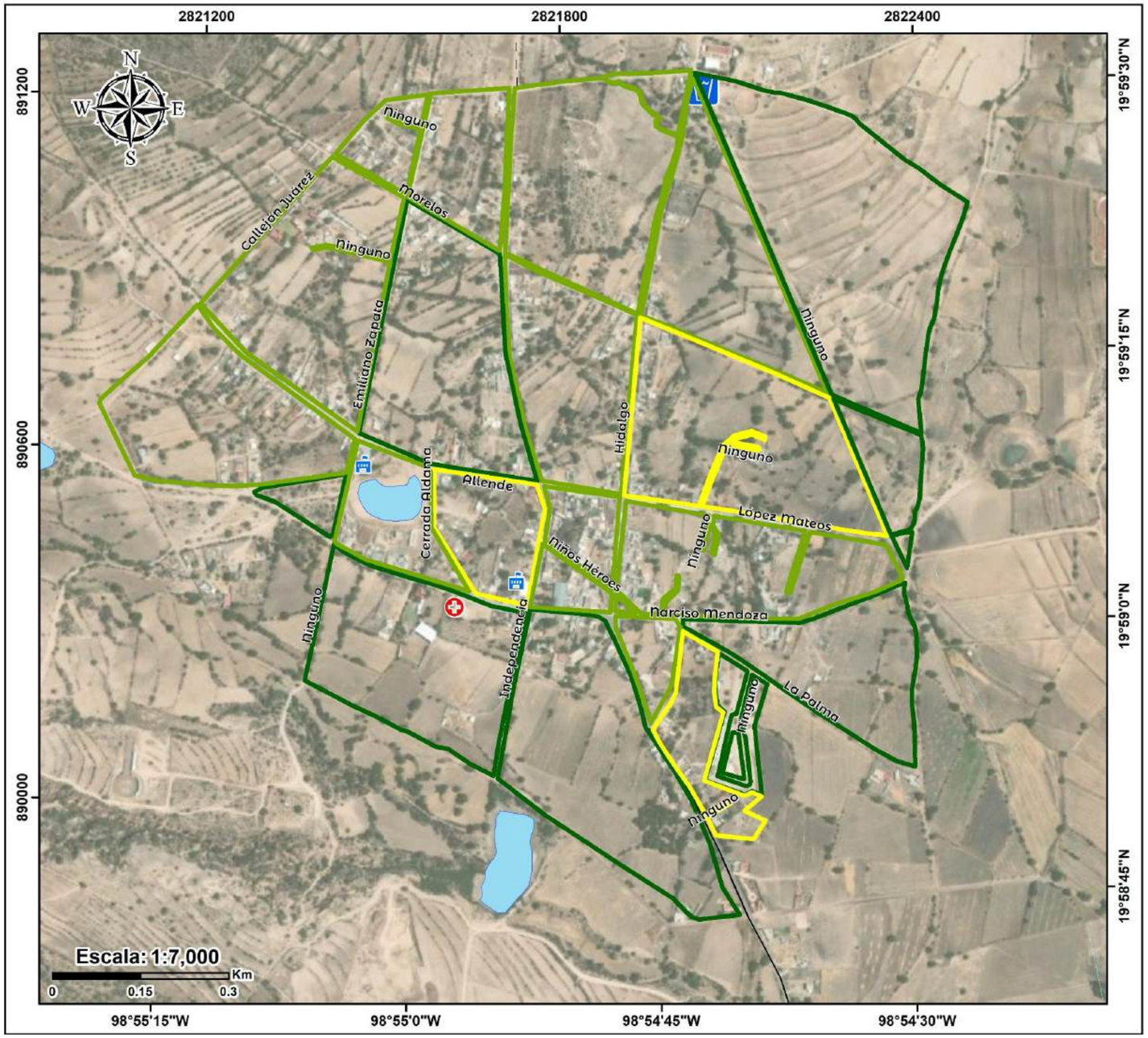
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VFS- Vulnerabilidad física sismo, zona centro

Mapa de vulnerabilidad física por sismo, zona norte



Simbología

Vulnerabilidad

- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

Sitios de interés público

- Escuela
- Centro de Salud
- Tanque de Agua

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Limite municipal

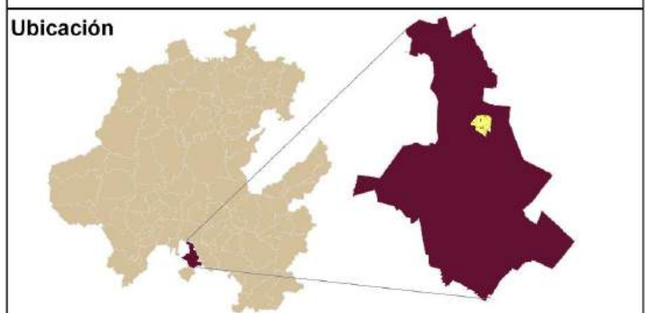
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

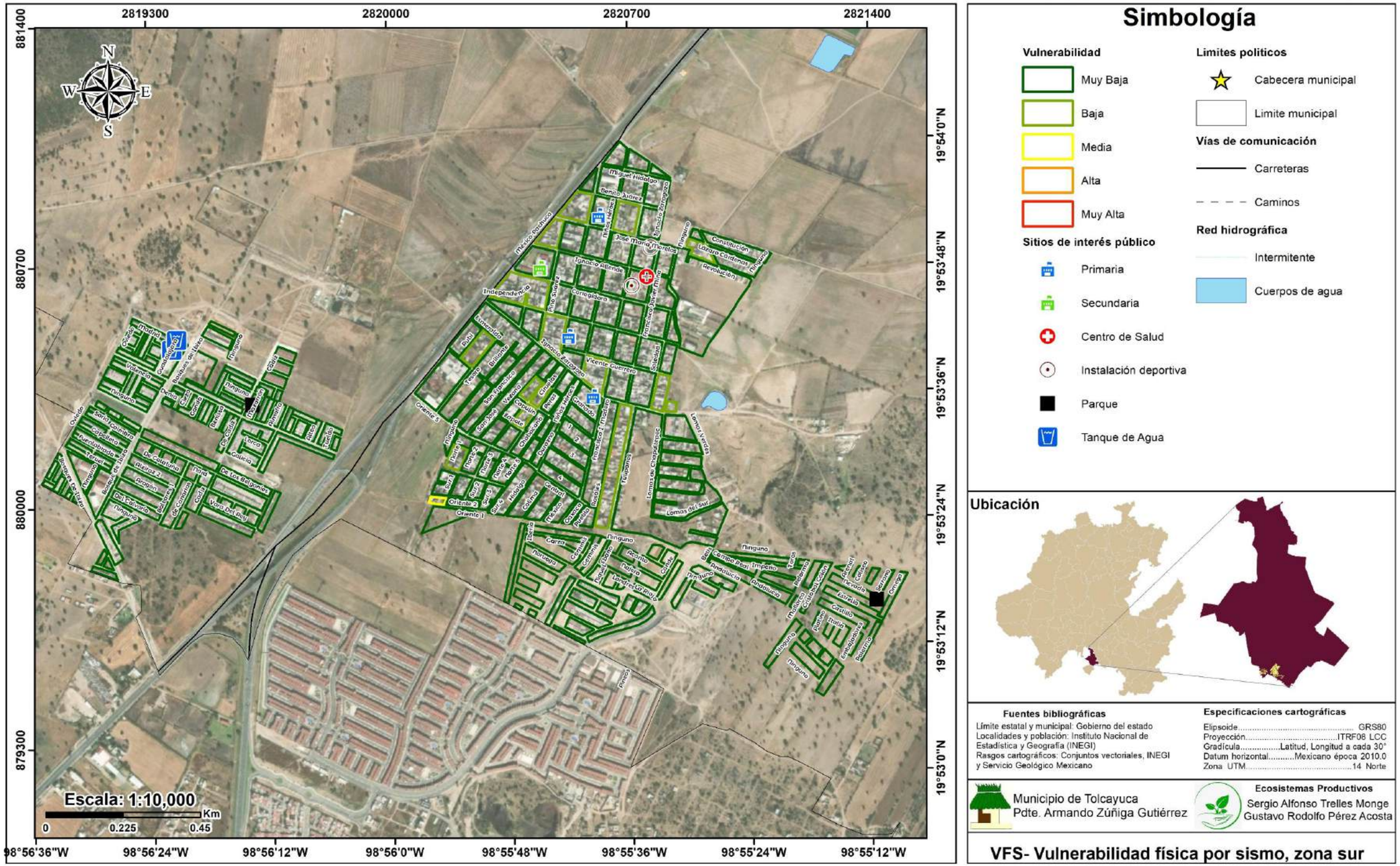
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VFS- Vulnerabilidad física por sismo, zona norte

Mapa de vulnerabilidad física por sismo, zona sur



Peligro por vulcanismo

El peligro por vulcanismo hace referencia a los riesgos y amenazas que la actividad volcánica y sus efectos pueden representar para las personas, las propiedades y el medio ambiente. Estos peligros varían en naturaleza y magnitud, y pueden manifestarse de manera directa o indirecta. Por ello es fundamental comprender los impactos de los fenómenos volcánicos, tales como:

Cenizas volcánicas y efectos

Las cenizas volcánicas son partículas finas de material que provienen de la lava, la cual se ha fragmentado y reducido a polvo o arena durante una erupción volcánica. Cuando ocurre una explosión, los fragmentos más grandes y pesados caen rápidamente cerca del volcán, mientras que las partículas más pequeñas y livianas son transportadas por el viento a grandes distancias. Estas cenizas pueden viajar cientos o incluso miles de kilómetros, afectando áreas muy amplias y pudiendo impactar a una gran cantidad de personas y ecosistemas en zonas alejadas del volcán.

Este tipo de material puede causar problemas de salud, como agravamiento de enfermedades pulmonares, trastornos gastrointestinales por contaminación, y daños oculares. También obstruyen el agua y afectan infraestructuras como presas, alcantarillado y maquinaria. Además, se acumulan en carreteras y vías, lo que genera superficies resbaladizas y reduce la visibilidad, provocando accidentes. Las cenizas pueden dañar equipos electrónicos, interferir con las comunicaciones y alterar el suministro eléctrico. En la agricultura, los efectos dependen del tipo de cultivo y del espesor de la capa de ceniza. Finalmente, afectan el tráfico aéreo, ya que los aviones pueden sufrir fallos en los motores al atravesar las nubes de ceniza (CENAPRED, 2021).

El espesor de la ceniza volcánica influye en su impacto, un espesor mayor puede causar daños a la infraestructura, reducir la visibilidad y afectar la agricultura, mientras que una capa moderada puede enriquecer el suelo. En la tabla: Afecciones según el espesor de ceniza volcánica, se muestran las afecciones de acuerdo al espesor de ceniza.

La ceniza volcánica, aunque destructiva, tiene beneficios agrícolas al mejorar la fertilidad del suelo, aportar minerales como calcio, potasio y fósforo, y aumentar la retención de agua. También actúa como pesticida natural y eleva el pH en suelos ácidos, favoreciendo ciertos cultivos (Mori, S., & Takeuchi, W. 2012).

Espesor	Afección
<1mm	-Problemas respiratorios, oculares y cutáneos menores
1 - mm	-Mayor riesgo respiratorio, ocular y cutáneo
5 – 50 mm	-Afecciones respiratorias más serios y riesgo de intoxicación -Contaminación significativa de agua, afecciones graves a cultivos, flora y fauna -Riesgo elevado de colapso de techos e interrupción de servicios básicos y de comunicación
>50 mm	-Graves problemas de salud -Daño extremos a cultivos, flora y fauna. -Larga duración de efectos contaminantes -Interrupción severa de vías de comunicación y energía. -Alta probabilidad de colapso de techos y estructuras

Afección por flujos piroclásticos

Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos son uno de los fenómenos volcánicos más devastadores. Este material se compone de la mezcla de gases extremadamente calientes, cenizas y fragmentos de roca que descienden rápidamente por los flancos del volcán a velocidades superiores a los 100 km/h y con temperaturas que superan los 100 °C. La parte más densa del flujo, cargada de fragmentos pesados, se desplaza por el fondo de barrancas y valles, mientras que la capa superior, más ligera, puede elevarse por encima de estos valles, alcanzando grandes alturas y, en algunos casos, superando relieves topográficos importantes.

Durante su avance, este material es absolutamente destructivo, arrasando todo a su paso, sin importar la solidez de las construcciones o la vida en la zona.

Varían desde algunos metros hasta varios cientos de metros, lo que amplifica aún más su

impacto en las áreas cercanas al volcán (CENAPRED, 2021)

Lahar o flujos de lodo

Este tipo de material volcánico se compone de rocas, pómez, escoria y mayormente ceniza, que son arrastrados por agua proveniente de la fusión de un casquete glaciar, un lago cratérico o fuertes lluvias. Cuando el agua se mezcla con el material volcánico suelto, se forma una masa densa y fluida, similar al concreto de la construcción, que se desplaza con gran rapidez.

Debido a su alta densidad, los lahares pueden transportar grandes bloques de roca de gran diámetro y objetos como casas, vehículos, árboles y puentes, causando una devastación masiva. Estos flujos pueden recorrer distancias muy largas, superando los 100 km, con velocidades que varían entre 40 y 100 km/h. El mayor peligro para los seres humanos es el enterramiento o el impacto de los bloques y escombros que transporta el flujo. Las edificaciones y otros bienes en su camino son destruidos, enterrados o arrasados. Ante la llegada de un lahar, la evacuación es esencial, y en algunos casos basta con elevarse unos metros para escapar del peligro (CENAPRED, 2021).

Ondas de presión o choque

Las ondas de choque volcánicas se generan durante erupciones explosivas debido al rápido movimiento del material expulsado. Aunque su energía disminuye conforme se alejan del centro de la erupción, pueden mantener suficiente fuerza para causar daños a estructuras ubicadas a grandes distancias. En erupciones moderadas, estas ondas pueden afectar áreas a más de 10 km del volcán, causando daños como la rotura de cristales o incluso lesiones debido a la proyección de fragmentos, por lo cual su estudio y monitoreo son importante para la mejora de la capacidad de respuesta ante este tipo de eventos (CENAPRED, 2021).

Derrumbe del edificio volcánico y avalanchas de escombros

El derrumbe de un edificio volcánico y las avalanchas de escombros son fenómenos geológicos vinculados a la actividad volcánica, que ocurren de forma repentina y pueden causar grandes daños en las áreas cercanas.

Las avalanchas de escombros son deslizamientos masivos de material volcánico causados por la inestabilidad de los flancos de un volcán, debido a factores como la intrusión de magma, terremotos o debilitamiento estructural. Ocurren de forma rápida y destructiva, afectando grandes áreas y recorriendo distancias de hasta 100 km, destruyendo todo a su paso (CENAPRED, 2021).

El derrumbe de un edificio volcánico ocurre cuando una parte del volcán, como una ladera o cúpula de lava, colapsa debido a la acumulación de material inestable, presiones internas, terremotos o erosión. Este fenómeno puede generar flujos de escombros, deslizamientos de tierra, avalanchas de rocas o tsunamis, y representar un gran riesgo para las

poblaciones cercanas y el entorno volcánico (Arámbula-Mendoza et al., 2020).

Flujos o coladas de lava y domos

Los flujos de lava son derrames de roca fundida que se originan en el cráter o flancos de un volcán. Estos flujos avanzan a bajas velocidades, disminuyendo aún más a medida que se enfrían. Aunque su movimiento es lento, pueden causar graves daños a las infraestructuras cercanas al enterrar, destruir o incendiar edificios debido al calor intenso de la lava.

Los domos de lava se forman cuando la lava viscosa se acumula en el cráter o en las laderas del volcán, creando una estructura en forma de cúpula, los cuales pueden actuar como "tapones" que bloquean la salida de gases volcánicos, aumentando la presión interna y el riesgo de explosiones. Las explosiones pueden generar flujos piroclásticos, corrientes de gases calientes, ceniza y fragmentos de roca que descienden rápidamente, representando un peligro significativo para las personas y las infraestructuras cercanas (CENAPRED, 2021).

Sismos volcánicos

Los sismos volcánicos son temblores de baja magnitud que ocurren cerca de los volcanes debido a procesos internos como el movimiento de magma o la fractura de rocas. Aunque son raros y de baja intensidad, su impacto es más notorio en un radio de 10 km alrededor del volcán. Aunque no suelen causar grandes daños directos, pueden desencadenar avalanchas de escombros o contribuir al colapso estructural del volcán, lo que podría provocar desastres como deslizamientos de tierra o erupciones más intensas (CENAPRED, 2021).

Gases volcánicos

Durante una erupción volcánica, se emiten gases durante las erupciones, incluso si el volcán no está en erupción, las grietas del subsuelo facilitan el movimiento de los gases hacia la superficie a través de pequeñas aberturas por medio de las llamadas fumarolas. En ocasiones, la liberación de los gases se produce en grandes cantidades. Más del 90% de todo el gas emitido por los volcanes es vapor de agua, el cual en su gran mayoría es agua subterránea proveniente de lluvias y ríos.

Otros gases volcánicos comunes son el bióxido de carbono (CO2), bióxido de azufre (SO2), y varios otros compuestos de cloro (Cl), flúor (F), monóxido de carbono (CO), y nitrógeno (N). El gas bióxido de azufre puede reaccionar con las gotas de agua de la atmósfera y producir lluvia ácida, lo cual ocasiona corrosión y daños a la vegetación. El bióxido de carbono es más pesado que el aire, por lo que puede asentarse o mantenerse en áreas bajas en concentraciones letales para la gente y los animales (CENAPRED, 2021).

Tsunamis

Los tsunamis suelen originarse por terremotos submarinos, pero también han sido causados por erupciones volcánicas. Estos tsunamis volcánicos pueden generarse por diversos

mecanismos, como sismos volcánicos**,** explosiones, colapsos o deslizamientos**,** así como por lahares o flujos piroclásticos que entran en contacto con el agua. Las ondas de choque atmosféricas también pueden contribuir a su formación, afectando zonas costeras a grandes distancias de la erupción (CENAPRED, 2021).

Mitigación de los peligros volcánicos

Para mitigar los peligros volcánicos, es esencial implementar estrategias de monitoreo constante, como la vigilancia sísmica y de gases, para prever erupciones. Además, es fundamental contar con planes de evacuación bien establecidos y educar a las comunidades sobre cómo actuar en caso de emergencia. La zonificación territorial y la construcción de infraestructuras resistentes a la actividad volcánica, como techos a prueba de cenizas, también son clave.

Otro aspecto importante es el almacenamiento de suministros básicos y la creación de refugios temporales. La educación pública sobre riesgos volcánicos y el entrenamiento de equipos de emergencia son cruciales para una respuesta rápida. Invertir en investigación científica y tecnología avanzada mejora la predicción y el manejo de desastres. Finalmente, regulaciones industriales cercanas a volcanes y cooperación internacional son fundamentales para reducir los impactos de las erupciones.

Con información de CENAPRED, a continuación, en la tabla Periodo de alerta y capacidad de daño, se describe el periodo de alerta ante peligros volcánicos, su capacidad de daño y el área aproximada de afectación:

Peligros y su capacidad de daño

Peligro	Periodo de alerta	Capacidad de daño severo	Probabilidad de lesión severa o muerte	Área afectada (km^2)	
				Promedio	Máximo
Caída de tefra	Minutos a horas	Menor-moderado	Bajo-moderado	100	>100,000
Proyectiles basálticos	Segundos	Extremo	Muy alto	10	80
Flujos piroclásticos y derrumbes o avalanchas	Segundos	Extremo	Extremo	5-20	10,000
Lahares	Minutos a horas	Muy alto	Muy alto	5-20	200-300
Flujos de lava	Usualmente horas o días	Extremo	Muy alto	2	>1,000
Lluvia ácida y gases	Minutos a horas	Muy bajo	Usualmente muy bajo	100	20.000
Ondas de choque	Segundos a minutos	Menor	Muy bajo	1,000	>100,000
Rayos	Instantáneo	Moderado	Muy bajo	300	3.000

Volcanes activos y campos volcánicos

Volcanes activos

Un volcán es una estructura geológica que se forma por la acumulación de materiales expulsados durante una erupción, incluyendo lava, ceniza, gases y fragmentos de rocas (Tilling, 1989), se considera activo cuando ha tenido erupciones recientes o que muestra señales de actividad interna, como movimientos sísmicos, emisiones de gases o deformaciones en su estructura (Williams & McBirney, 1979), lo que indica que tiene el potencial de entrar en erupción en el futuro cercano. Suelen encontrarse en zonas tectónicamente activas, como los límites de placas o puntos calientes.

En un radio de 100 km del límite municipal de Tolcayuca se ubican los siguientes volcanes considerados activos por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED):

Jocotitlán

Es un volcán aislado elevado a 3,900m del nivel del mar, ubicado a 60 km al noroeste de la Ciudad de México, en la cuenca de Toluca, formado durante la era del Pleistoceno a partir de flujos de lava andesítica a dacítica. La característica más notable es un escarpe en forma de herradura al noreste, causado por una falla gravitacional durante la época del Holoceno temprano, que dio lugar a una avalancha de escombros que cubrió 80 km². Posteriormente, flujos y oleadas piroclásticas llenaron gran parte del escarpe. La última erupción registrada ocurrió hace unos 700 años (Smithsonian Intitution s.f.).

Papayo

Es un domo de lava elevado a 3,600 m del nivel del mar, presenta flujos de lava dacíticos que se extienden hasta10 km. Se ubica en la Sierra Nevada, al oeste de la Ciudad de México. El campo de lava cubre 84 km² y tiene un volumen de 21 km³ que se superponen a morrenas glaciares de unos 12,000 años, y en el lado occidental, rodean lava glaciada de la época del Pleistoceno tardío y un cono piroclástico de Iztaltetlac. Las dataciones indican edades de 118,000 y 80,000 años para el domo de lava y los flujos cercanos, respectivamente (Smithsonian Intitution s.f.).

Nevado de Toluca

Es el cuarto pico más alto de México, elevado a 4680m sobre el nivel del mar a unos 80 km al oeste de la Ciudad de México. Es un estratovolcán andesítico-dacítico, también conocido también por su nombre náhuatl Xinantécatl, cuenta con un cráter de 1,5 km de ancho abierto hacia el este. En su interior, un domo de lava dacítica divide dos lagos, nombrados como el Sol y la Luna. Durante la época del Pleistoceno, el volcán sufrió al menos tres grandes derrumbes que generaron avalanchas de escombros y depósitos de lahar en las áreas circundantes. La última erupción registrada, ocurrida hace aproximadamente 3,300 años en la época del Holoceno, que produjo flujos y oleadas piroclásticas (Smithsonian Intitution s.f.).

La Malinche

Es un estratovolcán erosionado de 4,461m sobre el nivel del mar, formado, en la época del Pleistoceno. Presenta evidencias de erosión glaciar en su cumbre, y se han identificado capas de tefra de la época del Holoceno provenientes del volcán. En sus flancos se encuentran varios conos y cráteres de explosión, entre ellos el complejo de maar de Xalapaxco, en el flanco noreste. Los lahares generados por una erupción ocurrida hace unos 3,100 años llegaron hasta la cuenca de Puebla (Smithsonian Intitution s.f.).

Iztaccíhuatl

Conocido como la "Mujer de Blanco", se conforma por conos superpuestos a lo largo de una línea en dirección norte-noroeste/-sur-sureste. El vulcanismo durante el periodo del cuaternario ha generado erupciones andesíticas y dacíticas. La zona cercana a su cumbre muestra depósitos de lava y toba de hace unos 11,000 años. Los respiraderos más recientes se encuentran en la cumbre y en una depresión a 5,100 metros de altitud. Parte del Iztaccíhuatl se encuentra en la Reserva de la Biosfera de la UNESCO, en la zona de Los Volcanes (Smithsonian Intitution s.f.).

Cerro Grande

Es un volcán en escudo ubicado en el estado de Puebla, dentro de la cordillera de la Sierra de Tlaxco. El material volcánico producido por su actividad abarca casi 2000 km^2, y se caracteriza por poseer una estructura similar a una caldera. Este señala el inicio de vulcanismo en la porción oriental de la FVTM, marcado por una secuencia de eventos complejos, con intercalaciones de periodos de reposo y de actividad volcánica durante dos millones de años (Carrasco-Núñez, G.; Gómez-Tuena, A., 2000).

Popocatépetl

Se eleva a 70 km al sureste de la Ciudad de México siendo el segundo volcán más alto de América del Norte. Es un estratovolcán, cubierto por glaciares, presenta un cráter de paredes escarpadas de 400 x 600 metros. Sus erupciones generalmente son acompañadas de flujos piroclásticos y lahares masivos que afectan las cuencas inferiores. El volcán se encuentra dentro de la reserva de la biosfera de Los Volcanes, declarada Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Este volcán actualmente presente actividad por presencia de fumarolas, expulsión de gases y ceniza (Smithsonian Intitution s.f.).

Cabe mencionar que los volcanes Nevado de Toluca, La Malinche y Cerro Grande no entran dentro del radio de 100 km del límite municipal de Tolcayuca, mientras que el volcán Popocatépetl, se encuentra el límite del radio,

Calderas activas

Una caldera es una depresión volcánica de gran tamaño formada por el colapso de la superficie terrestre tras una erupción explosiva que vacía la cámara magmática subyacente, se considera activa cuando presentan actividad del tipo sísmica, geotérmicas, presencia de liberación de gases y riesgo a erupciones.

Caldera Acoculco

Tiene una altura de 3,020m sobre el nivel del mar ubicado al noreste de la Faja Volcánica Transmexicana, incluye dos grandes depresiones de 28x34 y 16x21 km, formadas por erupciones piroclásticas en el Plioceno tardío y Pleistoceno. Durante el Pleistoceno temprano, se formó un domo de lava riolítica en Cerros las Tetillas, y la actividad más reciente consistió en flujos de lava basáltica. Además, existen áreas termales dentro del complejo, que se consideran de interés para el desarrollo geotérmico (Smithsonian Intitution s.f.).

Caldera Zitácuaro

Se ubica en el estado de Michoacán, México, es una formación geológica que resultó de antiguas erupciones volcánicas y forma parte de un sistema volcánico mayor. Es una depresión circular creada por erupciones extremadamente violentas, siendo su última actividad hace 31,000 años. Actualmente, es un área de interés geológico, tanto por su historia como por su potencial geotérmico, lo que podría ofrecer oportunidades para la generación de energía renovable en la región, adicionalmente presenta actividad sísmica (Instituto de Geofísica, UNAM, 2022). Sin embargo, esta no se encuentra dentro del radio de 100 km del límite municipal de Tolcayuca.

Campos volcánicos

Un campo volcánico es una región geológica en la que se encuentran varios volcanes que pueden estar activos, inactivos o extintos, (Houghton et al., 2014). Suelen ubicarse en zonas tectónicas específicas, como límites convergentes, divergentes o puntos calientes. En algunos casos, los volcanes pueden estar agrupados debido a un sistema de fallas o fracturas en la corteza terrestre, lo que facilita la ascensión de magma desde el manto hacia la superficie. Los campos volcánicos pueden presentar una amplia variedad de características, como conos volcánicos, calderas, fisuras volcánicas y flujos de lava, y son áreas de gran interés tanto para la geología como para la vulcanología debido a su complejidad y potencial para la actividad volcánica.

La mayoría de los campos volcánicos de México se encuentran en el centro del país, dentro de la Provincia Fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana (FVTM). Esta región, que corresponde a una zona de subducción, tiene el potencial de generar nuevos volcanes debido a la intensa actividad tectónica. En dichas zonas, el magma se origina cuando una placa tectónica se hunde bajo otra, lo que provoca su ascenso hacia la superficie y la formación de un volcán (McBirney y Williams, 2015). SI bien dichas zonas son de gran potencial volcánico, no se puede predecir en qué momento nacerá un volcán.

En un radio de 100 km del municipio de Tolcayuca se ubican los siguientes campos volcánicos:

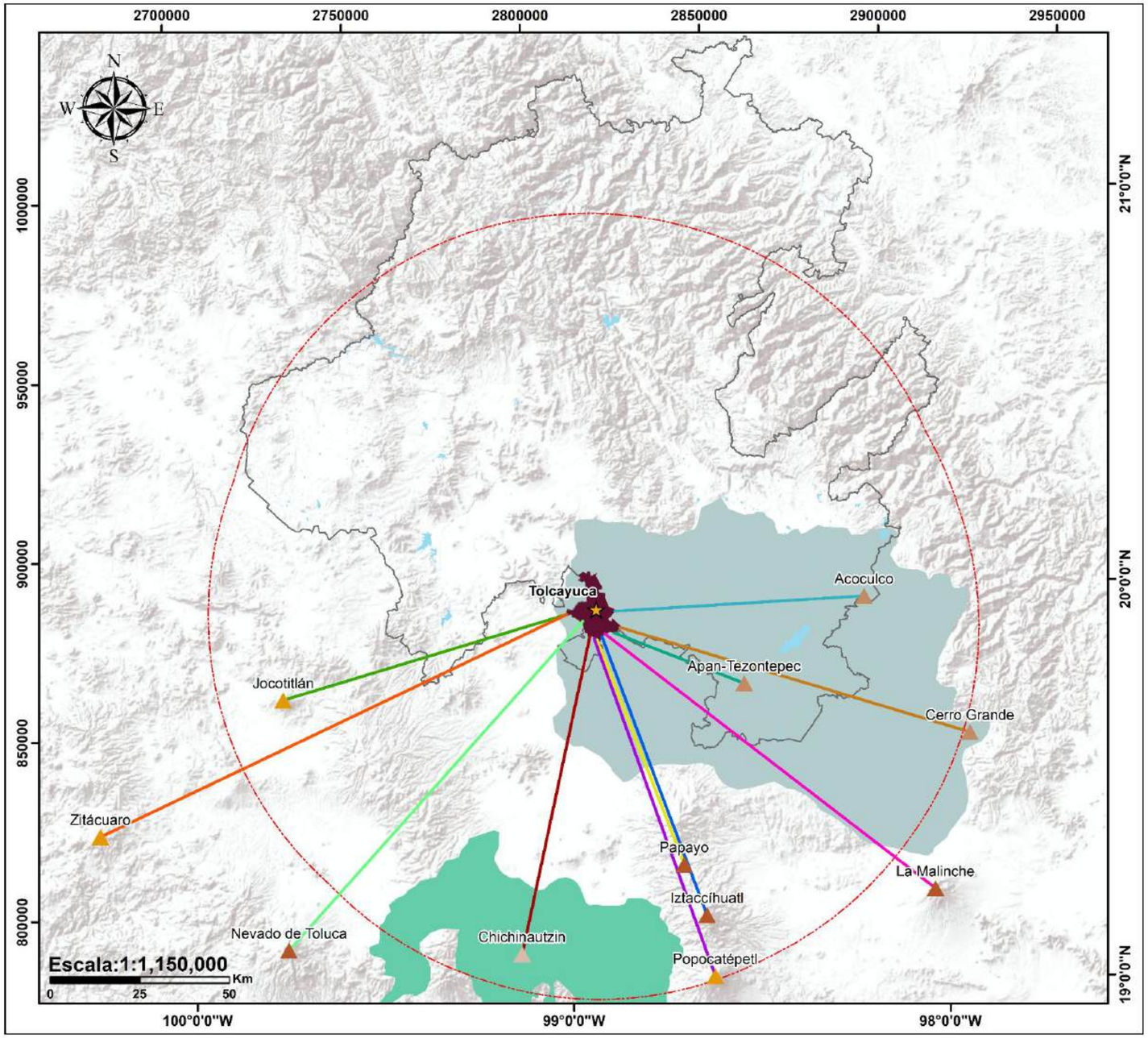
Campo volcánico Apan-Tezontepec

Ubicado en la parte noreste del Valle de México, abarcando porciones de los estados de Hidalgo, Tlaxcala y México. Se extiende desde la era del Mesozoico hasta el Pleistoceno, contiene alrededor de 300 centros eruptivos, mayormente conos de escoria, sin embargo, también incluye volcanes escudo, flujos de lava y domos de lava. Los respiraderos volcánicos están distribuidos según fallas normales regionales. Entre los volcanes cuaternarios más grandes del área se encuentran Chiconautla y Cerro Gordo, de 3100 m de altura (Smithsonian Intitution s.f.).

Campo volcánico Chichinautzin

Se extiende sobre un área de 88 km al este-oeste al sur de la Ciudad de México. Lo conforman principalmente pequeños conos de ceniza superpuestos y volcanes en escudo, creando una amplia barrera topográfica en el extremo sur de la Cuenca de México que se extiende desde el flanco este del Nevado de Toluca hasta el flanco oeste del Iztaccíhuatl. Este campo contiene más de 220 respiraderos monogenéticos desde la época del pleistoceno al Holoceno siendo el volcán Ajusco forma el pico más alto de la Sierra. La erupción más conocida ocurrió hace aproximadamente 1,670 años por el cono de escoria de nombre Xitle (Smithsonian Intitution s.f.).

Mapa de volcanes activos y campos volcánicos



Simbología

Condición de volcanes
- Activo
- Inactivo
- Latente
- N/D

Campos volcánicos
- Apan-Tezontepec
- Chichinautzin

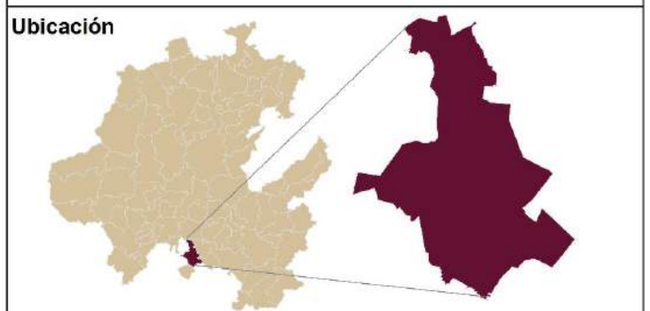
Distancia municipal
- 100 km

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Distancia
- 38,826 m
- 67,307 m
- 69,788 m
- 82,646 m
- 82,985 m
- 90,451 m
- 100,104 m
- 102,007 m
- 116,499 m
- 123,198 m
- 144,180 m

Rasgos hidrográficos
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VAyCV - Volcanes activos y campos volcánicos

Identificación del peligro

Para determinar el peligro por vulcanismo se considera el tipo de erupción volcánica (Tabla tipo de erupciones) y su explosividad, actualmente para poder tener una cuantificación de erupciones explosivas se usa la escala de Índice de Explosividad Volcánica (VEI, Tabla Índice de explosividad volcánica) definida por Newhall y Self en 1982, donde se toman en consideración el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción (CENAPRED, 2021), por mencionar algunos.

Para categorizar el nivel de peligro por vulcanismo se considera la magnitud de la tasa eruptiva de un volcán. En México durante los últimos 500 años se ha investigado un registro promedio de la tasa de erupción, siendo de hasta 15 erupciones volcánicas de distinto tamaño por siglo, con magnitudes desde bajas hasta destructivas en grado moderado (CENAPRED, 2021. Tabla Categorización del peligro por volcanes).

Con base al tipo de explosión, el VEI de los volcanes y el registro eruptivo de estos se ha establecido una categorización del nivel de peligro para los volcanes considerados activos en México. De acuerdo con lo anterior, el peligro por volcanes activos cercanos al municipio se encuentra en la Tabla Categorización del peligro volcánico en Tolcayuca, considerando el volcán Popocatépetl ya que actualmente presenta actividad volcánica.

Tipo de erupciones

Tipo de erupción	Magma	Actividad efusiva	Explosividad	Tipo de volcán
Hawaiana	Temperatura de más de 1200° de baja viscosidad	Lavas extensas a partir de fisuras	Baja	Volcanes escudo, planicies lávicas y erupciones fisúrales
Estromboliana	Intermedio o mixto de viscosidad moderada	Lavas escasas, poco extensas	Variable	Conos de lavas y cenizas abruptos
Vulcaniana	Temperatura de menos de 900° del tipo viscoso	Lavas escasas, piroclastos abundantes	Moderada a violenta	Estratovolcanes y calderas
Pliniana y Peleana	Temperatura de menos de 900° del tipo muy viscoso	Piroclastos y domos	Muy violenta	Estratovolcanes y calderas

VEI

VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	7
Descripción	No explosiva	Pequeña	Moderada	Moderada a grande	Grande	Muy grande	-	-	-
Volumen emitido(m^3)	< 10,000	10,000 – 1,000,000	Uno a diez millones	Diez a cien millones	Cien a mil millones	Uno a diez km^3	Diez a cien km	100 a mil km^3	> 1000 km^3
Altura de la columna (km)	0,1	0,1 – 1	1 – 5	3 – 15	10 – 25	>25	-	-	-
Duración (hrs)	-1	-1	1 – 6	1 – 6	1 – 12	6 – 12	>12	-	-
Inyección a la troposfera	Mínima	Leve	Moderada	Sustancial	Grande	-	-	-	-
Inyección a la estrstosfera	Nula	Nula	Nula	Posible	Definida	Significativa	Grande	-	-

Categorías y nivel de peligro

Categoría	Criterios	Nivel de peligro
1	VEI igual o mayor a 3. Recurrencia de 500 años o menos.	Alto
2	VEI igual o mayor a 3. Recurrencia de 500-2000 años.	Medio
3	VEI igual o mayor a 3. Recurrencia de 2,000-10,000 años.	Moderado
4	VEI mayor a 4. Recurrencia mayor a 10,000 años.	Latente
5	VEI igual o mayor a 3. Recurrencia indeterminada (pocos datos o una sola erupción)	Indefinido
Sin Definir	Con información insuficiente	Sin definir (SD)

Categorización del peligro volcánico en Tolcayuca

Volcán	Categoría	Distancia	Volcán	Categoría	Distancia
Acoculco	5	69,788 m	La Malinche	1 a 3	116,499 m
Apan-Tezontepec	SD	38,826 m	Nevado de Toluca	1 a 3	123,198 m
Cerro Grande	5	102,007 m	Popocatépetl	1 a 3	100,104 m
Jocotitlán	1 a 3	82,646 m	Chichinahuatzin	SD	90,451 m

Zonificación del volcán Jocotitlán

El volcán Jocotitlán es un cono compuesto que se eleva a 3,900 metros sobre el nivel del mar. Su última actividad registrada ocurrió hace aproximadamente 680 años. Este volcán presenta un cráter en forma de herradura que abarca un área de 80 km², resultado del colapso provocado por la actividad volcánica (Capra et al., 2002). Los estudios realizados en la zona indican que la erupción de ceniza ha generado una caída de ceniza de color gris-blanco, con espesores que varían entre 10 cm y 400 cm.

Un colapso prehistórico en el flanco noreste del volcán originó una avalancha de escombros que cubrió 80 km², con un volumen de 2.8 km³. El depósito presenta montículos cónicos de hasta 165 m de altura, crestas transversales de hasta 205 m y un escarpe terminal de hasta 50 m de espesor. La avalancha se desplazó 12 km y fue parcialmente detenida por barreras topográficas, generando fallas y plegamientos. Se sugiere una relación entre la tectónica extensional y el colapso. Además, se encontraron depósitos de piroclásticos, lo que indica actividad magmática previa. La edad de depósitos recientes sugiere que el volcán no está extinto, lo que representa un riesgo para ciudades cercanas, principalmente dentro de 60 km de distancia (Siebe et al, 1992).

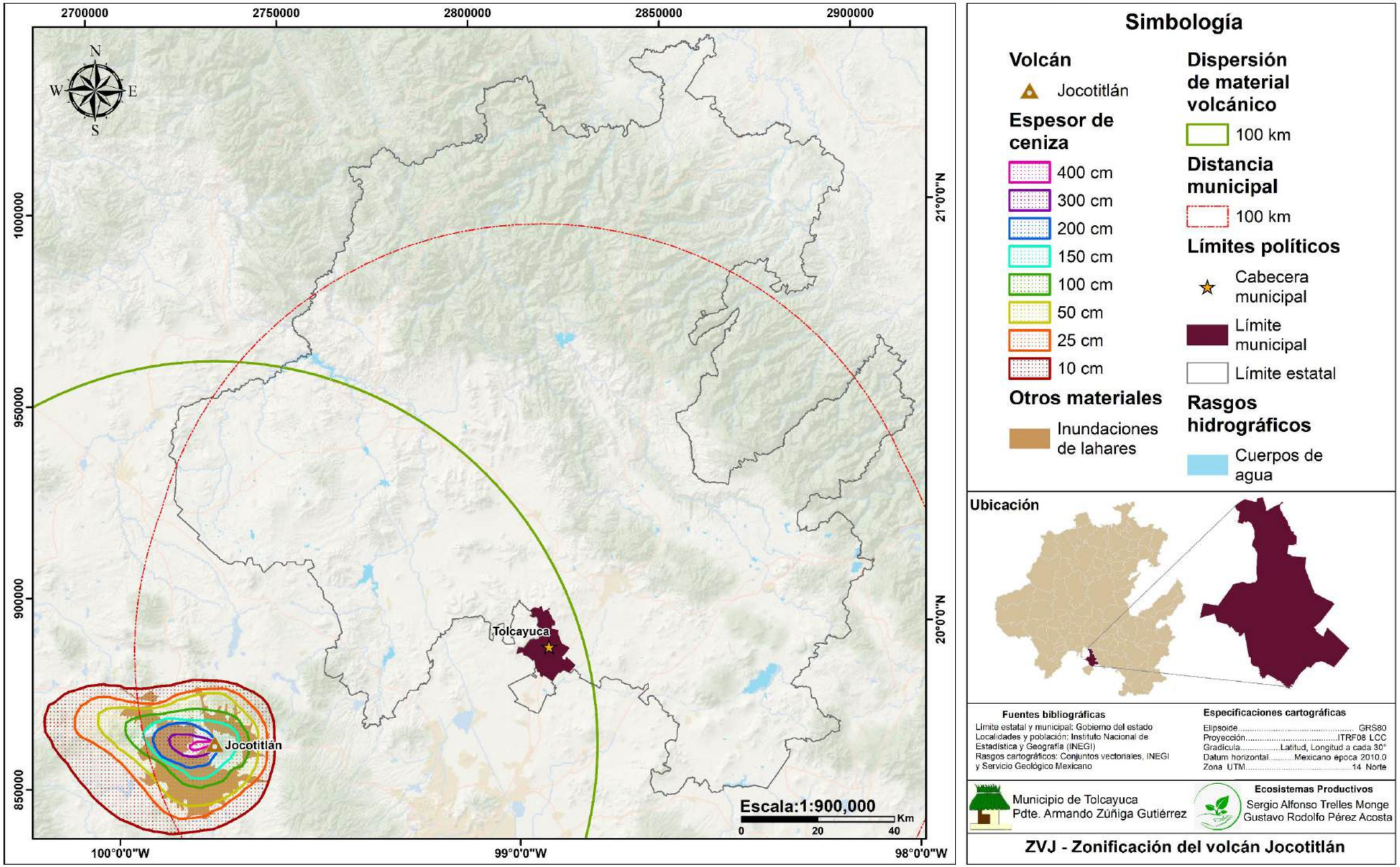
Metodología

La elaboración del Mapa de zonificación del volcán Jocotitlán, consta principalmente de datos abiertos de CENAPRED, los cuales han sido elaborados con estudios técnicos y científicos del volcán, obteniendo la delimitación aproximada del material volcánico. Para el caso del material por ceniza se aplicó una zonificación de 100 km desde la ubicación del volcán para observar el alcance del material volcánico.

Resultados

Como se puede observar en el mapa, sí se llegara a presentar un caso de erupción del volcán Jocotitlán, la emisión y dispersión de ceniza afectaría todo el territorio municipal, por lo que es importante considerar planes de emergencia, para el cuidado de cuerpos de agua principalmente, ya que las cenizas dispersas se presentarían en tipo traza, es decir, en cantidades muy pequeñas, cabe mencionar que hasta ahora el volcán no ha presentado actividad volcánica significativa y no se tienen antecedentes históricos de caída de ceniza en el municipio.

Mapa de zonificación del volcán Jocotitlán



Zonificación del volcán Popocatépetl

En México, el volcán Popocatépetl está activo y es monitoreado constantemente por CENAPRED, que emite reportes y alertas para mantener a la población informada, Se ha considerado evaluar el alcance del material volcánico, aunque no afecta en un radio de 100 km desde el límite municipal.

El volcán Popocatépetl se encuentra a una altitud de hasta 5,393 metros sobre el nivel del mar, a 60 km al sur de la Ciudad de México y a 40 km al oeste de Puebla. Su configuración actual se ha formado sobre antiguos cráteres, siendo resultado de los colapsos sucesivos que ha experimentado a lo largo de su actividad volcánica. Los estudios de este volcán han identificado al menos tres colapsos volcánicos, y ha mantenido una intensa actividad durante los últimos 23,000 años, con al menos ocho erupciones catastróficas, siendo las últimas cuatro de gran impacto en el desarrollo de las culturas prehispánicas.

En el último siglo, se han registrado dos episodios volcánicos importantes: uno entre 1919 y 1927, y otro iniciado en 1993, caracterizado por la emisión de fumarolas y cenizas. Durante este último, se formó un lago en el cráter con temperaturas de hasta 298°C, que se evaporó completamente en 1994 debido a la actividad volcánica (Armienta M A, et al., 2000).

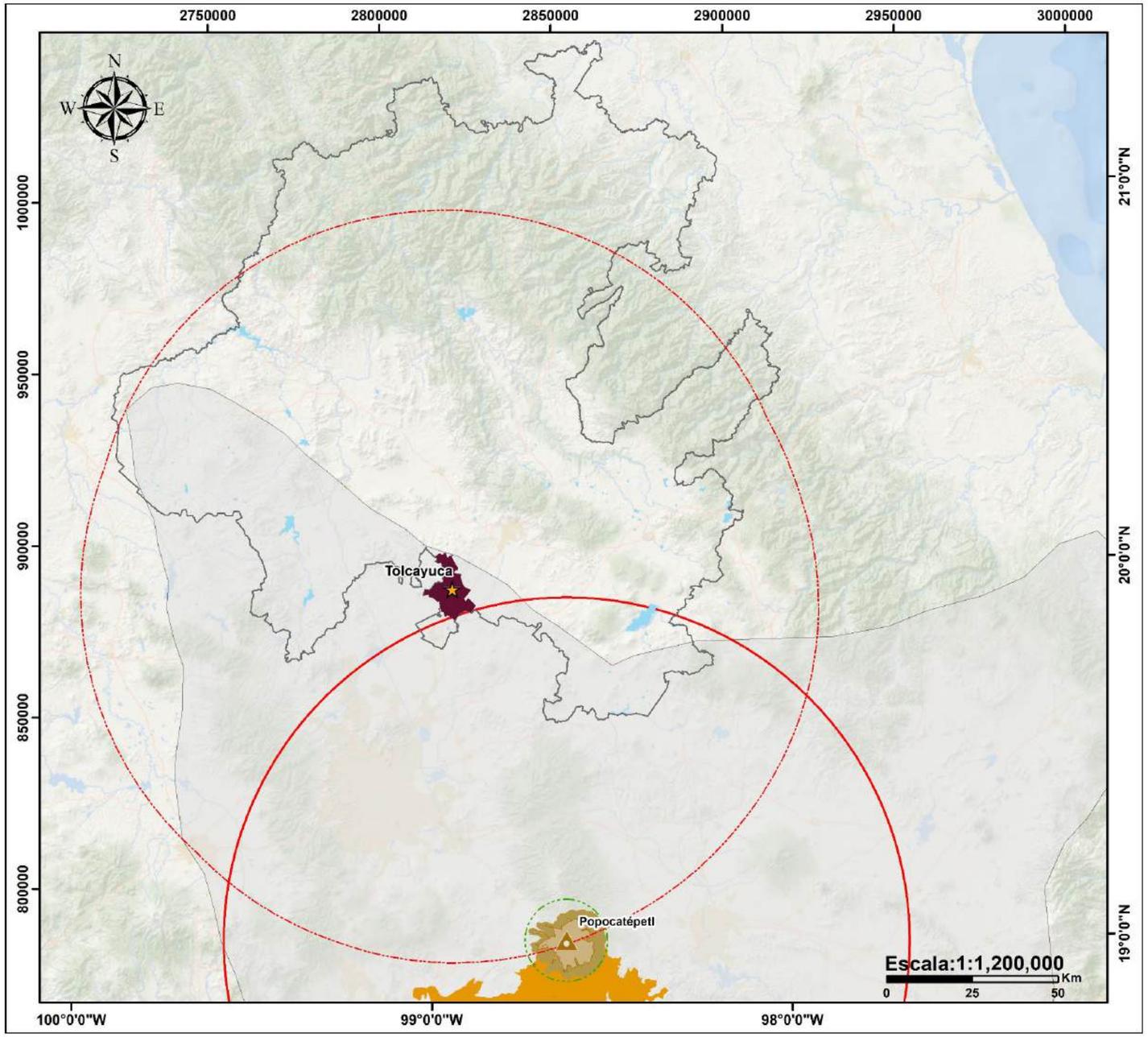
Metodología

Debido a la alta actividad volcánica del Popocatépetl, CENAPRED ha creado escenarios probabilísticos sobre el alcance del material emitido, los cuales fueron utilizados para elaborar el Mapa de Zonificación de Peligro y el Mapa de Escenario de Mayor Probabilidad de Peligro del volcán. A partir de esto, se delimitó una distancia de 100 km desde el volcán y el límite municipal para evaluar la dispersión del material.

Resultados

La mayoría de material volcánico no tiene alcance dentro del municipio, sin embargo, se puede observar la dispersión de trazas de ceniza en pequeñas cantidades en el sur y suroeste del estado de Hidalgo, los cuales podrían abarcar el municipio. En el escenario de mayor probabilidad de ocurrencia, la dispersión de ceniza podría afectar el territorio municipal. Este escenario está establecido para la emisión de columnas eruptivas de menores a 10 km de altura que son las más comunes. Es fundamental tomar precauciones, especialmente en los cuerpos de agua. Cabe destacar que no se han registrado incidentes históricos ni actuales por caída de ceniza en el municipio.

Mapa de zonificación de peligro del volcán Popocatépetl



Simbología

Volcán
- Popocatépetl
- Zona de exclusión

Distancia a 100 km
- Dispersión de material volcánico

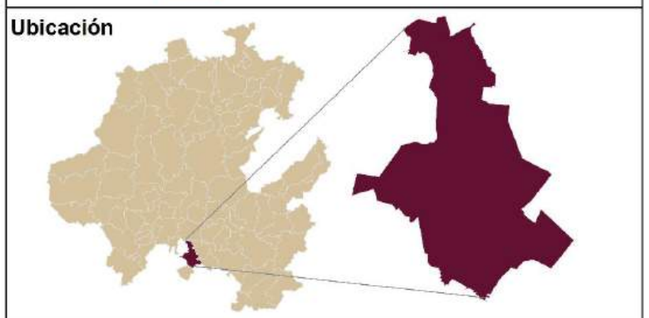
Material volcánico observado
- Flujos piroclásticos
- Oleadas piroclásticas
- Avalanchas
- Trazas observadas de ceniza

Límites políticos
- Cabecera municipal

Distancia municipal
- 100 km
- Límite municipal
- Límite estatal

Rasgos hidrográficos
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

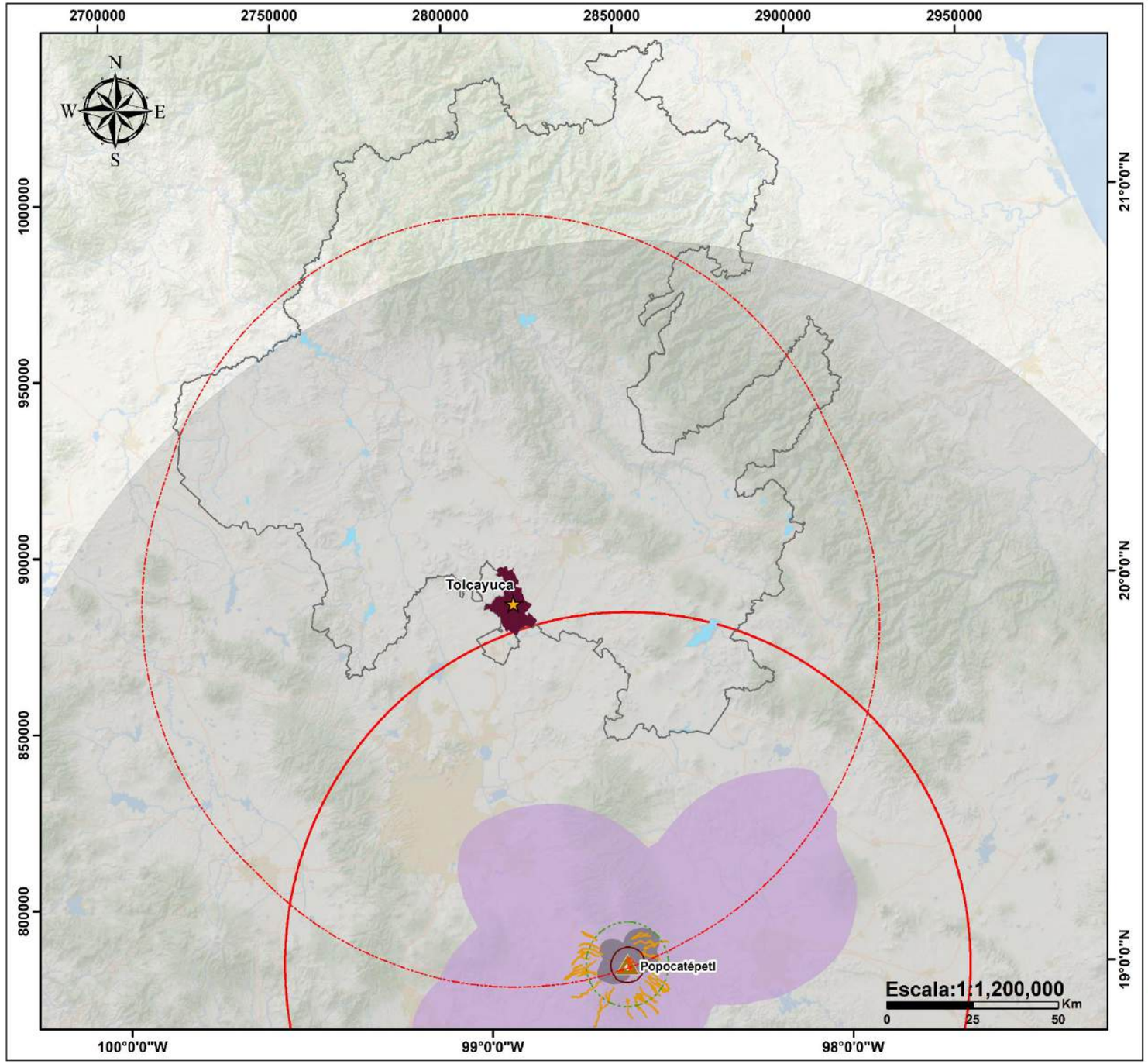
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ZP - Zonificación de peligro

Mapa de escenario de mayor probabilidad de peligro del volcán Popocatépetl



Simbología

Volcán
- Popocatépetl
- Zona de exclusión

Material volcánico
- Lahares
- Balísticos volcánicos
- Derrame de lavas
- Ceniza de 1 cm

Tamaño de ceniza dispersa
- Ceniza de 1 mm
- Traza de ceniza

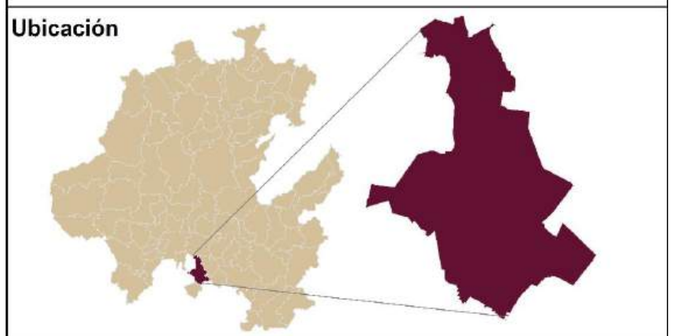
Distancia a 100 km
- Dispersión de material volcánico

Distancia municipal
- 100 km

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Rasgos hidrográficos
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

EMPP - Escenario de mayor probabilidad de peligro

Zonificación del volcán Nevado de Toluca

El volcán tiene una altura de 4680 m y se caracteriza por un cráter abierto de 1.5 a 2 km de diámetro, alargado en dirección E-O, que se desarrolló en respuesta a una intensa actividad tectónica. Los flancos occidentales, norte y este del volcán, en conjunción con el área del cráter, representan el segundo dominio morfológico y constituyen el actual cono activo del volcán. La disposición morfológica actual del volcán puede tener una gran influencia en la evaluación del peligro, porque la distribución y las distancias de salida de los flujos volcánicos dependerán principalmente de la dinámica del flujo y la topografía. La evaluación del peligro del Nevado de Toluca se mejora mediante análisis geológicos y computacionales. El excelente registro estratigráfico permite una mejor evaluación de los escenarios y parámetros para modelar procesos volcánicos peligrosos. Sin embargo, las simulaciones por computadora no siempre reflejan el comportamiento real del volcán. Para la zonificación de peligro, la combinación de datos geológicos y modelos computacionales asegura la validación y calibración de los modelos numéricos, lo que es fundamental para una evaluación de riesgo confiable.

En la actualidad, el volcán se encuentra en un estado de inactividad sin ninguna evidencia de actividad renovada; sin embargo, puede activarse en el futuro, con eventos sísmicos y volcánicos que pueden tener resultados catastróficos para las comunidades circundantes. Según el registro estratigráfico, el volcán permaneció inactivo durante períodos de hasta 8000 años, siendo ahora imposible predecir cuándo será la próxima erupción. La población ahora es completamente vulnerable a tales eventos, porque el volcán no está monitoreado y no se conocen planes específicos de protección civil que sean confiables y estén listos para su uso.

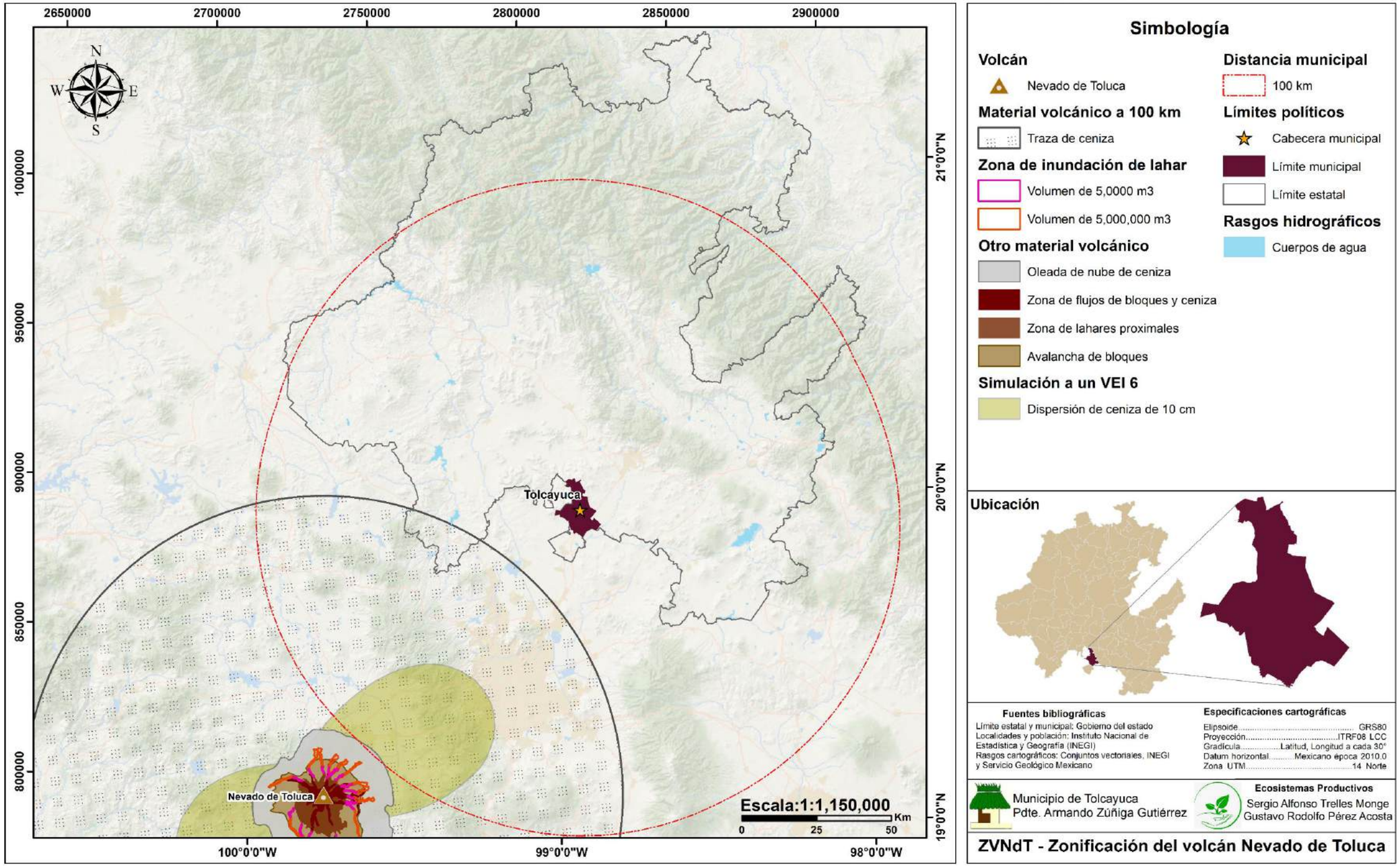
Metodología

La elaboración del Mapa de zonificación del volcán Nevado de Toluca, consta principalmente de datos abiertos de CENAPRED, obteniendo la delimitación aproximada del material volcánico. Para ello se aplicó una zonificación de 100 km desde el límite municipal con la finalidad de poder observar el posible alcance del material volcánico previamente delimitado.

Resultados

Como se muestra en el Mapa de Zonificación del Volcán Nevado de Toluca, en caso de una posible erupción, las cenizas podrían dispersarse dentro de un radio de 100 km en la parte suroeste del municipio de Tolcayuca. Sin embargo, estas no llegarían a afectar directamente el territorio municipal, lo que indica un riesgo volcánico muy bajo. Es importante destacar que el volcán se encuentra fuera del límite de 100 km de distancia del municipio, y no existen antecedentes de caída de ceniza en la zona.

Mapa de zonificación del volcán Nevado de Toluca



Zonificación del volcán La Malinche

EL volcán La Malinche ha sido generalmente considerada como un volcán extinto, principalmente debido a la ausencia de erupciones y actividad fumarólica en tiempos históricos. La falta de un cráter central también ha contribuido sin duda a esta percepción errónea. Sin embargo, estudios han revelado morfologías jóvenes del Holoceno, lo que indica que es potencialmente activo y peligroso. A pesar de su gran tamaño y de que más de dos millones de personas viven en las laderas bajas alrededor de La Malinche, este volcán nunca había sido estudiado antes desde una perspectiva vulcanológica. Actualmente se encuentra en estado de latencia, La Malinche debe considerarse como potencialmente activa. En este contexto, el monitoreo geofísico de referencia, la preparación de un mapa de peligros volcánicos y la reevaluación de los esquemas actuales de uso de la tierra parecen obligatorios para ayudar a reducir futuras calamidades (Castro y Siebe, 2007).

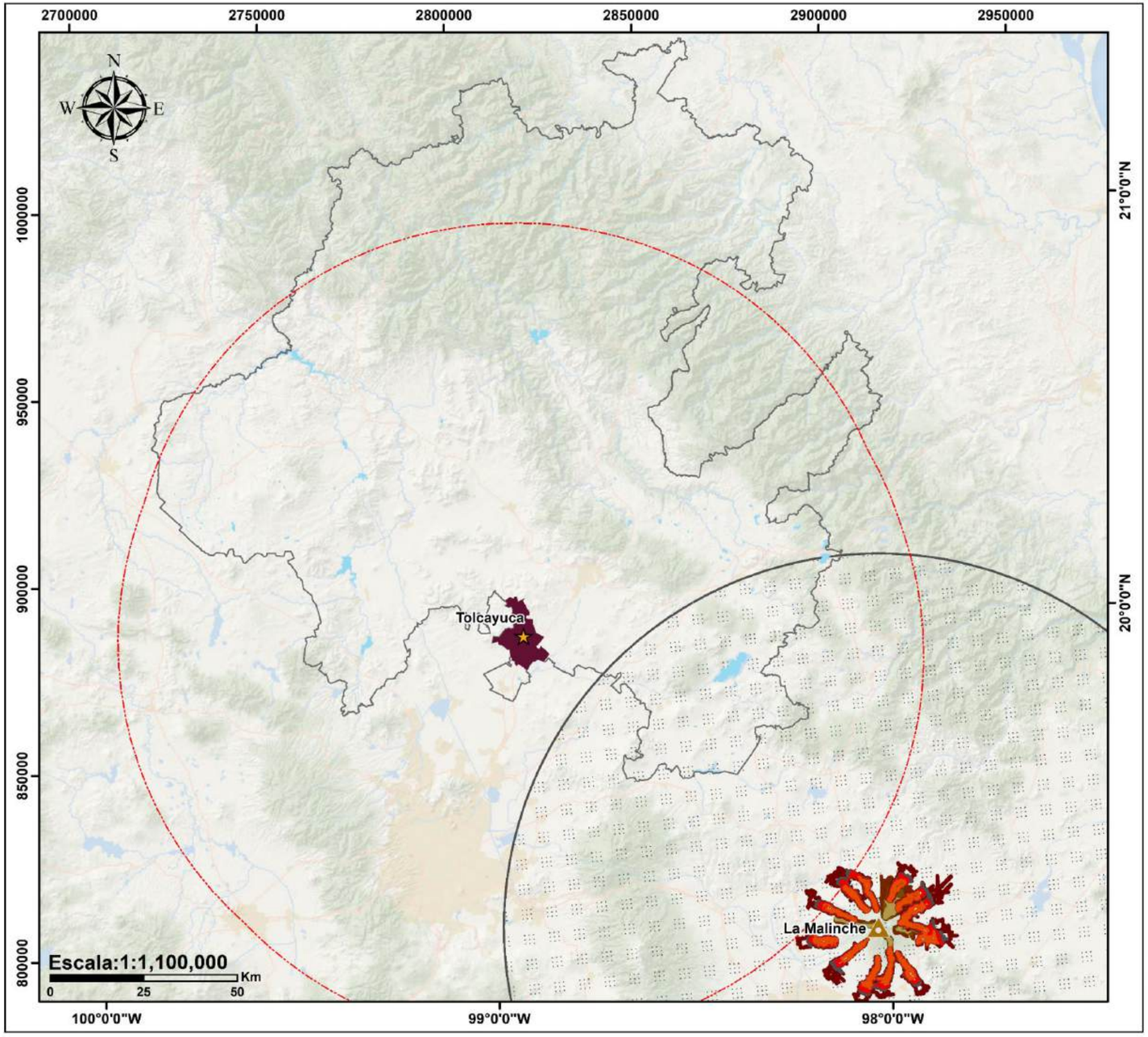
Metodología

La elaboración del Mapa de zonificación del volcán La Malinche, consta principalmente de datos abiertos de CENAPRED, los cuales han sido elaborados con estudios técnicos y científicos del volcán, obteniendo la delimitación aproximada del material volcánico. Para ello se aplicó una zonificación de 100 km desde el límite municipal con la finalidad de poder observar el posible alcance del material volcánico previamente delimitado.

Resultados

Como se muestra en el Mapa de Zonificación del Volcán La Malinche, en caso de una posible erupción, las cenizas podrían dispersarse dentro de un radio de 100 km en la parte sureste del municipio de Tolcayuca. Sin embargo, estas no llegarían a afectar directamente el territorio municipal, lo que indica un riesgo volcánico muy bajo. Es importante destacar que el volcán no se encuentra dentro de los 100 km de distancia del municipio, y no existen antecedentes de caída de ceniza en la zona.

Mapa de zonificación del volcán La Malinche



Simbología

Volcán
- La Malinche

Material volcánico a 100 km
- Traza de ceniza

Volumen de lahares
- 5 millones de m3
- 10 millones de m3
- 14 millones de m3
- 40 millones dem3

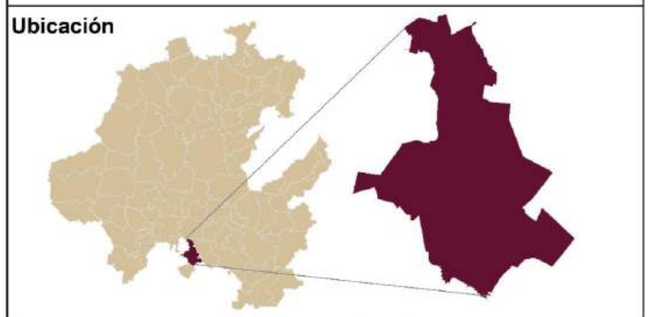
Volumen de flujos piroclásticos
- 50 millones km3
- 2 millones de m3
- 10 millones de m3

Distancia municipal
- 100 km

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Rasgos hidrográficos
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ZVLM - Zonificación del volcán La Malinche

Zonificación del volcán Iztaccíhuatl

El volcán se ubica en la Sierra Nevada de México, es un estratovolcán que ha jugado un papel fundamental en la formación geológica de la región. Su actividad eruptiva ha sido registrada a lo largo del Pleistoceno y el Holoceno, y su historia volcánica está intrínsecamente ligada a la evolución de la Faja Volcánica Transmexicana.

Desde un punto de vista geológico, el Iztaccíhuatl es un complejo volcánico compuesto por múltiples capas de lava, ceniza y tefra. Su actividad se ha concentrado principalmente en la fase cuaternaria, con eventos eruptivos registrados en los últimos 100,000 años. Estos eventos son parte de un patrón más amplio de migración volcánica en la región, donde el volcanismo se desplaza hacia el este a lo largo de la FVTM, lo que se ha observado en áreas vecinas de la Sierra Nevada (Cadoux et al., 2011).

El volcán se caracteriza por una serie de flujos de lava que han dado forma a su morfología actual. Los estudios realizados por Nixon (1989) y otros geólogos han permitido identificar las principales zonas de actividad volcánica en las cercanías del Iztaccíhuatl, con una particular concentración en el área noroeste. Además, los análisis geológicos y geofísicos de la región revelan que las erupciones más recientes no han sido de gran magnitud, aunque la actividad sísmica asociada al volcán sigue siendo un indicador de su potencial eruptivo.

Metodología

La elaboración del Mapa de zonificación del volcán Iztaccíhuatl consta de la zonificación a 1, 5, 25, 50 y 100 km de distancia desde la ubicación de este, tomando como referencia la distancia establecida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres, con la finalidad de poder observar el posible alcance del material volcánico

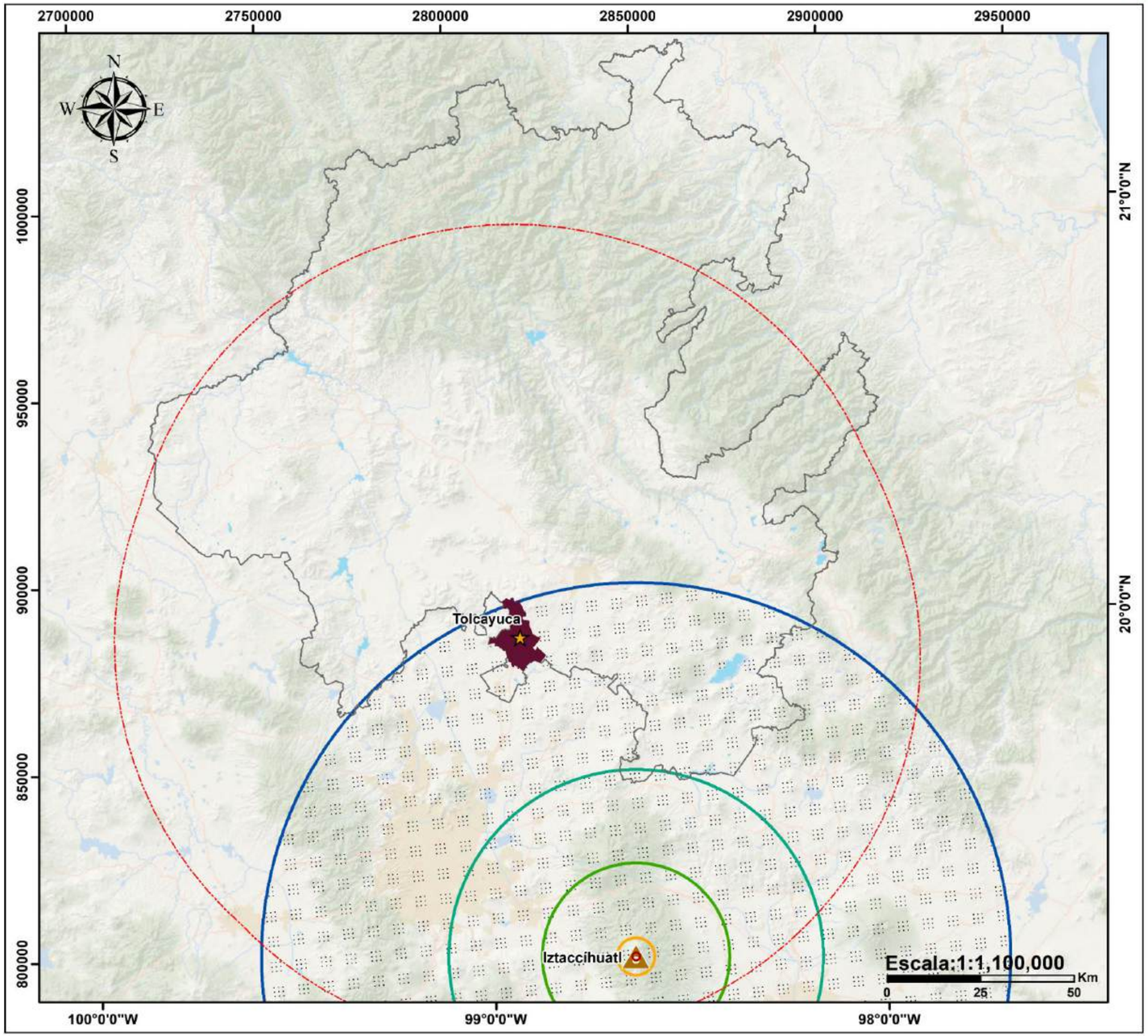
Resultados

Como se muestra en el Mapa de zonificación del volcán Iztaccíhuatl, en caso de una posible erupción, podrían presentarse trazas de ceniza, es decir, en cantidades muy pequeñas, las cuales podrían dispersarse dentro de un radio de 100 km del municipio de Tolcayuca, las cuales afectarían directamente el territorio, por lo que es importante considerar planes de emergencia, para el cuidado de cuerpos de agua principalmente.

Debido a que la cantidad seria mínima, se puede asignar un peligro bajo.

Es importante destacar que no existen antecedentes de caída de ceniza en la zona.

Mapa de zonificación del volcán Iztaccíhuatl



Simbología

Volcán

- Iztaccíhuatl

Dispersión de material volcánico

- 1 km
- 5 km
- 25 km
- 50 km

Traza de ceniza

- 100 km

Distancia municipal

- 100 km

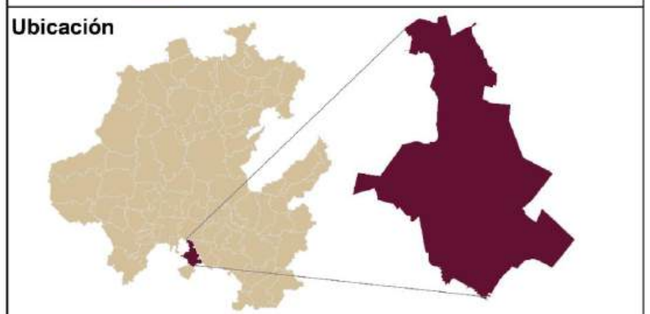
Límites políticos

- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Rasgos hidrográficos

- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ZVI - Zonificación del volcán Iztaccíhuatl

Amenaza por tsunamis

Los tsunamis son eventos naturales generados principalmente por terremotos submarinos que desplazan grandes volúmenes de agua. Estos fenómenos también pueden ser ocasionados por deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas o, en casos raros, impactos de meteoritos. En el contexto de México, el Océano Pacífico es la región con mayor riesgo de generación de tsunamis debido a la actividad sísmica de la Placa de Cocos, que interactúa con la Placa de Norteamérica en una zona de subducción altamente activa (National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA], 2023).

Por otro lado, en el Golfo de México, aunque los tsunamis son menos frecuentes, pueden generarse por deslizamientos submarinos o terremotos locales, como se evidenció en eventos históricos menores (Ten Brink et al., 2006).

Hidalgo, ubicado lejos de las costas mexicanas, no está directamente expuesto al impacto de tsunamis. Sin embargo, su vulnerabilidad podría incrementarse por efectos indirectos, como alteraciones en el suministro de agua potable, interrupciones en las cadenas de suministro de alimentos y combustibles, y afectaciones en infraestructura crítica que dependa de regiones costeras. Además, un tsunami severo podría ocasionar desplazamientos de población costera hacia el interior del país, incluyendo Hidalgo, lo que generaría presión sobre los recursos locales y servicios básicos.

Metodología

Se consultaron las zonas relacionadas con la recepción de tsunamis tanto locales como lejanos, provenientes del océano pacífico y del golfo de México. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica, se exponen las áreas de interés a escala nacional.

Para la elaboración del mapa se dibujaron líneas para denotar las distancias a partir del municipio hacia las zonas de recepción de tsunamis.

El peligro asociado a los tsunamis en Hidalgo se define en un nivel muy bajo debido a la lejanía que aguarda con las líneas de costa, también podría incrementarse bajo ciertas condiciones, como la falta de preparación en la gestión de desastres y la dependencia de infraestructura vulnerable en regiones costeras. Por ejemplo, un tsunami que afecte puertos en el Pacífico podría interrumpir el comercio y el transporte de bienes esenciales hacia el estado. También, el colapso de sistemas de comunicación y energía podría tener repercusiones a nivel nacional, impactando indirectamente a Hidalgo.

Resultados

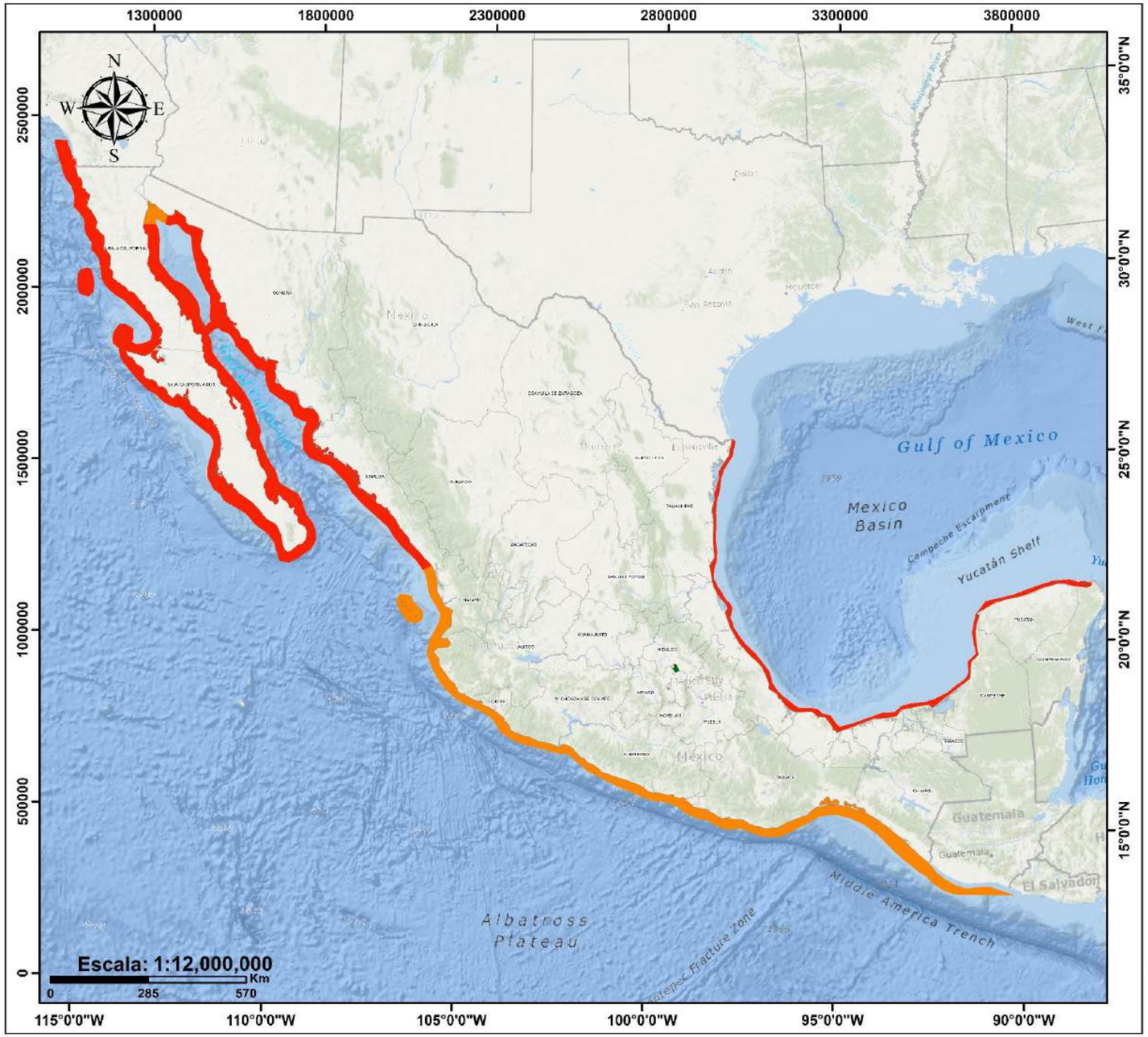
Para que un tsunami afecte directamente a Hidalgo, sería necesario un evento de proporciones catastróficas que provoque desbordamientos masivos hacia el interior del territorio, lo cual es altamente improbable debido a la distancia geográfica. Sin embargo, la prevención y la planificación adecuada son fundamentales para mitigar riesgos indirectos.

Esto incluye el fortalecimiento de las cadenas de suministro, la coordinación interinstitucional para la gestión de emergencias y la sensibilización de la población sobre los efectos colaterales de desastres costeros.

En conclusión, aunque el municipio y el estado en general no enfrenta un riesgo directo de tsunamis, la influencia indirecta de estos eventos puede ser significativa, especialmente en escenarios de alta dependencia de recursos costeros.

Las zonas de peligro por tsunamis y la distancia que aguardan hacia el municipio se puede observar en el mapa con clave **TSU – Tsunamis**.

Mapa de amenaza por tsunamis



Simbología

Peligro por tsunamis

Muy bajo

Tsunamis

Área de recepción de tsunamis

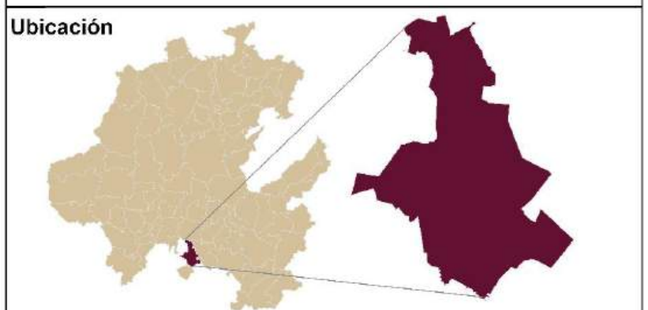
Lejanos

Locales

División política

Estados

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 05°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

TSU - Tsunamis

Amenaza por licuefacción de suelos

La licuefacción de suelos es un fenómeno geotécnico crítico que ocurre cuando un material granular, generalmente arena o limo, saturado de agua, pierde temporalmente su resistencia estructural debido a la acción de vibraciones o a la influencia de ondas sísmicas. Durante este fenómeno, el suelo pasa de un estado sólido a un comportamiento similar al de un fluido, lo que puede resultar en serios daños a la infraestructura y poner en riesgo la seguridad de la población. En el contexto de Tolcayuca, Hidalgo, la licuefacción representa un riesgo significativo dado su contexto geológico, la proximidad a zonas sísmicas y las características del suelo en algunas de sus áreas.

Tolcayuca se encuentra en el Valle de Tizayuca, una región de la cuenca de la cuenca hidrológica de la cuenca del Río de las Aguas, donde los suelos predominantes son principalmente aluviales. Este tipo de suelos, compuestos en su mayoría por arenas y limos, son muy susceptibles al fenómeno de licuefacción en presencia de saturación de agua y durante la vibración provocada por sismos. Los depósitos aluviales en Tolcayuca tienen una alta probabilidad de experimentar licuefacción cuando los suelos presentan baja cohesión y alta saturación de agua. La combinación de estos factores geológicos y la cercanía a cuerpos de agua, como el río Tizayuca, agravan el riesgo de este fenómeno.

Tolcayuca también se encuentra en una región sísmicamente activa, lo que incrementa la probabilidad de que eventos sísmicos generen las condiciones necesarias para la licuefacción. Este tipo de eventos sísmicos podrían provocar un aumento temporal de la presión intersticial en los suelos saturados de agua, resultando en la pérdida de resistencia de los mismos y en el fenómeno de licuefacción.

La evaluación del riesgo de licuefacción en Tolcayuca requiere de un análisis geotécnico detallado de las características del suelo, el nivel freático y las condiciones sísmicas. Las técnicas más comunes para determinar la susceptibilidad a la licuefacción incluyen la perforación de pozos de investigación geotécnica y la realización de pruebas como el ensayo de penetración estándar (SPT) para medir la densidad y la capacidad de los suelos para resistir la vibración. Además, el análisis de la velocidad de las ondas sísmicas en el terreno, a través de métodos como el ensayo de velocidad de onda sísmica (VSP), permite conocer la respuesta del suelo durante un evento sísmico.

La profundidad del nivel freático es un factor crucial, ya que los suelos que se encuentran por encima de este nivel son más propensos a licuefacción debido a la presencia de agua en los vacíos del suelo. Las áreas cercanas a cuerpos de agua, como el río Tizayuca, tienen una mayor susceptibilidad a licuefacción, ya que el agua subterránea tiende a estar más cerca de la superficie. Además, los estudios sísmicos deben considerar los escenarios de eventos sísmicos de diferentes magnitudes y su impacto potencial en el terreno, para poder

anticipar el comportamiento de los suelos ante un terremoto.

Para la evaluación de licuefacción de suelos analizan los principales factores que condicionan la ocurrencia del fenómeno. Como factor principal que detona el fenómeno es el sismo, por medio de los epicentros registrados en el municipio, definiendo la magnitud o intensidad con la que se presentará la licuefacción. Además, se considera la litología presente y el registro de pozos de agua en el municipio. Estos factores se reflejan en los mapas de licuefacción y zonificación, los cuales muestran áreas con diferentes niveles de susceptibilidad de licuefacción de suelos (muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo) en función de la combinación de condiciones sísmicas, litológicas e hidrológicas.

Factores de susceptibilidad

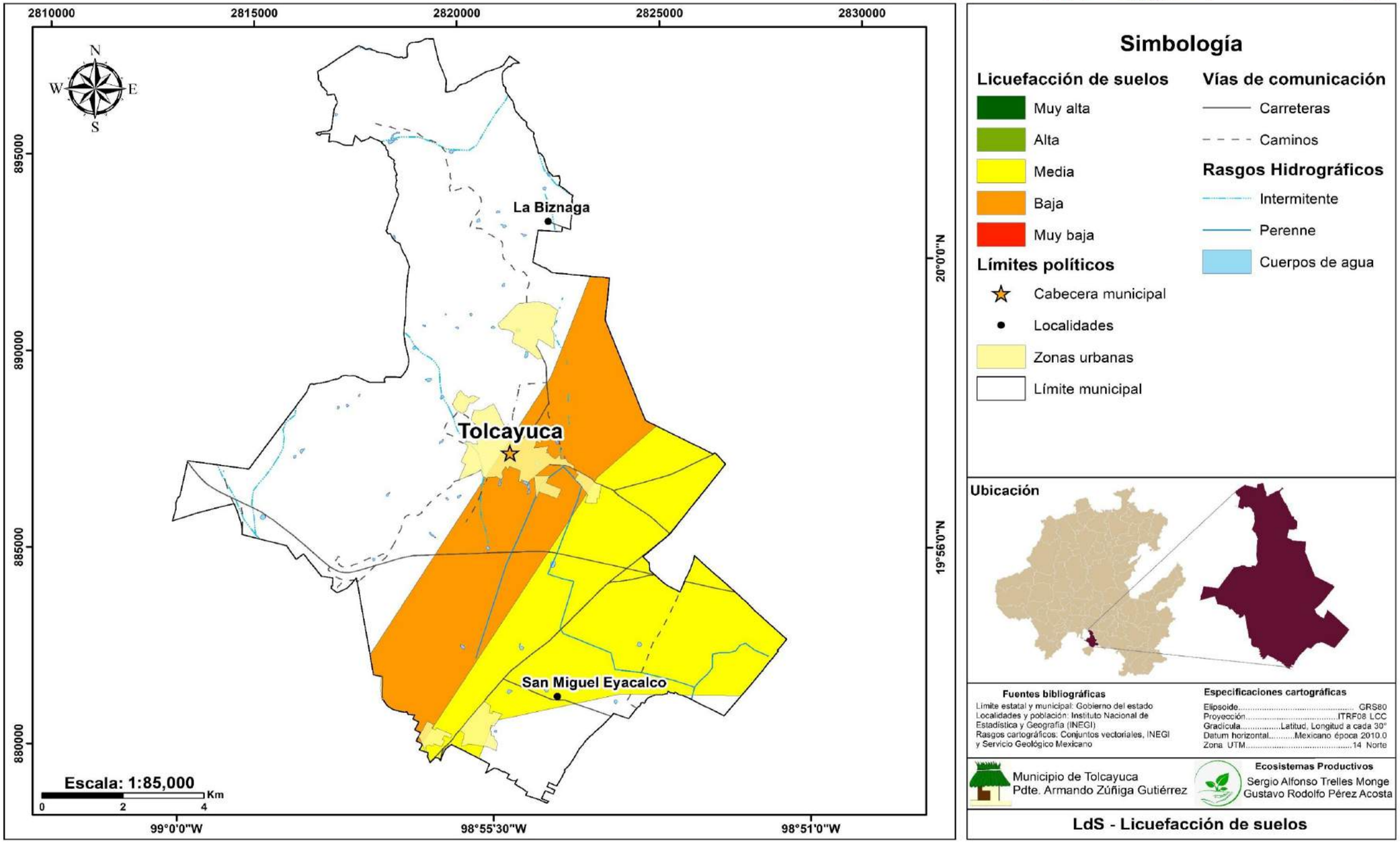
Factores de susceptibilidad		
Susceptibilidad	Factores	No. Factores
Muy baja	Litología	1
Baja	Litología, pozo/epicentro	2
Media	Litología, epicentros, pozo (dispersos)	3
Alta	Litología, epicentro, pozo	3
Muy alta	Litología, epicentro, pozo, antecedentes	>3

La susceptibilidad a licuefacción de suelos en Tolcayuca es de un grado medio a bajo, esto es debido a que en el municipio se tienen solo dos registros de epicentros sísmicos, así como solo cuatro pozos de agua registrados en CONAGUA, sin embargo, el grado bajo solo considera el tipo de litología, donde se presentan rocas del tipo aluvial.

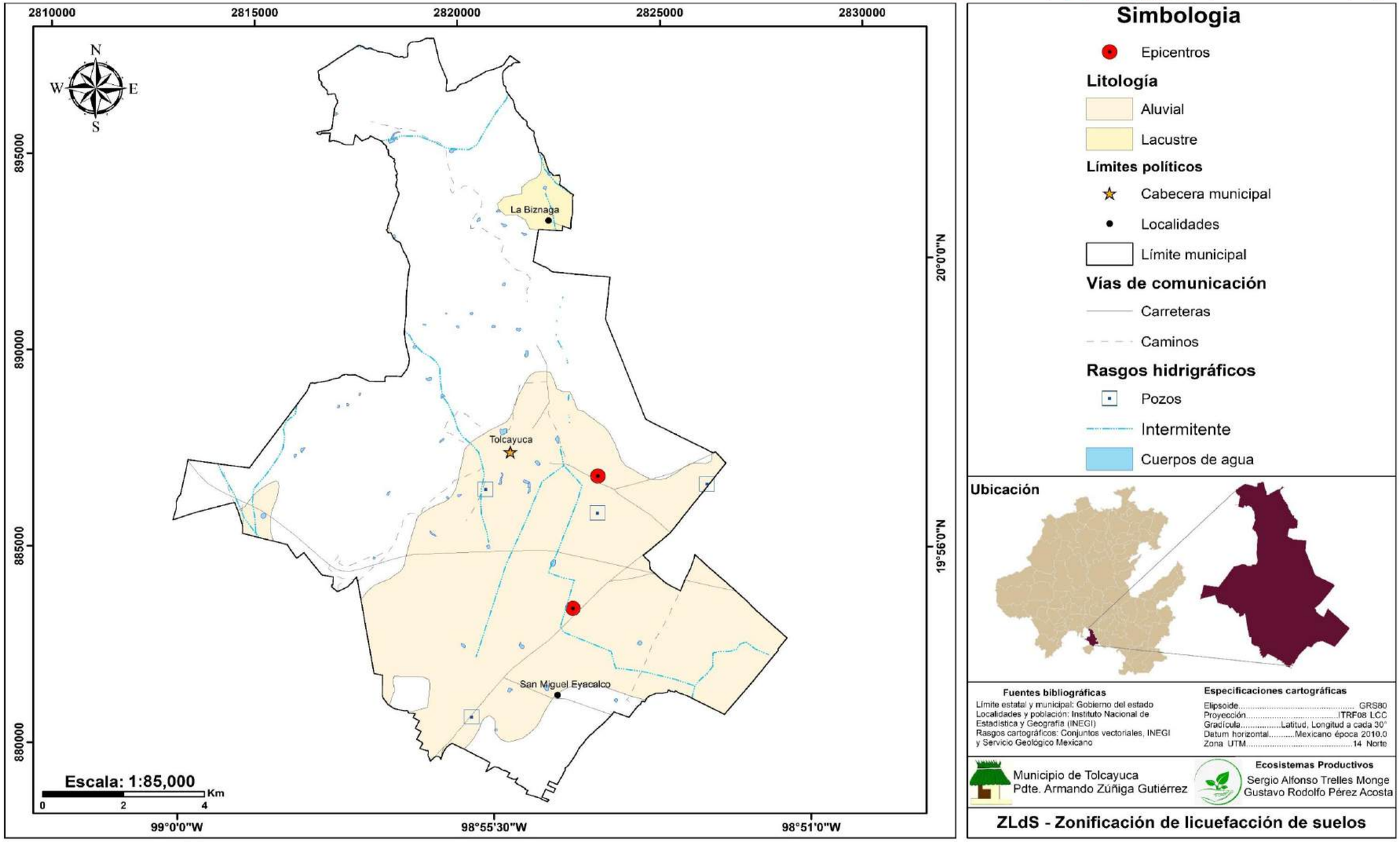
Registro de pozos de agua en el estado de Hidalgo.

Acuífero: Cuautitlán/Pachuca		
Datos del pozo		
ID	No. Pozo	Nombre del pozo
1	7399	9170
2	7400	RTIZ 14
3	7403	4520
4	7458	RITZ 22

Mapa de licuefacción de suelos



Mapa de zonificación de licuefacción de suelos



Zonificación kárstica

La karstificación es un proceso geológico en el que las rocas solubles, como la caliza, se disuelven por la acción del agua, formando grutas, cavernas, sumideros y cañones (Espinasa Pereña, 2007). Aunque es un fenómeno natural, puede generar riesgos, como la creación de cavidades en el subsuelo que amenazan la seguridad de las personas e infraestructura.

El proceso de karstificación combina diferentes mecanismos y factores entre los cuales está el factor litológico, el factor estructural y el factor climático (Madrigal, Botero, Ovando, Ossa, & Osorio, 2024). En este tipo de superficies el relieve se caracteriza por la diversidad de formas negativas, como las dolinas, también de formas positivas, como las lomas y montañas kársticas con tamaños que van desde formas milimétricas, hasta los poljes de grandes extensiones (Kueny & Day, 2002).

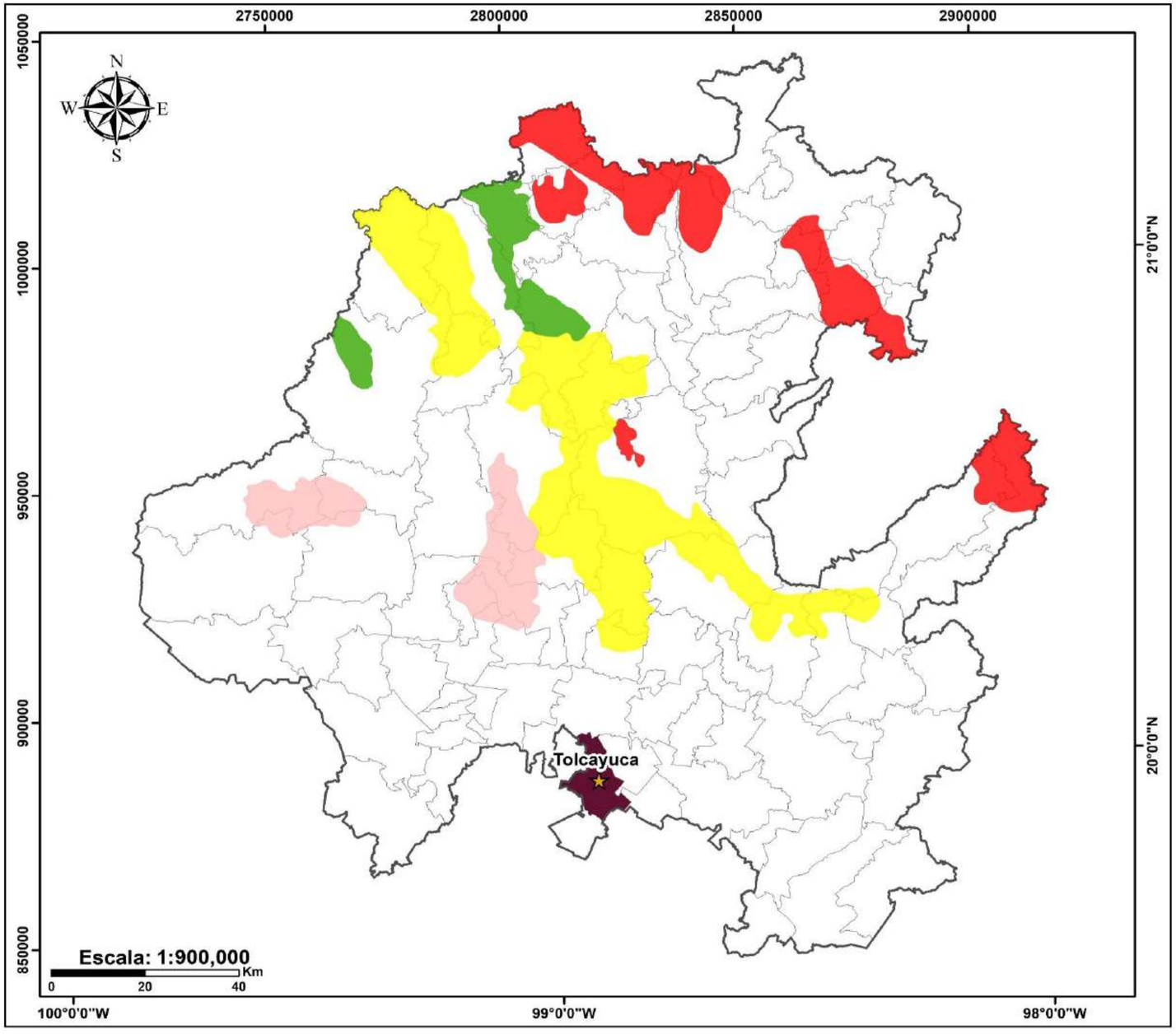
Una de las principales características del paisaje kárstico es que, el drenaje superficial es escaso, dado a la alta permeabilidad y porosidad de las rocas encajonantes, además de la rápida infiltración del agua y materia orgánica a las cavidades subterráneas (Fragoso-Servón, Bautista, Frausto, & Pereira, 2014).

Existen dos tipos de relieve kárstico, pues puede darse en nivel subterráneo o en exterior. El karst subterráneo da lugar a cuevas y grutas, las primeras con las formas más comunes de encontrarlo y se forman por la filtración de agua por las rocas con fisuras, las formas kársticas típicas son las estalactitas o estalagmitas. Las simas también se manifiestan, y estas son aberturas en la roca que se comunica directamente desde las galerías subterráneas a la superficie.

En caso del relieve kárstico externo se caracterizan por terrenos y formas irregulares, la forma típica de ver este tipo de formas es lápiz, y son grietas superficiales que pueden llegar a medir algunos metros y se suelen encontrar en zonas con grietas y fisuras por donde escurre el agua y al paso del tiempo se terminan convirtiendo en cañones. Las dolinas, son depresiones circulares y cerradas que pueden alcanzar grandes dimensiones, si varías depresiones se juntan se denomina uvala, deja de ser circular y tiene forma alveolar (IngeOexpert, 2019).

Para el municipio de Tolcayuca, de acuerdo con las regiones kársticas del Atlas Nacional de Riesgos ((CENAPRED, s.f.), que como se puede observar en el mapa de zonificación kárstica, ninguna de estas regiones kársticas ocupa un porcentaje del municipio.

Mapa de zonificación kárstica



Simbología

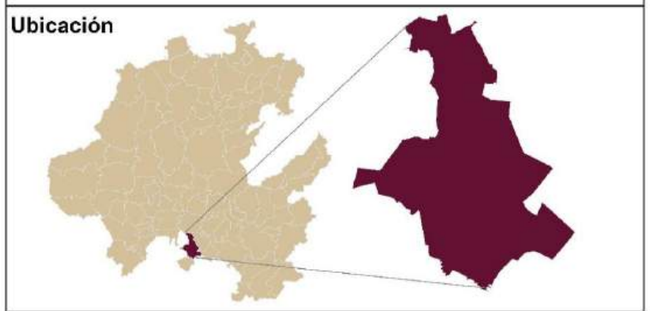
Zonas de karstificación (Sierra Madre Oriental)

- Calizas no karstificadas
- Karst bosque lluvioso
- Karst cálido-subhúmedo
- Karst tropical

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Límite municipal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ZK-Zonificación kárstica

Fenómenos astronómicos

Los fenómenos astronómicos comprenden una amplia gama de eventos originados fuera de la atmósfera terrestre, cuyas manifestaciones pueden tener repercusiones significativas sobre la superficie del planeta.

Principales fenómenos astronómicos:

Impactos de meteoritos y asteroides

Los impactos de cuerpos celestes, como meteoritos y asteroides, representan uno de los riesgos astronómicos de mayor preocupación. Aunque eventos catastróficos son extremadamente raros, su potencial destructivo es considerable. Ejemplos históricos incluyen el evento de Tunguska (Rusia, 1908) y el cráter de Chicxulub (México), asociado con la extinción masiva del Cretácico-Paleógeno (Alvarez et al., 1980).

En el contexto nacional, se han registrado caídas de meteoritos como el de Toluca y el de Pacula (Hidalgo, 1881). Estos eventos, aunque menos destructivos, destacan la necesidad de monitoreo y análisis para prever posibles impactos futuros.

Tormentas solares

Las tormentas solares, causadas por la emisión de masa coronal (CME, por sus siglas en inglés) desde el Sol, pueden inducir perturbaciones geomagnéticas en la Tierra. Estas afectan las redes eléctricas, las comunicaciones por satélite y los sistemas de navegación GPS. Eventos como el evento Carrington de 1859 (Cliver & Dietrich, 2013) demuestran la vulnerabilidad de la tecnología moderna ante este tipo de fenómenos.

Radiación ultravioleta e índice UV

La radiación ultravioleta (UV) es un tipo de radiación electromagnética emitida por el Sol y otras fuentes artificiales. En niveles altos, daña organismos fotosintéticos como el fitoplancton, afectando las cadenas tróficas. Exposición excesiva provoca quemaduras solares, envejecimiento prematuro, daño ocular (cataratas) y cáncer de piel.

El Índice UV (Índice Ultravioleta) es una medida estándar de la intensidad de la radiación ultravioleta (UV) proveniente del Sol que llega a la superficie de la Tierra. Este índice es un indicador clave del riesgo potencial de exposición a los rayos UV para la salud humana y el medio ambiente.

Metodología

A) Clima espacial: Radiación UV

Los resultados obtenidos sobrelos índices UV se fueron consultados a nivel estado, en el mapa interactivo de (FORECA, 2025). La información obtenida expone una estimación precisa y actualizada del índice UV en la ubicación de interés. Los valores expuestos fueron contrastados con los valores de referencia para los índices UV, propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Estos valores se utilizan para categorizar el riesgo asociado a la exposición a la radiación ultravioleta solar.

Valores de referencia para la identificación del riesgo asociado a la exposición de radiación UV. Fuente: OMS - Índice UV global.

Índice UV	Nivel de riesgo	Recomendaciones
0-2	Bajo	No se requiere protección.
3-5	Moderado	Usar gafas de sol, protector solar y sombra
6-7	Alto	Protección adicional: ropa y sombrero.
8-10	Muy alto	Evitar exposición directa al sol
11+	Extremo	Permanecer en interiores, protección total.

B) Impactos

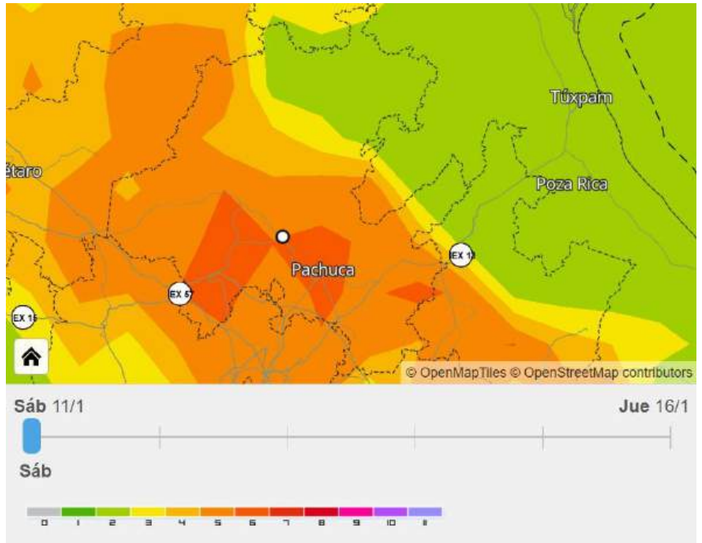
Para el apartado referente a impactos, se realizó una consulta de antecedentes históricos de caída de meteoritos en el territorio nacional. Los datos fueron obtenidos de (Meteoritical Bulletin Database, 2025) en donde se accede a una base de datos actualizada con la información detallada de todos los meteoritos registrados. Los registros fueron obtenidos en formato .csv, para posteriormente ser importados y proyectados geoespacialmente en ArcGis, permitiendo así la elaboración de un mapa que permita la visualización a nivel nacional de todos los puntos.

De igual manera, se consultó la base de datos perteneciente al programa **Near-Earth Object (NEO)** de la Agencia Espacial Europea (ESA) y de otras organizaciones internacionales, como la NASA. Dicha lista identifica y monitorea asteroides y cometas cercanos a la Tierra que tienen una probabilidad no nula de impactar nuestro planeta en el futuro. Se filtraron los resultados para únicamente denotar aquellos objetos con probabilidad de impacto considerados en un rango temporal de la actualidad hasta el año 2050.

Resultados

A) Índice UV

De forma generalizada, el estado de Hidalgo, a fecha de enero de 2024 expone índices que oscilan entre los valores 2 y 6. La capital del estado (Pachuca de Soto) mantiene el valor más alto constantemente, de igual manera aquellos municipios colindantes con el Estado de México, debido a toda la actividad industrial que se lleva cabo en la región.



Índice UV para el estado de Hidalgo en enero del 2025. La capital y zonas colindantes con el estado de México exponen los valores más altos. Fuente: FORECA, 2025.

Cabe mencionar que estos valores se encuentran en constante cambio y dependen de factores tales como la hora del día, la temporada del año, cobertura de nubes, altitud y grosor de la capa de Ozono.

Se concluye que los índices UV fungen como medida preventiva ante la influencia de la radiación UV sobre los ecosistemas, la salud, infraestructura y actividades económicas.

B) **Impactos**

En el tema referente a impactos, se obtuvo un total de 44 objetos con probabilidad de impacto en un rango de 25 años (2025-2050). La información recopilada y procesada se expone en forma de listado en donde se incluyen datos referentes al nombre o clave del objeto designado, diámetro, fecha de impacto, años y velocidad del mismo. Los datos aluden a meras aproximaciones del fenómeno.

De igual manera, se obtuvo el mapa **IMH – Impactos históricos,** que despliega un total de 144 antecedentes de impactos repartidos a lo largo y ancho de la república mexicana.

De los 114 eventos registrados, solo uno ha sido reconocido en el estado de Hidalgo, específicamente en el municipio de Pacula, con fecha de 1881, con un peso de 3.4 kg. Este meteorito fue del tipo *Condrita*, el cual que contiene pequeñas partículas redondas llamadas cóndrulos. Este tipo de meteoritos son los más comunes.

Lista de riesgo de objetos cercanos a la tierra con probabilidades de impacto. Se exponen en 44 registros en un lapso temporal de 25 años (2025-2050). Fuente: CNEOS, NASA, 2025.

Número	Objeto designac	Diámetro (m	Fecha de Impacto/Tiempo en UT	Años	Velocidad en km
1	2024YR4	50 - 100*	2032-12-22 14:51	2032	17.35
8	2021GX9	23 - 50*	2032-04-16 21:51	2032	20.17
19	2022UY14	26 - 60*	2043-04-28 22:24	2043	23.23
35	2021GE2	4 - 9*	2030-04-03 11:57	2030	18.99
36	2013TP4	9 - 21*	2026-10-01 07:48	2026	27.66
38	2024TK5	8 - 18*	2028-10-08 18:02	2028	14.31
40	2018TY4	6 - 15*	2033-10-05 16:21	2033	15.45
52	2024FS5	30 - 70*	2026-08-25 04:46	2026	26.73
57	2014ML67	40 - 90*	2027-07-03 19:46	2027	24.13
62	2017SF20	5 - 12*	2034-09-26 12:41	2034	15.3
66	2021TT1	15 - 30*	2048-10-09 17:15	2048	20.45
137	2020VB5	8 - 18*	2037-11-17 16:25	2037	20.28
250	2017UL7	40 - 80*	2041-03-19 22:49	2041	19.68
367	2023FZ3	30 - 80*	2034-04-02 22:33	2034	22.8
409	2022PX1	100 - 210*	2040-08-11 15:55	2040	36.85
462	2008VM	2.4 - 5*	2031-11-04 17:35	2031	15.17
523	2020AO1	50 - 110*	2049-01-13 17:16	2049	20.36
554	2012KP24	14 - 30*	2032-05-28 14:05	2032	16.95
685	2021UA7	5 - 11*	2046-10-26 13:37	2046	29.5
694	2014WA	6 - 14*	2049-11-16 03:31	2049	14.71
699	2012CR	120 - 260*	2025-05-20 19:23	2025	11.18
786	2008HC38	14 - 30*	2029-04-23 02:39	2029	17.96
821	2005UA1	14 - 30*	2036-10-19 18:37	2036	18.45
838	2017HJ61	5 - 10*	2029-04-22 20:41	2029	17.6
954	2024RE16	10 - 23*	2046-09-08 20:42	2046	24.77
1042	1998BT13	20	2032-01-23 07:46	2032	13.66
1071	2010UE	3 - 7*	2031-10-16 17:51	2031	21.56
1271	2009WQ52	6 - 14*	2037-11-19 14:47	2037	18.51
1274	2024WS1	17 - 40*	2045-11-20 12:02	2045	41.26
1282	2013TX68	24 - 50*	2044-03-06 01:08	2044	18.2
1346	2022BE3	27 - 60*	2050-08-04 06:29	2050	25.13
1363	2021LY1	7 - 15*	2040-06-03 18:39	2040	16.02
1440	2016VZ17	8 - 18*	2041-08-18 21:30	2041	14.77
1450	2020QC	9 - 19*	2041-08-19 03:00	2041	21.87
1454	2016AQ164	2.8 - 6*	2035-01-10 07:42	2035	17.84
1498	2020KD1	7 - 16*	2042-05-23 08:22	2042	14.18
1506	2007WW3	40 - 90*	2031-11-14 16:29	2031	12.03
1560	2013UJ5	6 - 15*	2049-08-13 11:32	2049	15.26
1606	2022YK3	4 - 9*	2049-12-25 11:38	2049	16.93
1663	2021SP	4 - 9*	2033-09-17 11:59	2033	16.62
1669	2009DM40	11 - 25*	2041-02-22 12:39	2041	14.77
1679	2008EF32	3 - 8*	2025-03-09 21:26	2025	19.17
1680	2023ET2	2.2 - 5*	2028-09-14 02:57	2028	17.72
1705	2008VL	8 - 17*	2031-10-28 06:50	2031	16.47

Mapa de impactos históricos de meteoritos

Simbología

Fenómenos astronómicos

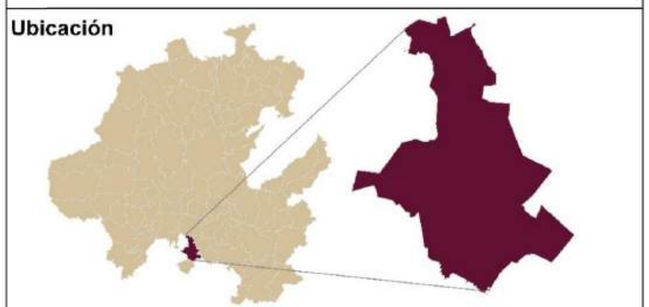
Impactos históricos

- Meteoritos

Límites políticos

- Límite municipal
- Límites estatales

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 05°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IMH - Impactos históricos

CAPÍTULO VI. FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS

Fenómenos hidrometeorológicos

Los fenómenos hidrometeorológicos son eventos o procesos atmosféricos relacionados con el comportamiento del clima y el agua en la Tierra. Estos fenómenos tienen un impacto directo en las condiciones meteorológicas y en los recursos hídricos, y pueden afectar tanto a la población como a la infraestructura y los ecosistemas. Abarcan una variedad de situaciones que involucran la interacción entre la atmósfera y el agua, tanto en la forma de precipitaciones, vientos, temperaturas, entre otros factores.

Peligro por ciclones tropicales

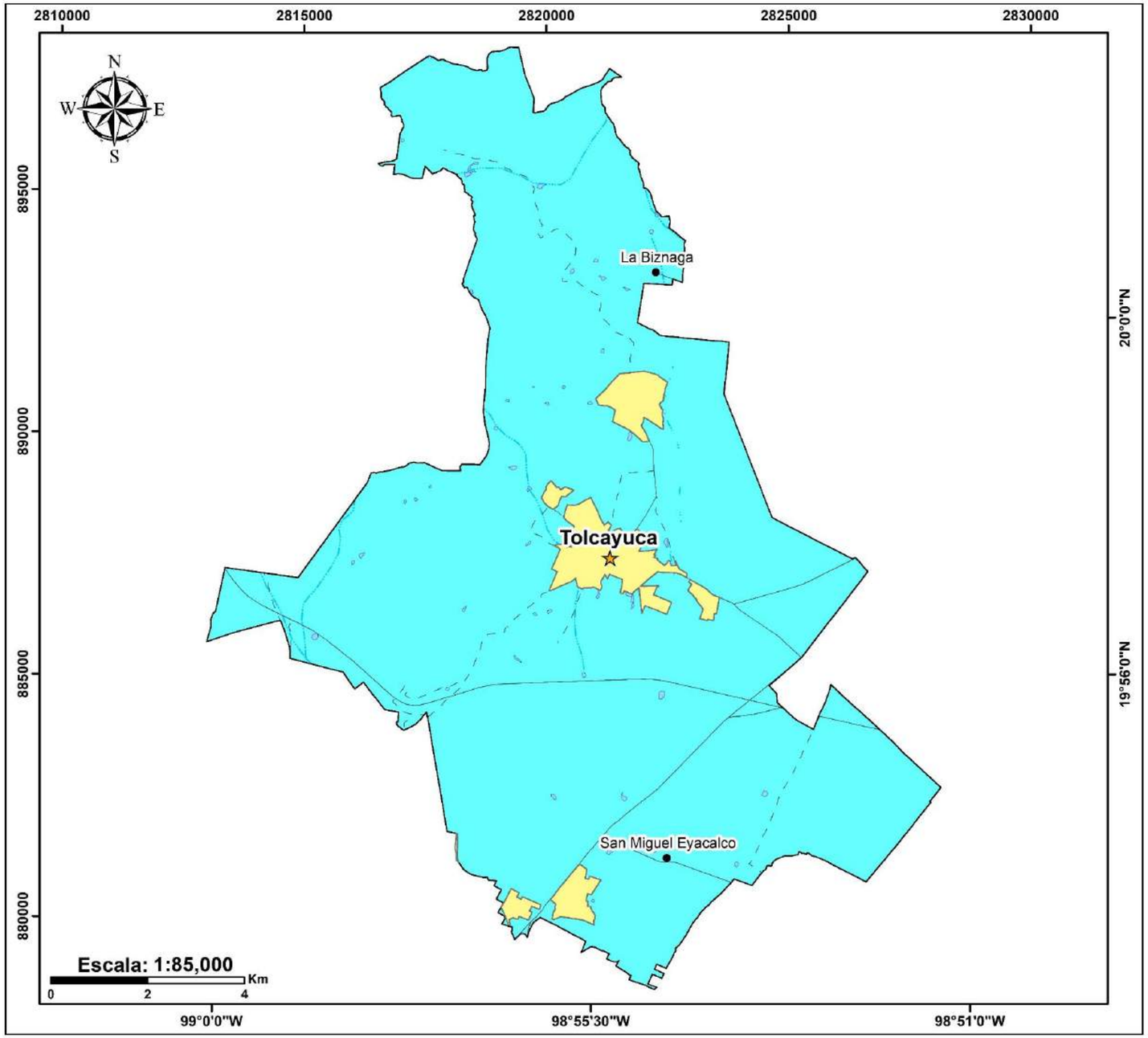
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un peligro muy bajo ante la presencia de ciclones tropicales, de acuerdo con los registros históricos y las características meteorológicas de la región. Su ubicación en el interior del estado y alejada de las costas reduce significativamente la probabilidad de impactos directos por estos fenómenos.

Los datos recopilados por el CENAPRED, con base en la frecuencia e intensidad de ciclones tropicales entre 1949 y 2020, indican que Tolcayuca ha experimentado una incidencia mínima de estos sistemas. Sin embargo, es importante considerar que, aunque el impacto directo de un ciclón tropical es poco probable, los efectos secundarios como lluvias intensas y vientos moderados pueden presentarse, especialmente cuando estos fenómenos afectan el Golfo de México.

El nivel de peligro asignado al municipio se establece tomando en cuenta su historial de eventos meteorológicos y su ubicación geográfica. La menor exposición a ciclones tropicales no excluye la posibilidad de lluvias derivadas de estos sistemas, que en casos aislados podrían ocasionar encharcamientos o ligeros incrementos en los niveles de ríos y arroyos cercanos.

Aunque el municipio no se encuentra dentro de las zonas con alta vulnerabilidad a ciclones tropicales, contar con información sobre estos fenómenos permite tomar medidas preventivas para mitigar cualquier posible afectación. Mantenerse informado sobre las condiciones climáticas y supervisar el estado de la infraestructura pluvial ayuda a reducir riesgos, incluso en zonas de peligrosidad baja.

Mapa de peligro por ciclones tropicales



Simbología
Peligro por ciclones tropicales

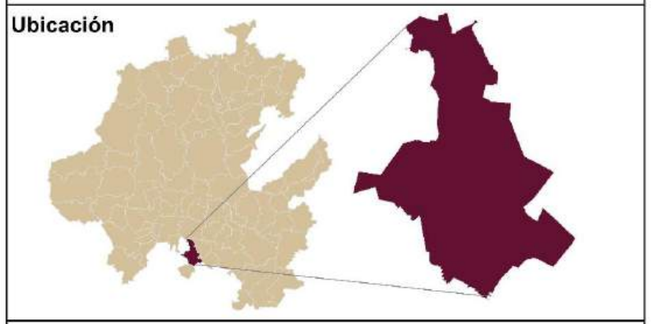
Peligro
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpCT - Peligro por ciclones tropicales

Riesgo por ciclones tropicales

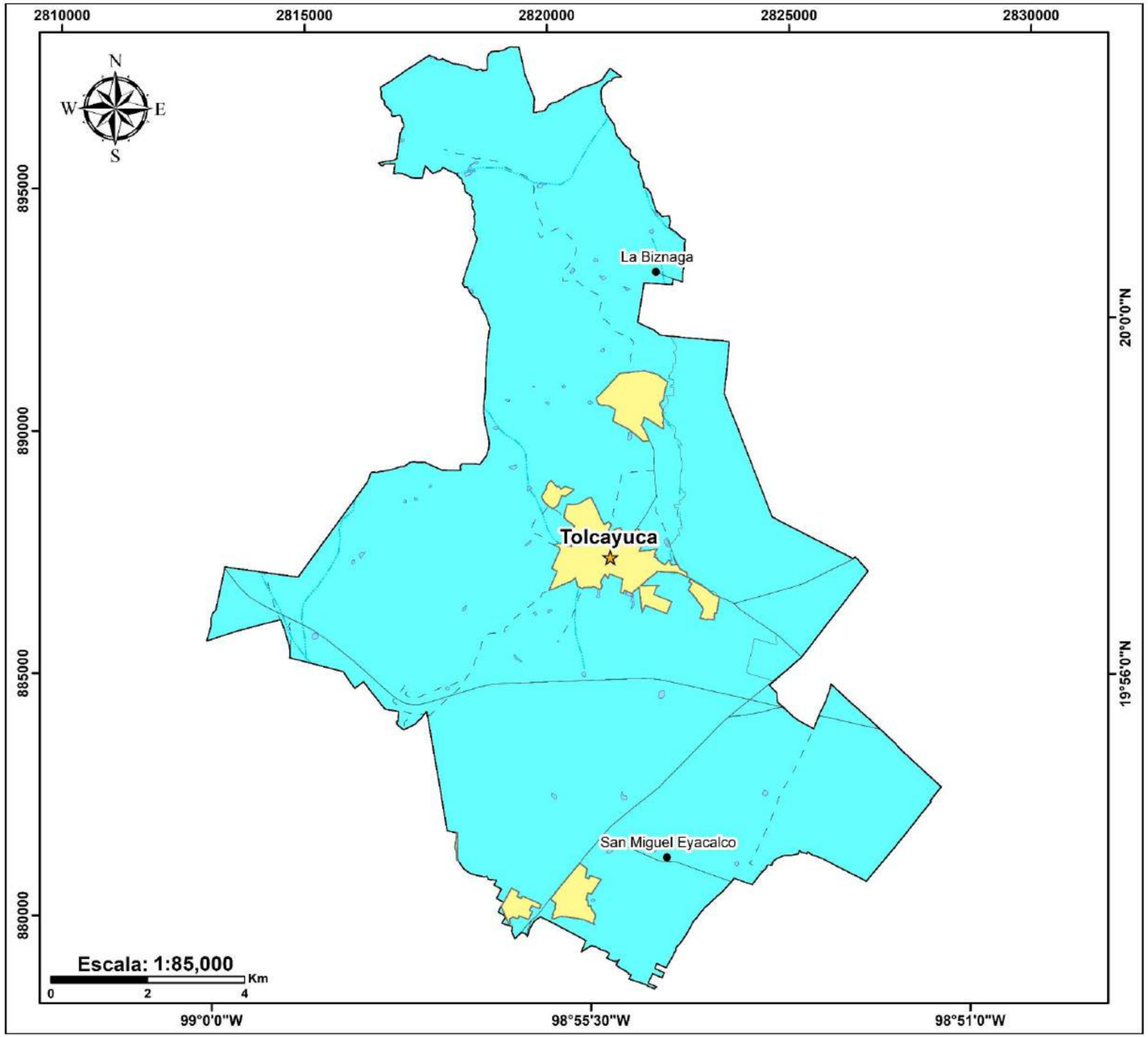
Un ciclón tropical es un fenómeno meteorológico que se caracteriza por una circulación cerrada alrededor de un centro de baja presión, con vientos sostenidos que pueden alcanzar velocidades superiores a los 119 km/h. Estos sistemas se forman sobre aguas cálidas en las regiones tropicales y subtropicales, evolucionando en diferentes categorías según la velocidad del viento, desde depresiones tropicales hasta huracanes. Su impacto puede incluir lluvias intensas, vientos fuertes y, en regiones costeras, marejadas ciclónicas.

El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, se encuentra en una zona de riesgo muy bajo ante ciclones tropicales, ya que su ubicación alejada de las costas reduce significativamente la probabilidad de impacto directo. Sin embargo, los efectos indirectos de estos sistemas pueden manifestarse a través de lluvias moderadas o intensas, especialmente cuando los ciclones que se desarrollan en el Golfo de México o el océano Pacífico pierden fuerza y sus remanentes avanzan hacia el interior del país.

Aunque Tolcayuca no ha registrado afectaciones significativas por ciclones tropicales, las lluvias derivadas de estos fenómenos pueden generar encharcamientos temporales, leves incrementos en el nivel de cuerpos de agua cercanos y, en casos excepcionales, deslaves en zonas con pendiente pronunciada. Ejemplos de ciclones que han afectado al estado de Hidalgo con lluvias intensas, como “Grace” en 2021, muestran que incluso los municipios con bajo riesgo pueden experimentar efectos secundarios.

Dado que el riesgo es muy bajo, no se requieren medidas de emergencia específicas. No obstante, mantenerse informado sobre pronósticos meteorológicos durante la temporada de ciclones y tomar precauciones básicas ante lluvias intensas sigue siendo recomendable para reducir cualquier posible afectación.

Mapa de riesgo por ciclones tropicales



Simbología
Riesgo por ciclones tropicales

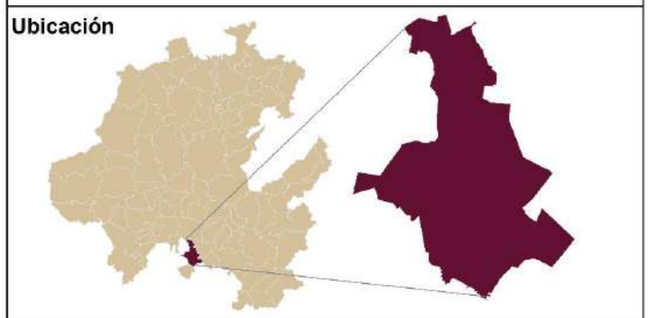
Riesgo
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpCT - Riesgo por ciclones tropicales

Peligro por ondas gélidas

El peligro por ondas gélidas se refiere al riesgo que representan las bajas temperaturas extremas causadas por la llegada de frentes fríos o masas de aire polar, que pueden provocar un descenso brusco y prolongado de la temperatura en una región. Este fenómeno aumenta el riesgo de problemas de salud como la hipotermia, la congelación, y agravar enfermedades respiratorias.

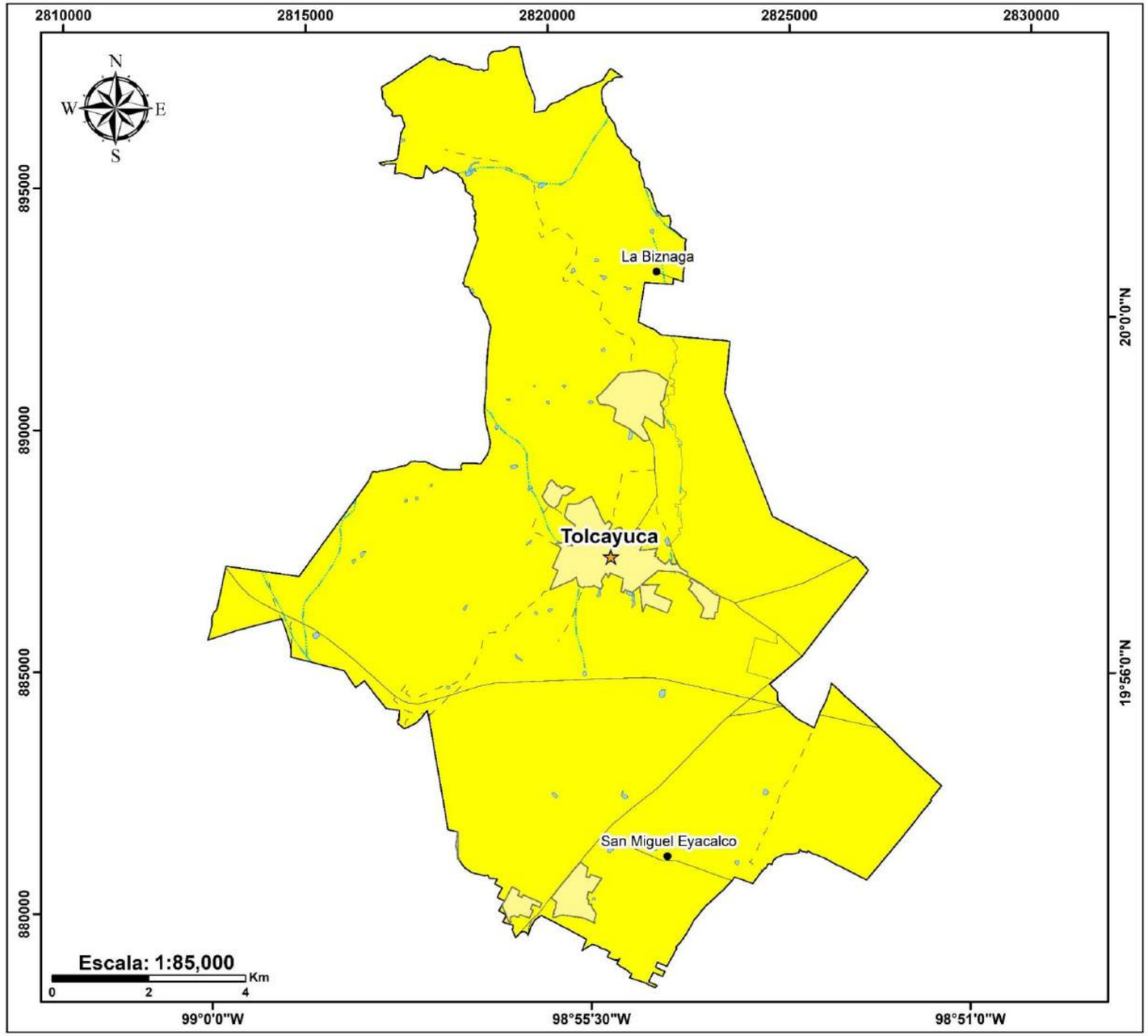
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un peligro muy bajo ante la ocurrencia de ondas gélidas durante la temporada invernal, que abarca de noviembre a marzo. Las ondas gélidas son masas de aire extremadamente frío que se desplazan desde las regiones polares hacia latitudes más bajas, provocando descensos significativos en la temperatura y, en algunos casos, fenómenos como heladas, lluvias heladas y vientos fuertes.

Debido a su ubicación geográfica y altitud, Tolcayuca no es una de las zonas más afectadas por este fenómeno en el estado de Hidalgo. Aunque en algunos inviernos se han registrado temperaturas cercanas a los 0°C, la duración de estos descensos térmicos suele ser breve y sin impactos significativos en la población o la infraestructura. Las heladas pueden presentarse ocasionalmente, pero no con la frecuencia ni la intensidad observada en regiones más elevadas o montañosas del estado.

Los principales efectos que podrían derivarse de una onda gélida en Tolcayuca incluyen ligeras afectaciones en cultivos sensibles al frío, incremento en enfermedades respiratorias y una leve reducción en la disponibilidad de pasto para el ganado en áreas rurales. Sin embargo, la incidencia de estos impactos es baja, y la mayoría de la población no experimenta riesgos significativos debido a este fenómeno.

A pesar de que el peligro es muy bajo, es recomendable que la población tome precauciones básicas durante los días más fríos del invierno, como abrigarse adecuadamente, proteger tuberías expuestas a temperaturas cercanas a los 0°C y estar atentos a los pronósticos meteorológicos. Aunque las ondas gélidas no representan una amenaza significativa para Tolcayuca, la prevención y la preparación siempre son útiles para minimizar cualquier posible afectación.

Mapa de peligro por ondas gélidas



Simbología
Peligro por ondas gélidas

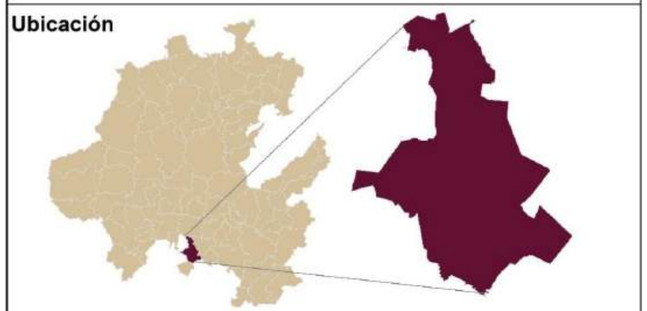
Peligro
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpOG - Peligro por ondas gélidas

Riesgo por ondas gélidas

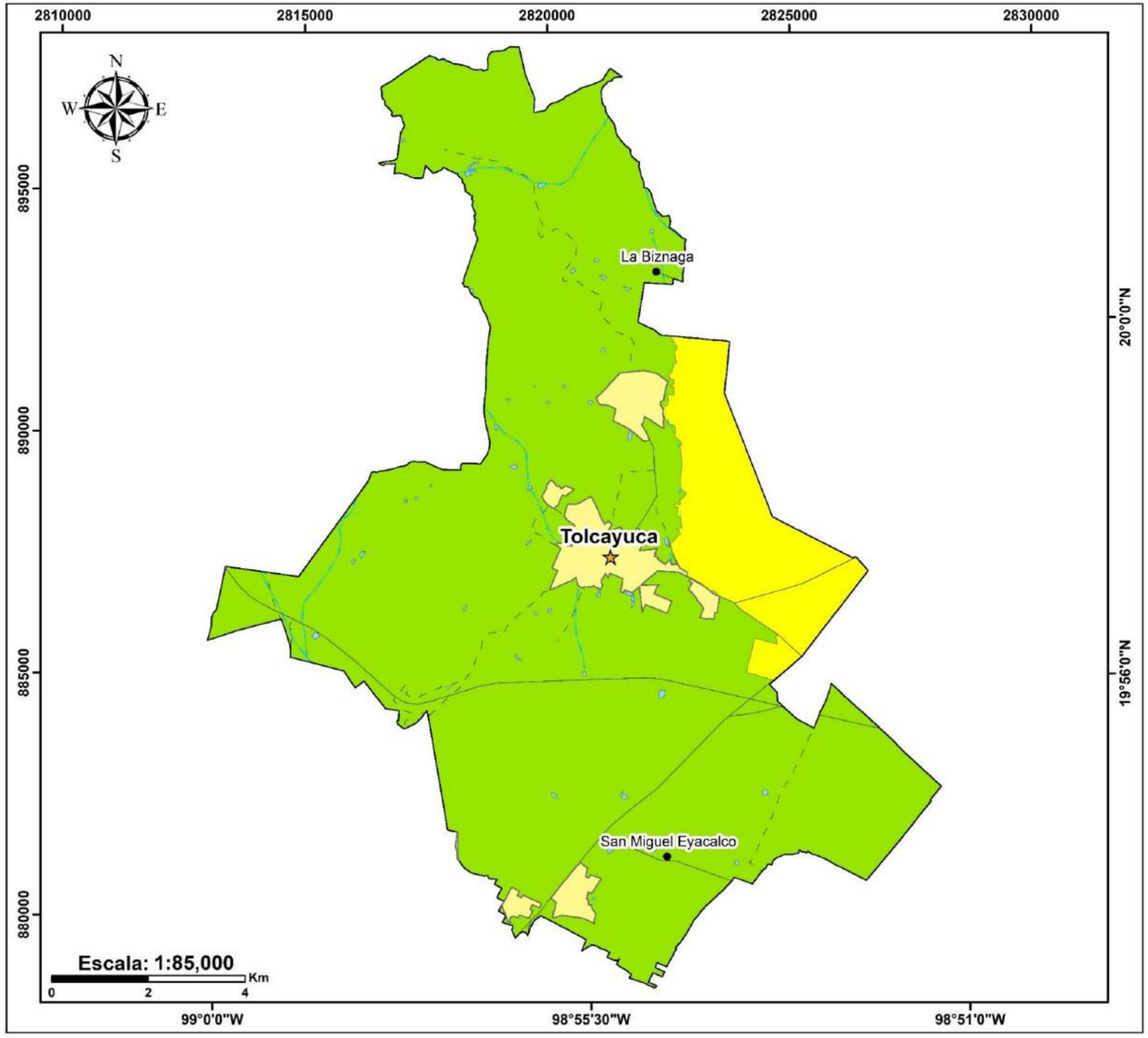
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un riesgo muy bajo ante la presencia de ondas gélidas durante la temporada invernal, que ocurre entre los meses de noviembre y marzo. Las ondas gélidas son fenómenos meteorológicos que provocan un descenso brusco de la temperatura debido a la incursión de masas de aire polar o ártico. Estas pueden generar heladas, vientos fríos e incluso lluvias heladas en algunas regiones del país.

En el caso de Tolcayuca, su ubicación geográfica y altitud moderada reducen significativamente la probabilidad de afectaciones severas por ondas gélidas. Aunque ocasionalmente se han registrado temperaturas cercanas a los 0°C, estos eventos suelen ser de corta duración y con efectos limitados. La posibilidad de heladas es baja y, cuando ocurren, afectan principalmente zonas rurales con cultivos sensibles al frío.

El riesgo muy bajo implica que la infraestructura, la población y las actividades económicas del municipio no enfrentan amenazas significativas por este fenómeno. Sin embargo, algunas afectaciones menores podrían incluir un ligero aumento en enfermedades respiratorias durante los días más fríos, pequeñas pérdidas en la producción agrícola y una leve reducción en la disponibilidad de pasto para el ganado.

A pesar del bajo nivel de riesgo, se recomienda a la población tomar medidas preventivas básicas, como abrigarse adecuadamente en temporadas frías, proteger cultivos sensibles y mantenerse informada sobre pronósticos meteorológicos. Aunque las ondas gélidas no representan un peligro considerable para Tolcayuca, la preparación sigue siendo una herramienta clave para evitar cualquier afectación menor.

Mapa de riesgo por ondas gélidas



Simbología
Riesgo por ondas gélidas

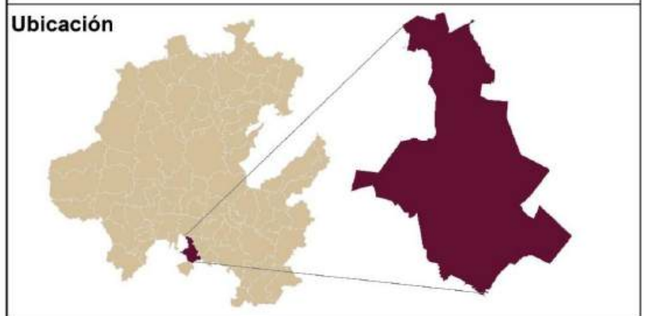
Riesgo
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpOG - Riesgo por ondas gélidas

Peligro por ondas cálidas

El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un peligro muy bajo frente a las ondas cálidas, lo que indica que los efectos de este fenómeno meteorológico en la región son mínimos y no representan una amenaza significativa para la población ni las actividades productivas. Las ondas cálidas se caracterizan por la intrusión de aire cálido que provoca un aumento transitorio de las temperaturas en una región específica. Este fenómeno es común en las épocas de primavera y verano, particularmente entre los meses de marzo y mayo, cuando las temperaturas pueden experimentar ascensos moderados debido a la estabilidad atmosférica y la presencia de sistemas de alta presión.

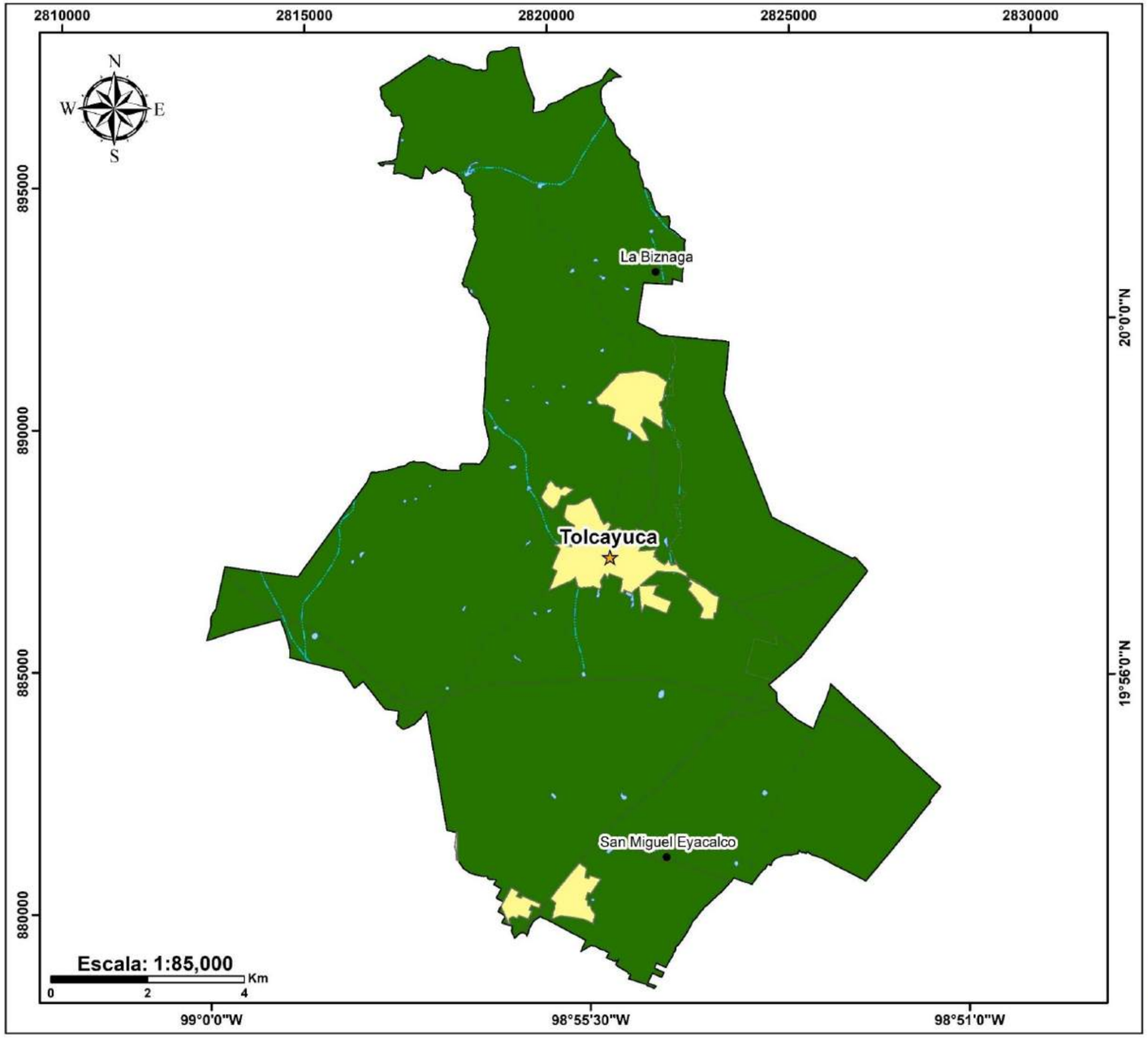
En Tolcayuca, los picos de temperatura durante las ondas cálidas rara vez superan los umbrales críticos que generarían impactos severos en la salud pública, la agricultura o los recursos naturales. Las temperaturas pueden alcanzar los 30°C o ligeramente superiores, pero se mantienen dentro de los niveles que no inducen efectos adversos significativos, como olas de calor extremo o sequías prolongadas. Esta condición se debe a la combinación de factores geográficos y climáticos de la región, que permiten una adecuada regulación térmica y una distribución moderada de las temperaturas durante todo el año.

El riesgo asociado a las ondas cálidas en Tolcayuca es bajo también por la resiliencia de las infraestructuras y las prácticas de gestión local. La población se encuentra acostumbrada a los cambios estacionales y tiene acceso a medidas preventivas, como el uso adecuado de hidratación, ropa ligera y protección solar, que contribuyen a mitigar los riesgos relacionados con el calor. Además, la capacidad de los sistemas de agua potable y riego es suficiente para enfrentar las condiciones de calor moderado, evitando impactos severos en la disponibilidad del recurso hídrico.

En términos agrícolas, los cultivos en Tolcayuca son predominantemente resistentes a temperaturas elevadas, lo que reduce la posibilidad de daños por estrés térmico. Aunque las ondas cálidas pueden generar un aumento temporal en la demanda de agua y un mayor nivel de evaporación, estos efectos no alcanzan niveles que alteren significativamente la producción agrícola o afecten de forma considerable la economía local.

En conclusión, el peligro muy bajo por ondas cálidas en Tolcayuca refleja una baja probabilidad de que este fenómeno climático cause efectos perjudiciales, gracias a la capacidad de adaptación de la población, la infraestructura adecuada y las características del clima local. Las medidas preventivas, la conciencia comunitaria y el monitoreo climático continúan siendo fundamentales para asegurar que los impactos sigan siendo mínimos.

Mapa de peligro por ondas cálidas



Simbología
Peligro por ondas cálidas

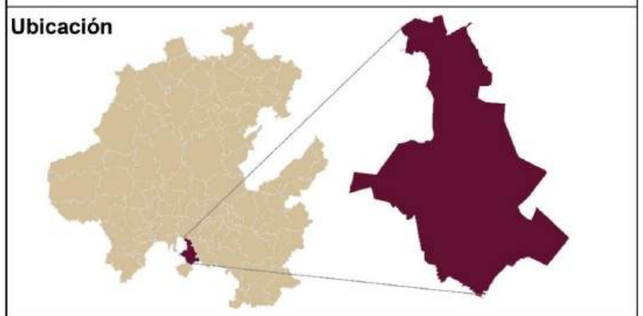
Peligro
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpOC - Peligro por ondas cálidas

Vulnerabilidad por ondas cálidas

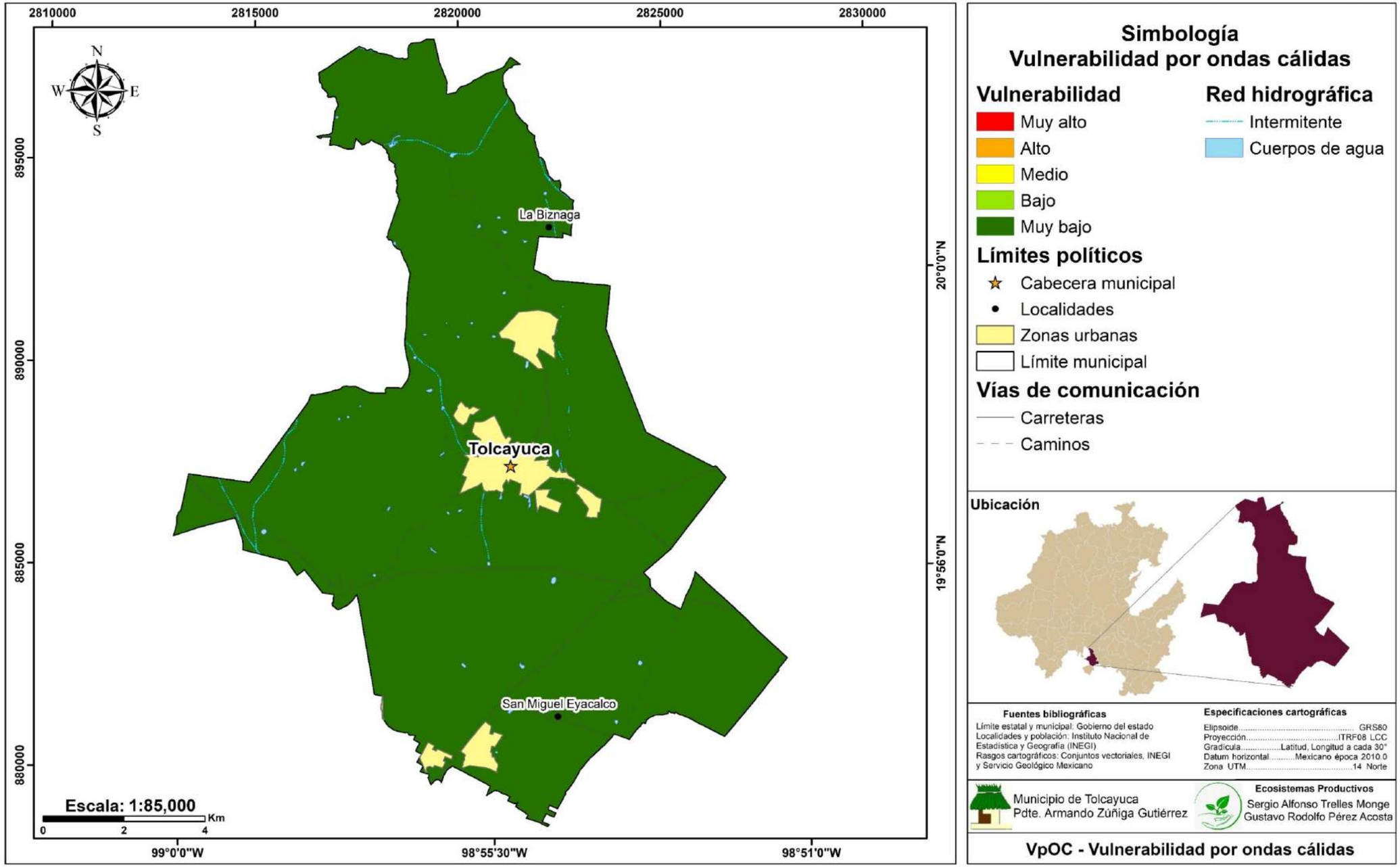
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta una vulnerabilidad muy baja frente a las ondas cálidas, lo que indica que la población, la infraestructura y las actividades productivas locales están bien preparadas para hacer frente a los efectos de este fenómeno climático sin que se generen impactos significativos. Las ondas cálidas, que son episodios de incremento temporal de las temperaturas debido al ingreso de aire cálido, son más comunes durante los meses de primavera y verano, pero en Tolcayuca, la región está adaptada a este tipo de condiciones térmicas.

La vulnerabilidad baja se debe a varios factores, como la infraestructura resistente a las altas temperaturas, el acceso a fuentes de agua adecuadas y las prácticas de manejo de recursos naturales que permiten mitigar los posibles efectos negativos del calor intenso. La población local, familiarizada con los cambios estacionales, toma medidas preventivas como la hidratación adecuada, el uso de protección solar y la limitación de la exposición prolongada al sol, lo que minimiza los riesgos para la salud, especialmente en grupos vulnerables como niños y personas mayores.

En el ámbito agrícola, los cultivos en Tolcayuca están adaptados a las condiciones térmicas de la región, lo que reduce la posibilidad de daños por estrés térmico o pérdidas significativas en la producción. Aunque las ondas cálidas pueden generar un aumento en la evaporación del agua y la demanda de riego, la infraestructura de gestión hídrica y los sistemas de irrigación permiten que las actividades agrícolas continúen con normalidad.

En términos generales, la vulnerabilidad de Tolcayuca frente a las ondas cálidas es muy baja, ya que la comunidad está bien preparada para afrontar los efectos del calor moderado. Las infraestructuras y las prácticas de manejo de recursos naturales son adecuadas para hacer frente a las temperaturas más altas, y la población tiene los conocimientos y recursos necesarios para proteger su salud y bienestar en condiciones de calor.

Mapa de vulnerabilidad por ondas cálidas



Riesgo por ondas cálidas

El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un riesgo muy bajo frente a las ondas cálidas, lo que indica que los efectos de este fenómeno climático en la región son insignificantes y que las probabilidades de que cause impactos relevantes en la salud, la infraestructura o las actividades productivas son extremadamente reducidas. Las ondas cálidas se producen cuando se desplaza aire cálido hacia una región, lo que provoca un aumento temporal de las temperaturas. Este fenómeno es más frecuente durante los meses de primavera y verano, especialmente entre los meses de marzo y mayo, cuando las temperaturas pueden superar los 30°C.

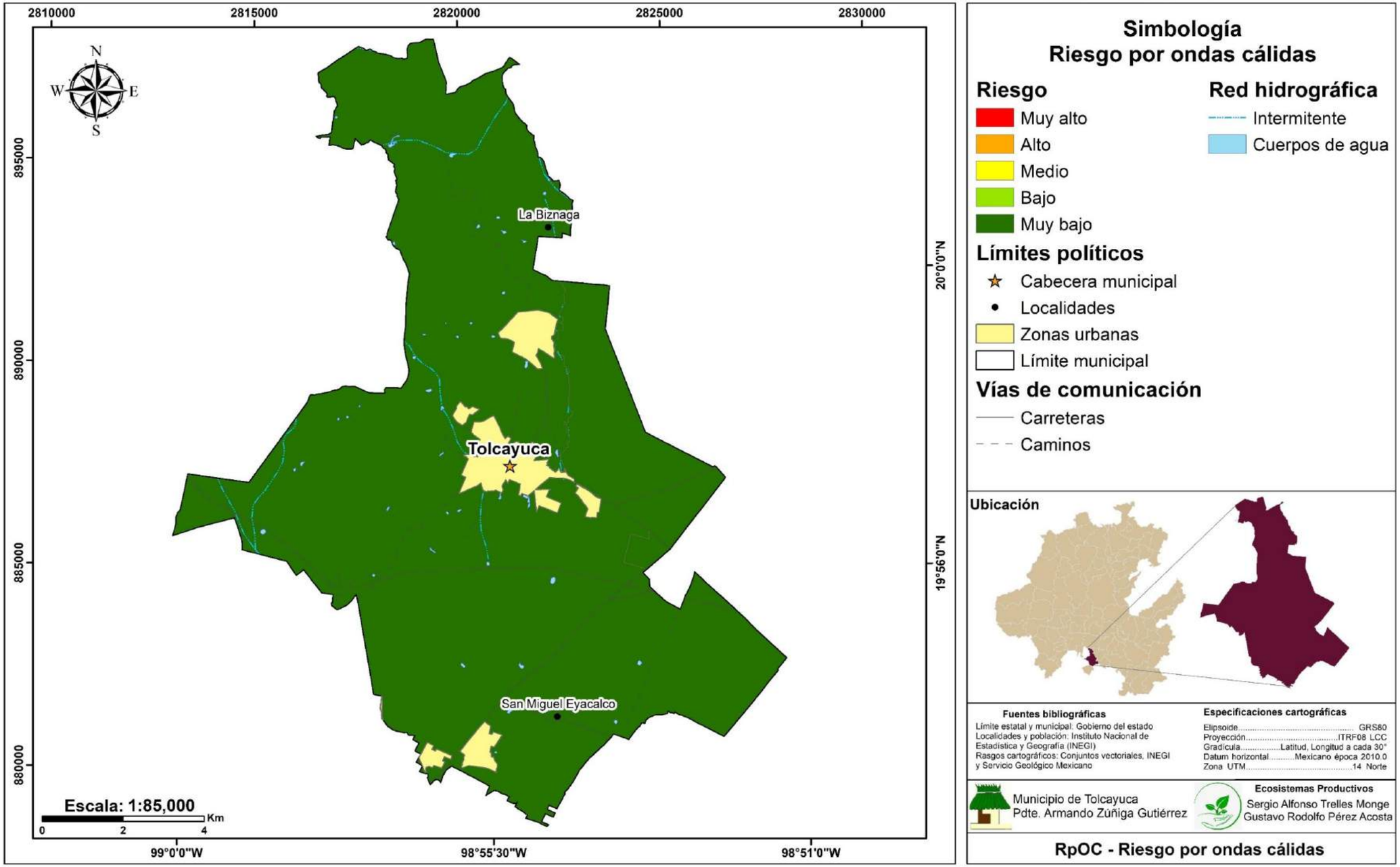
Sin embargo, en Tolcayuca, las temperaturas asociadas a las ondas cálidas no alcanzan niveles críticos que puedan generar daños severos. Las variaciones térmicas en la región se mantienen dentro de un rango que no compromete la salud de la población ni provoca impactos significativos en las actividades agrícolas o económicas. La infraestructura del municipio, diseñada para afrontar variaciones estacionales de temperatura, es suficiente para soportar los picos térmicos sin generar efectos adversos, y la población está acostumbrada a este tipo de fenómenos.

En términos agrícolas, los cultivos en la región están adaptados a las condiciones térmicas locales y no experimentan un impacto considerable debido al calor moderado de las ondas cálidas. Aunque el calor puede incrementar la evaporación del agua y la demanda de riego en algunas zonas, las infraestructuras de gestión de agua y los sistemas de irrigación permiten manejar estas condiciones sin comprometer la producción.

La disponibilidad de agua y la capacidad de respuesta de la población ante condiciones de calor también contribuyen a minimizar el riesgo. Las medidas preventivas, como el consumo adecuado de agua, la protección solar y la limitación de la exposición directa al sol, permiten que los efectos del calor se manejen eficientemente.

En conclusión, el riesgo por ondas cálidas en Tolcayuca refleja la capacidad del municipio para gestionar este fenómeno climático de manera efectiva, con un impacto mínimo sobre la salud, la infraestructura y las actividades económicas. La preparación local y la adaptabilidad de la comunidad son factores clave para mitigar cualquier efecto adverso asociado con el aumento temporal de las temperaturas.

Mapa de riesgo por ondas cálidas



Peligro por sequía

El peligro por sequías se refiere a la amenaza que representa la falta prolongada de lluvias, lo que provoca una disminución significativa en la disponibilidad de agua en fuentes naturales como ríos, lagos y acuíferos.

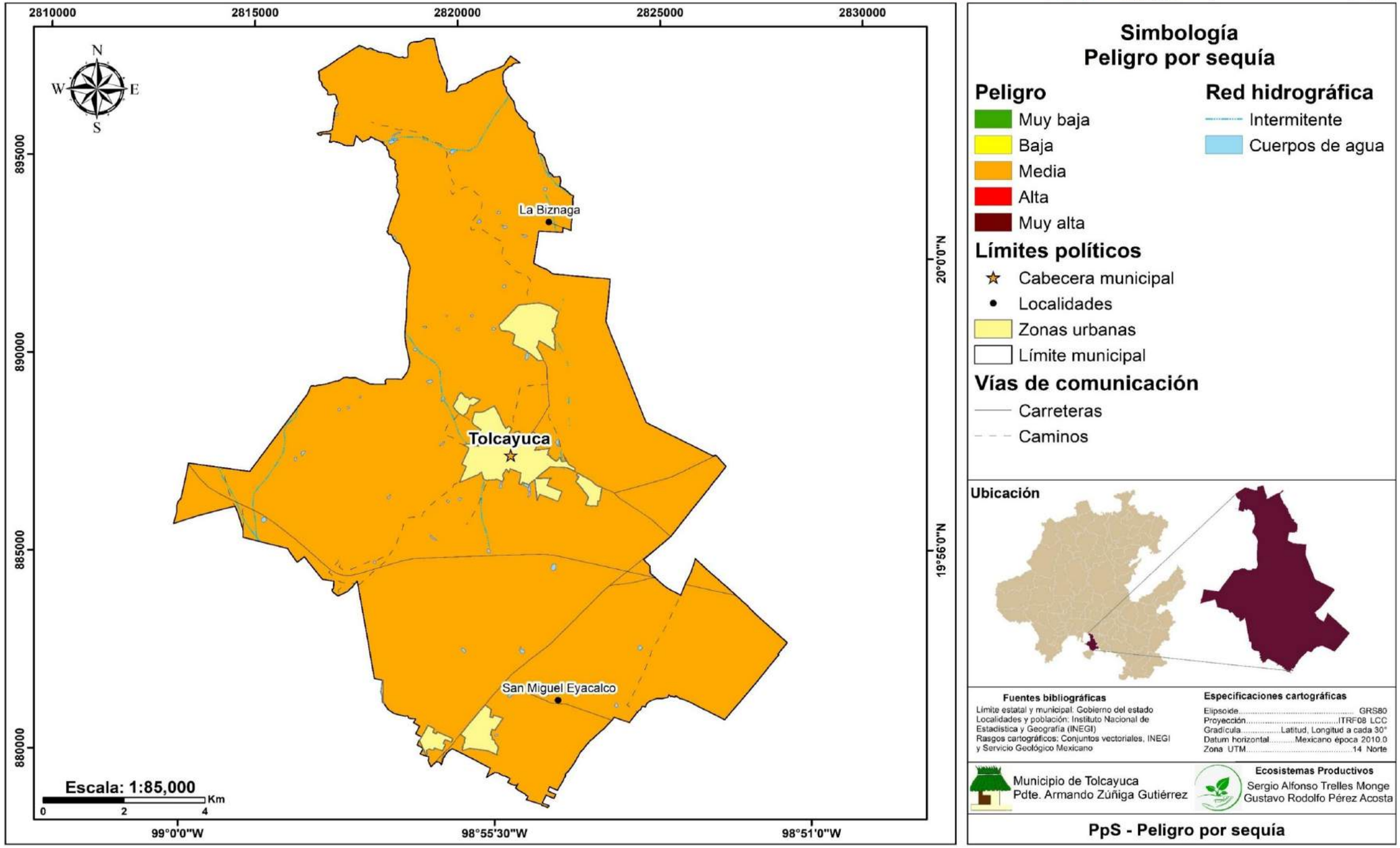
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, enfrenta un peligro medio por sequía. Esta condición se debe a factores climáticos, geográficos y de manejo del agua que afectan la disponibilidad hídrica en la región. La disminución en la cantidad de precipitaciones anuales y el incremento en las temperaturas han intensificado los periodos de estiaje, lo que impacta tanto a la población como a las actividades económicas locales, especialmente la agricultura y la ganadería, que dependen en gran medida de los recursos hídricos.

La sequía en Tolcayuca no solo reduce la cantidad de agua disponible para consumo humano, sino que también genera un estrés considerable en los ecosistemas. La disminución de los niveles de agua en cuerpos superficiales y subterráneos provoca una mayor competencia por este recurso, lo que puede derivar en conflictos entre los distintos sectores que lo utilizan. Asimismo, la vegetación y la fauna local se ven afectadas, lo que puede alterar el equilibrio ecológico y contribuir a la desertificación en algunas zonas.

El crecimiento poblacional y la expansión urbana han aumentado la demanda de agua en Tolcayuca, generando presión sobre los mantos acuíferos. La sobreexplotación de estos recursos puede agravar la crisis hídrica, haciendo que el municipio dependa de fuentes externas de abastecimiento. Además, el cambio en los usos del suelo, como la conversión de áreas naturales en terrenos agrícolas o urbanos, afecta la capacidad de infiltración del agua, disminuyendo la recarga de los acuíferos y aumentando la vulnerabilidad ante la sequía.

Ante este escenario, es fundamental implementar estrategias de gestión hídrica sustentable que permitan optimizar el uso del agua y mitigar los efectos de la sequía en el municipio. La reforestación, la captación de agua de lluvia y el uso eficiente del recurso en actividades productivas son algunas de las acciones que pueden contribuir a enfrentar este desafío. Además, la educación ambiental y la participación comunitaria son clave para generar conciencia sobre la importancia del agua y fomentar prácticas responsables en su uso. Tolcayuca debe fortalecer su resiliencia ante la sequía mediante políticas públicas y acciones concretas que garanticen la seguridad hídrica a largo plazo.

Mapa de peligro por sequía



Vulnerabilidad por sequía

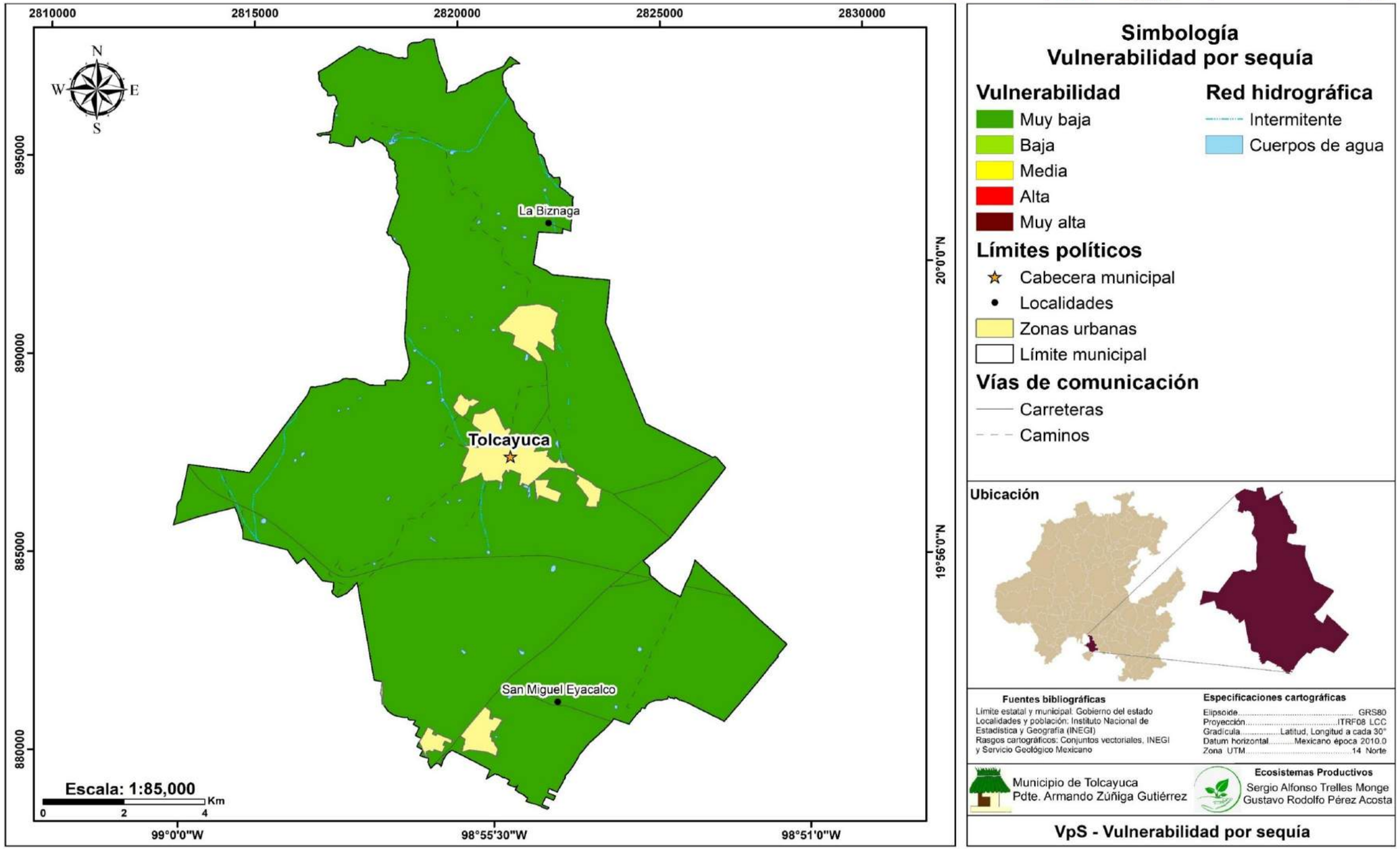
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta una vulnerabilidad muy baja por sequía. Esto significa que las condiciones naturales y la infraestructura hídrica permiten afrontar periodos de estiaje sin afectaciones significativas a la población, los ecosistemas o las actividades económicas. Factores como la disponibilidad de acuíferos con niveles estables, la presencia de suelos con buena capacidad de infiltración y la moderada demanda de agua contribuyen a esta condición favorable.

El análisis de vulnerabilidad considera variables como la capacidad de almacenamiento y distribución del agua, el índice de aridez y la cobertura vegetal, que ayudan a mitigar los efectos de una posible disminución en la precipitación. Tolcayuca cuenta con una infraestructura de abastecimiento eficiente, lo que reduce su susceptibilidad a una crisis hídrica en escenarios de sequía moderada. No obstante, la vulnerabilidad muy baja no implica ausencia de riesgo, ya que el crecimiento poblacional y el cambio en los patrones climáticos pueden modificar las condiciones actuales y aumentar la presión sobre los recursos hídricos.

La planeación estratégica y la gestión integral del agua son clave para mantener esta baja vulnerabilidad en el futuro. Es importante continuar con el monitoreo de los niveles de extracción de los pozos, fomentar prácticas de uso eficiente del agua y fortalecer la conservación de las áreas de recarga de acuíferos. Además, los modelos predictivos basados en datos climáticos permiten anticipar variaciones en la disponibilidad hídrica y tomar decisiones oportunas.

Difundir el conocimiento técnico sobre estos temas es fundamental para que la población y las autoridades adopten una cultura de prevención y manejo responsable del agua. Aunque Tolcayuca tiene una ventaja en términos de vulnerabilidad muy baja, mantener esta condición dependerá de la implementación de estrategias sostenibles que garanticen la seguridad hídrica a largo plazo.

Mapa de vulnerabilidad por sequía



Riesgo por sequía

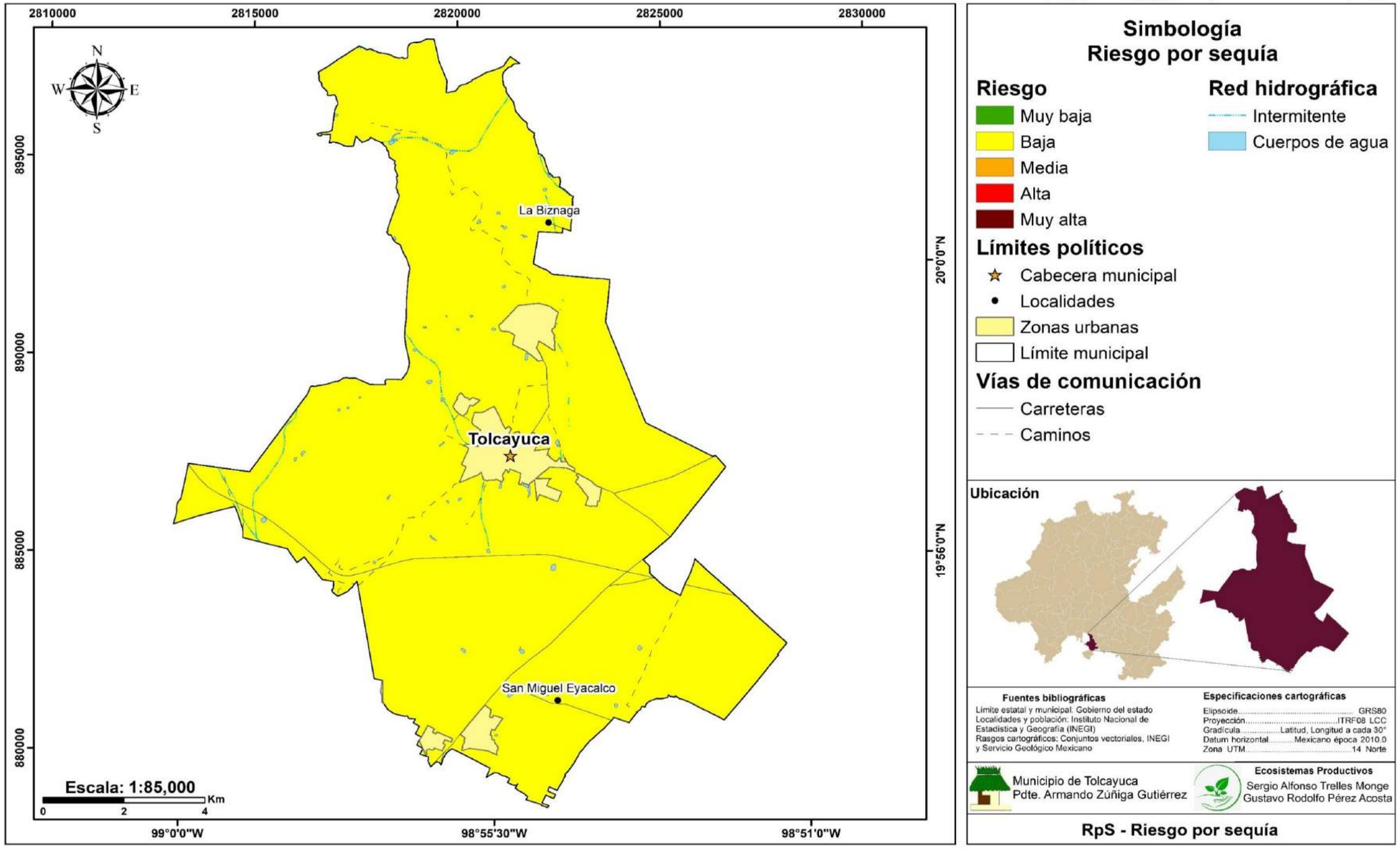
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un riesgo bajo por sequía, de acuerdo con los mapas de análisis de vulnerabilidad hídrica. Aunque esta condición indica una menor probabilidad de afectaciones graves por falta de agua en comparación con otras regiones del estado, es importante considerar que la sequía es un fenómeno cíclico que puede intensificarse debido a factores climáticos y humanos. La disponibilidad de agua en Tolcayuca depende de la recarga de sus fuentes hídricas y del uso eficiente del recurso por parte de la población, el sector agrícola y las actividades industriales en crecimiento.

Si bien el municipio no enfrenta una amenaza inmediata por sequía severa, la gestión del agua sigue siendo un aspecto prioritario para garantizar el bienestar de los habitantes y la estabilidad de los ecosistemas locales. El aumento de la demanda de agua, derivado del crecimiento urbano y del desarrollo económico, puede ejercer presión sobre los acuíferos y reducir su capacidad de recuperación a largo plazo. Además, la variabilidad climática y el posible incremento en la temperatura pueden alterar los patrones de precipitación, afectando la cantidad de agua disponible en el futuro.

La vegetación y los cuerpos de agua en la región contribuyen a mantener un equilibrio ecológico que ayuda a mitigar los efectos de la sequía. No obstante, la deforestación y el cambio de uso del suelo pueden disminuir la capacidad del territorio para retener y absorber el agua de lluvia, aumentando la vulnerabilidad ante eventuales periodos de estiaje. Por ello, es fundamental implementar acciones preventivas, como la conservación de áreas verdes, el uso eficiente del agua en las actividades productivas y la promoción de tecnologías que permitan optimizar el consumo de este recurso.

Tolcayuca, a pesar de su bajo riesgo por sequía, debe fortalecer sus estrategias de gestión hídrica para evitar que las condiciones cambien en el futuro. La educación ambiental y la concientización de la comunidad son clave para fomentar una cultura del agua basada en la responsabilidad y la sustentabilidad. Con una planificación adecuada y el compromiso de la sociedad, el municipio puede mantener su seguridad hídrica y reducir posibles impactos derivados de la escasez del recurso en los próximos años.

Mapa de riesgo por sequía



Inundaciones

En Tolcayuca, las inundaciones son un fenómeno hidrometeorológico que ha afectado varias veces a la población, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando se registran lluvias intensas y fuertes precipitaciones en un corto periodo de tiempo. Debido a su ubicación en una zona de valle y con presencia de algunos cuerpos de agua, las inundaciones pueden ser un riesgo para el municipio. Es atravesado por algunos ríos y canales, como el río Tizayuca y el canal de riego, que durante las lluvias fuertes pueden desbordarse, afectando áreas cercanas. La falta de mantenimiento adecuado en algunos de estos cuerpos de agua o su insuficiencia para manejar grandes volúmenes de agua incrementa el riesgo de inundaciones.

Peligro por inundaciones

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, presenta un peligro medio por inundaciones, debido a sus características geográficas, climáticas y urbanísticas. La cercanía a cuerpos de agua como el río Tula y las diversas corrientes que atraviesan la región, combinada con su ubicación en una zona semiplana y la presencia de áreas urbanas cercanas a las cuencas hidrográficas, incrementa el riesgo de desbordamientos, especialmente durante la temporada de lluvias.

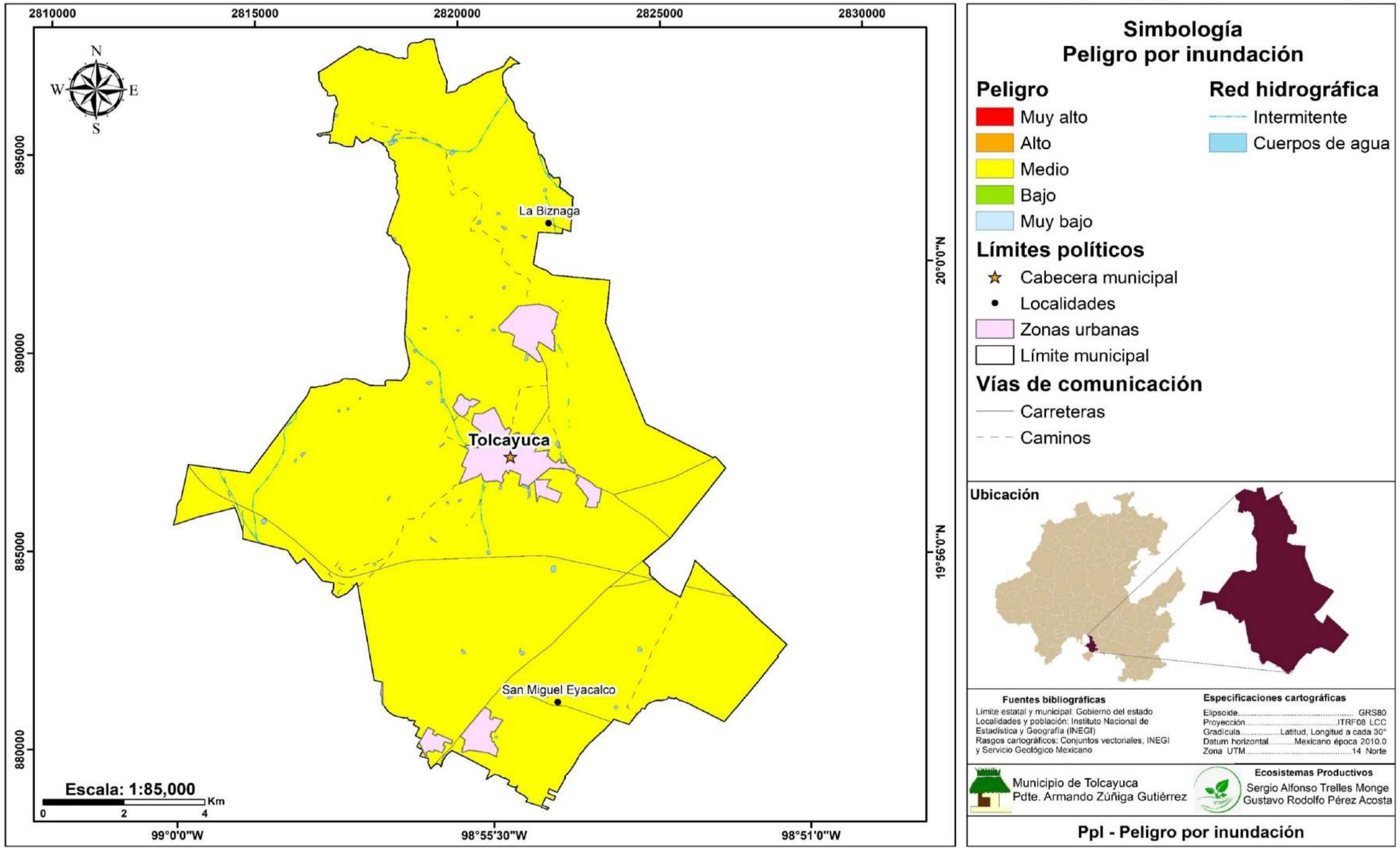
El clima semiseco predominante en Tolcayuca contribuye a que los suelos presenten una capacidad limitada de absorción de agua, lo que favorece la acumulación superficial en caso de lluvias intensas. Estas precipitaciones pueden ser repentinas y localizadas, lo que aumenta el riesgo de afectaciones en áreas pobladas y agrícolas. Además, el uso del suelo en algunas zonas del municipio, como la expansión urbana sin planificación adecuada, ha contribuido al aumento de la escorrentía, lo que intensifica los efectos de las inundaciones.

El riesgo en las zonas urbanas es particularmente notable, ya que muchas áreas carecen de infraestructura de drenaje pluvial adecuada para gestionar grandes volúmenes de agua. El crecimiento urbano desordenado y la construcción en áreas bajas o propensas a inundaciones hacen que ciertas viviendas y edificaciones sean vulnerables a los efectos de lluvias torrenciales. Asimismo, la acumulación de agua en calles y avenidas puede generar parálisis en la movilidad, obstruir servicios básicos y ocasionar daños a la infraestructura vial y urbana.

En las zonas rurales de Tolcayuca, el peligro por inundaciones también afecta considerablemente los cultivos y la ganadería, actividades que son cruciales para la economía local. Los campos agrícolas son susceptibles a anegamientos, lo que genera pérdidas significativas en la producción y en los ingresos de las familias rurales. Las inundaciones también pueden interrumpir el acceso a servicios básicos como agua potable y electricidad, afectando la calidad de vida de los habitantes y generando impactos socioeconómicos negativos.

Para mitigar este peligro, es fundamental implementar medidas preventivas como la rehabilitación y mantenimiento de los cauces fluviales, el fortalecimiento de la infraestructura de drenaje pluvial y la promoción de prácticas de urbanización ordenada. La reforestación en cuencas hidrográficas y la sensibilización de la población sobre la importancia de la gestión del riesgo son otras acciones clave para reducir la vulnerabilidad del municipio ante las inundaciones. Estas medidas, en conjunto con la planificación adecuada del uso del suelo y la mejora en los sistemas de alerta temprana, permitirán mitigar los efectos de las inundaciones y proteger tanto a la población como a la infraestructura del municipio de Tolcayuca.

Mapa de peligro por inundación



Vulnerabilidad por inundación

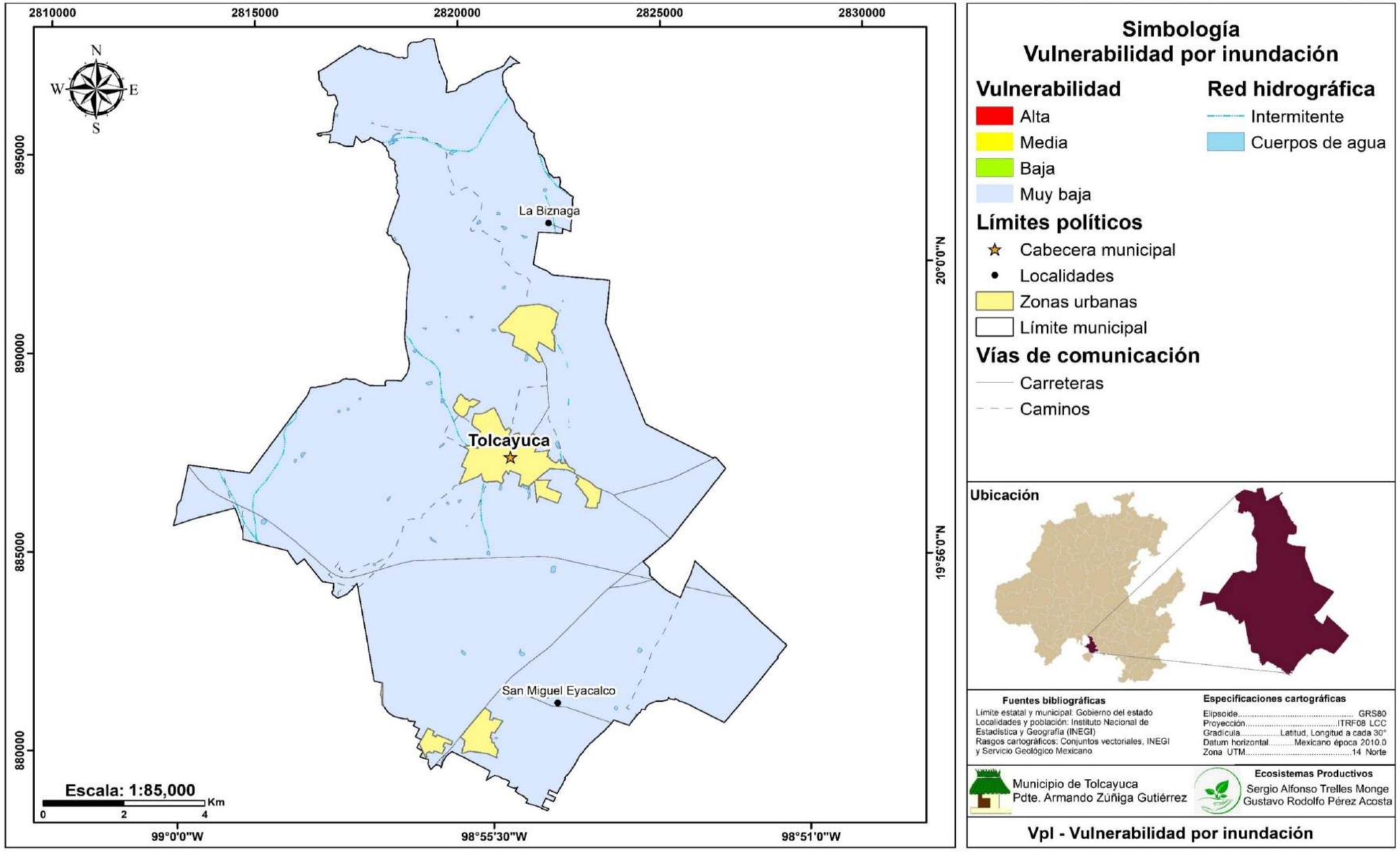
El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, presenta una vulnerabilidad muy baja ante fenómenos de inundación, debido a una combinación de factores geográficos, climáticos, sociales y urbanísticos. Su topografía mayormente plana y la ausencia de cuerpos de agua de gran envergadura contribuyen a que no se presenten acumulaciones significativas de agua superficial durante temporadas de lluvia. La región está menos expuesta a desbordamientos y encharcamientos, lo que disminuye considerablemente los riesgos asociados a las inundaciones.

El clima semiseco de Tolcayuca, con periodos de sequía durante el año, genera suelos que, aunque de capacidad moderada para absorber agua, no presentan los problemas de saturación típicos de otras zonas más vulnerables. Las lluvias intensas, aunque esporádicas, no suelen generar un volumen de agua suficiente para causar inundaciones graves debido a la capacidad natural del terreno para gestionar los escurrimientos. La presencia de zonas urbanas en áreas de menor altitud no ha generado una acumulación significativa de agua en la infraestructura existente, ya que el drenaje pluvial y la planificación urbana han sido adecuados para gestionar los volúmenes de agua en caso de lluvia.

En términos sociales, la vulnerabilidad muy baja se debe también a la limitada exposición de las áreas habitadas a los riesgos de inundación. Las comunidades en Tolcayuca no presentan altos niveles de marginación ni de pobreza extrema, lo que les permite acceder a recursos y medidas preventivas para gestionar posibles riesgos. Además, el municipio ha logrado mantener un crecimiento urbano relativamente ordenado, evitando asentamientos en zonas de alto riesgo, lo que contribuye a la reducción de la vulnerabilidad de la población.

La infraestructura de drenaje en Tolcayuca está diseñada para enfrentar lluvias de baja a moderada intensidad, lo que refuerza su capacidad para mitigar cualquier posible acumulación de agua. La comunidad también se ha involucrado en acciones preventivas, como la limpieza regular de canales y drenajes, lo que permite reducir los riesgos de inundación en áreas urbanas y rurales. Con estas características, la vulnerabilidad a las inundaciones en Tolcayuca es muy baja, lo que permite a los habitantes continuar con sus actividades cotidianas con una alta seguridad ante fenómenos meteorológicos de este tipo.

Mapa de vulnerabilidad por inundación



Periodos de retorno por inundación fluvial

El período de retorno, también denominado intervalo de recurrencia, es un concepto clave en hidrología que describe la probabilidad de que se produzca un evento extremo, como una inundación, dentro de un tiempo determinado. Este período se expresa comúnmente en años y hace referencia al promedio de años que transcurren entre dos eventos de igual o mayor magnitud. Por ejemplo, si se afirma que una inundación tiene un período de retorno de 100 años, esto significa que, en promedio, hay una probabilidad de que dicho evento ocurra una vez cada 100 años. Sin embargo, esto no asegura que suceda exactamente en ese tiempo: podría ocurrir dos veces en un solo año o no ocurrir durante dos siglos. La probabilidad asociada es fundamental: un período de retorno de 100 años implica una probabilidad del 1% de que la inundación suceda en cualquier año.

Cálculo del periodo de retorno

El cálculo del período de retorno se basa en el análisis de datos históricos de eventos extremos. Se ajustan distribuciones de probabilidad a los datos obtenidos de eventos previos (como lluvias máximas o magnitudes sísmicas) para estimar la frecuencia con la que podrían ocurrir eventos similares en el futuro. Este ajuste puede realizarse utilizando diversas distribuciones estadísticas, como Gumbel o Log-Pearson. A partir de estos datos, se obtiene la frecuencia de los eventos extremos y se calcula el período de retorno con la fórmula siguiente:

A través de estos datos, se determina la frecuencia de los eventos extremos y se calcula el periodo de retorno utilizando la siguiente fórmula básica:

$$T = \frac{n+1}{m}$$

donde:

T: es el periodo de retorno en años.

n: es el número total de observaciones de los eventos.

m: es el rango del evento, que corresponde al orden de ocurrencia del evento más extremo.

Importancia del Período de Retorno en el Diseño de Infraestructuras. El período de retorno es una herramienta crucial para la ingeniería hidráulica, ya que facilita el diseño de estructuras capaces de resistir eventos extraordinarios. Por ejemplo, al diseñar un puente sobre un río o un sistema de drenaje urbano, se pueden seleccionar diferentes períodos de retorno según el nivel de protección deseado. Si se busca una infraestructura que resista inundaciones más frecuentes, pero de menor intensidad, se puede optar por un período de retorno corto, como 10 o 25 años. Por otro lado, si la infraestructura debe soportar eventos extremos poco frecuentes, como grandes inundaciones, se utilizaría un período de retorno largo, como 100 o 500 años.

En resumen, el período de retorno es una herramienta estadística que ayuda a predecir y gestionar el riesgo asociado a eventos extremos, como las inundaciones fluviales, lo que facilita una adecuada planificación de infraestructuras y sistemas de mitigación.

Valores resultantes de los parámetros calculados para la obtención del gasto máximo dentro de la cuenca tributaria de la zona de interés.

Estimaciones para el Área de Tolcayuca.

De acuerdo con los anexos de la Guía de Contenido Mínimo para el Atlas de Riesgo, y utilizando las metodologías correspondientes al anexo 10.

El criterio utilizado para seleccionar los cauces a estudiar fue su proximidad a áreas habitadas, lo que permitió obtener los valores correspondientes al caudal máximo posible para cada período de retorno.

Tolcayuca se encuentra dentro de un área donde no se presentan ríos o algún flujo de agua con relevancia dentro del municipio. Para este caso se tomó como punto de fuga la parte alta del cauce principal de la red de drenaje con mayor proximidad a la cabecera municipal, de igual manera se toma como punto de interés la zona cercana a la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo. Estimando que la cuenca tributaria de la zona Centro tiene una extensión de 4.77 km², con un cauce principal de 4570.31 metros de longitud y una pendiente de 4.8 u.

Gracias al tipo de suelo y con base en la tabla de valores de escurrimiento de Aparicio. (1987), se condiciona el área de estudio con un coeficiente de escurrimiento de 0.13. A partir de estos parámetros, se calcula el tiempo de concentración de la cuenca en 0.12 horas.

Mientras que para el cauce Los Pinos los valores estimados pertenecen a una cuenca de 20.3 km² con un cauce principal de 9290.79 resultando con una pendiente de 2.46 u; por lo tanto su tiempo de concentración es de 0.26 hrs .

Con esta información, se diseña la intensidad de precipitación para 1 hora y 24 horas, tomando como referencia las isoyetas de la UNAM, con el objetivo de estimar la intensidad de lluvia de acuerdo con su período de retorno.

Valores resultantes del Cauce Centro, Tolcayuca

Valores de Intensidad PCPN en base a las ISOYETAS del Instituto de Ingeniería de la UNAM

INTENSIDAD DE PRECIPITACION			
T_R	Precipitación *(mm/hrs)*		
	hp 1	hp 24	hptc
2	25	40	32.94
5	40	60	34.70
10	50	70	36.35
20	50	90	41.17

50	60	90	51.17
100	65	120	48.82
200	80	105	59.70
500	80	150	65.88

Valores de PCPN para su periodo de incidencia en función del tiempo.

Intensidad PCPN	
T_R	Intensidad (mm/hrs)
2	283.61
5	298.80
10	312.97
20	354.50
50	440.60
100	420.32
200	514.03
500	567.19

Valores del gasto pico mediante el método racional

T_R	Gasto Pico (m^3/s)
2	6
5	6
10	6
20	7
50	9
100	8
200	10
500	13

Valores resultantes del Cauce Los Pinos, Tolcayuca.

Valores de Intensidad PCPN en base a las ISOYETAS del Instituto de Ingeniería de la UNAM

INTENSIDAD DE PRECIPITACION			
T_R	Precipitación *(mm/hrs)*		
	hp 1	hp 24	hptc
2	25	40	33.71
5	40	60	36.70
10	50	70	40.14
20	50	90	44.49
50	60	90	54.49
100	65	120	54.90
200	80	105	75.41
500	80	150	67.15

Valores de PCPN para su periodo de incidencia en función del tiempo.

Intensidad PCPN	
T_R	Intensidad (mm/hrs)
2	129.22
5	140.65
10	153.87
20	170.53
50	208.86
100	210.43
200	289.03
500	257.36

Valores del gasto pico mediante el método racional

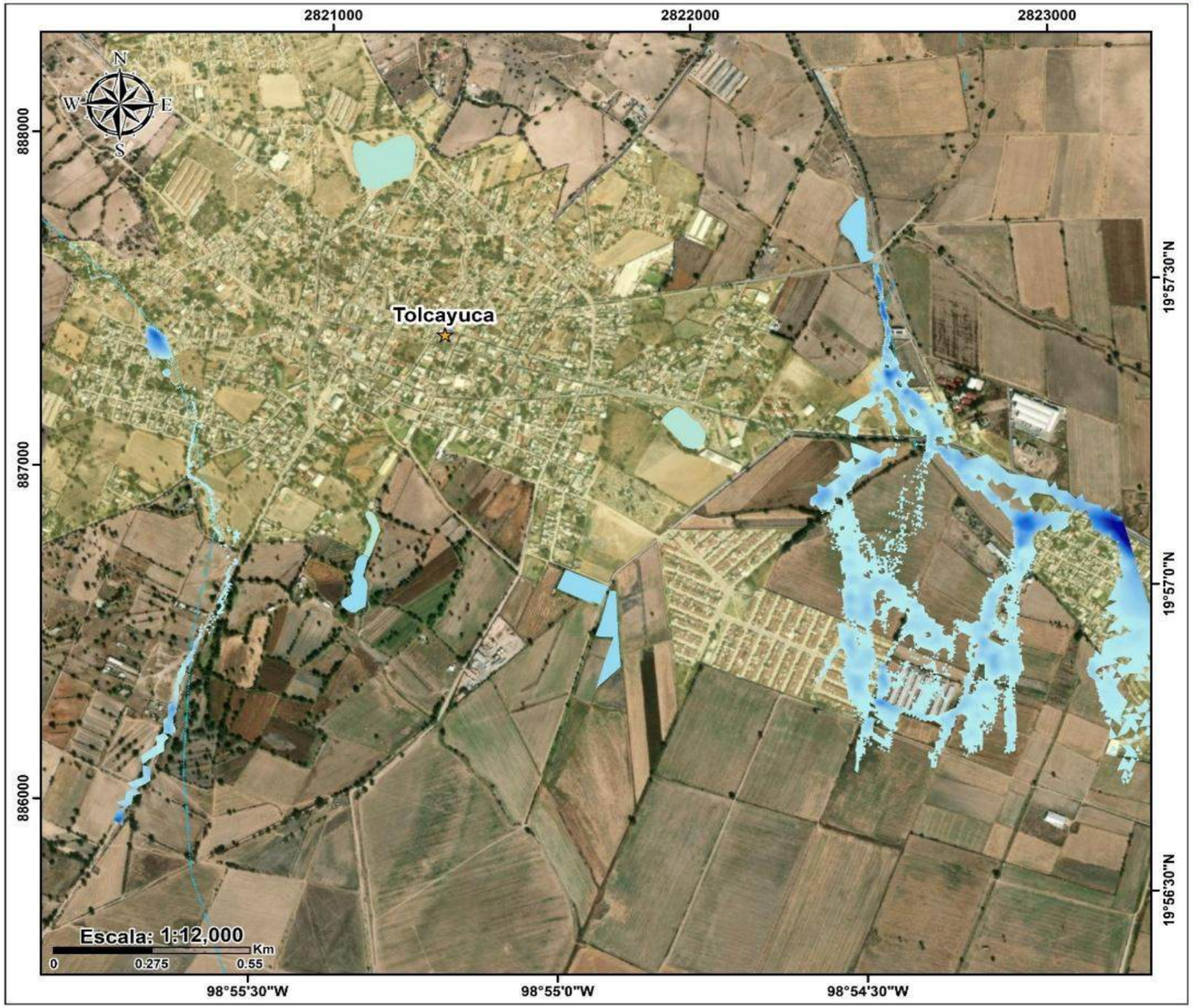
T_R	Gasto Pico (m^3/s)
2	25
5	27
10	29
20	33
50	40
100	40
200	45
500	49

Especificaciones Generales:

Se considera la influencia del relieve en la dinámica del flujo superficial y su impacto en la acumulación de agua en áreas urbanas. En la mayoría de los casos, los eventos de inundación en la región se manifiestan en forma de encharcamientos que no superan el metro de profundidad. La media de estos encharcamientos oscila entre los 40 y 60 cm, lo que, si bien no representa un riesgo catastrófico, sí puede generar afectaciones a la infraestructura vial y habitacional, así como dificultades en la movilidad urbana.

El tipo de relieve presente en la zona favorece el escurrimiento natural del flujo superficial. Esto significa que el agua tiende a desplazarse de manera eficiente hacia puntos de menor elevación, reduciendo la probabilidad de acumulaciones severas y mitigando el riesgo de inundaciones de gran magnitud. Sin embargo, en zonas con infraestructura deficiente de drenaje pluvial, los encharcamientos pueden prolongarse y generar afectaciones a la población. Los escenarios de encharcamiento en zonas pobladas son consecuencia tanto de la topografía regional como de la capacidad del drenaje urbano para evacuar el agua de lluvia. Dado que el relieve permite un flujo natural eficiente, las acciones de mitigación deben centrarse en mejorar la infraestructura hidráulica y en la implementación de estrategias de manejo del agua pluvial para minimizar los impactos de estos eventos.

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 2 años



Simbología

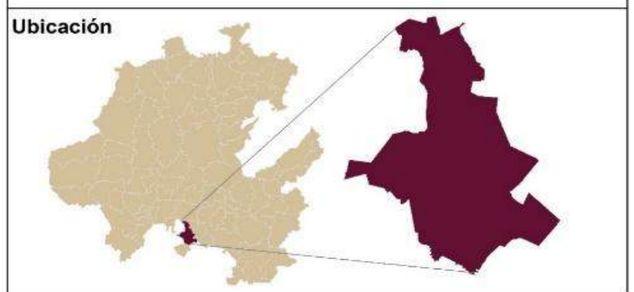
Calado (m)
1.0
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

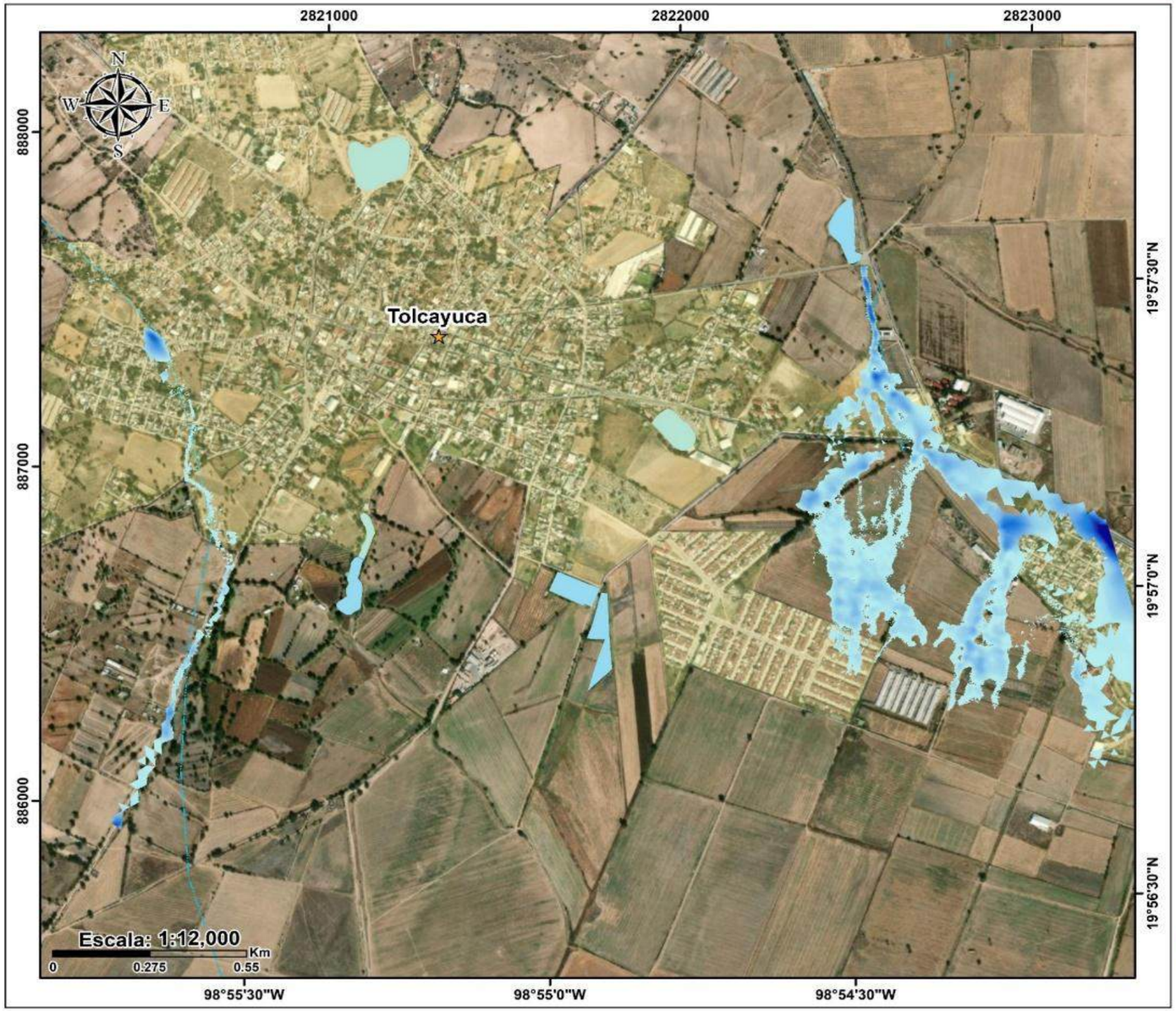
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR2a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 2 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 5 años



Simbología

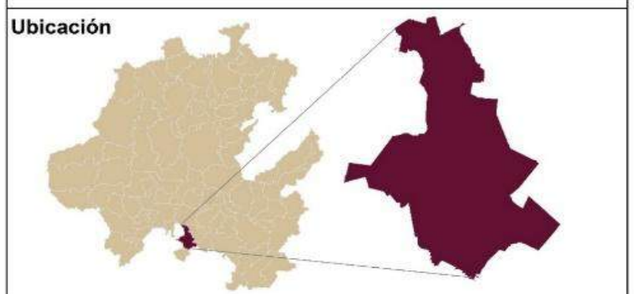
Calado (m)
1.1
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

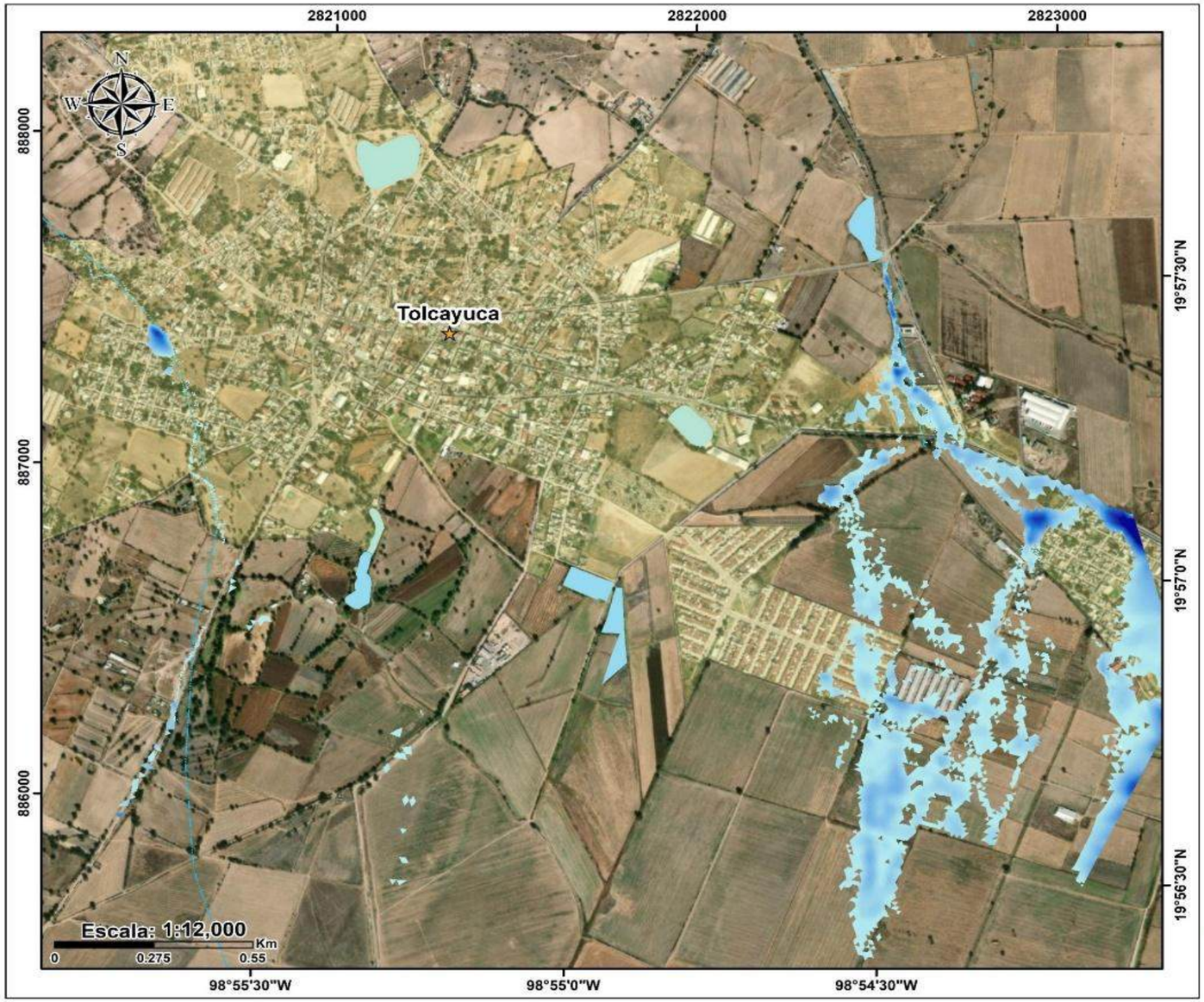
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR5a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 5 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 10 años



Simbología

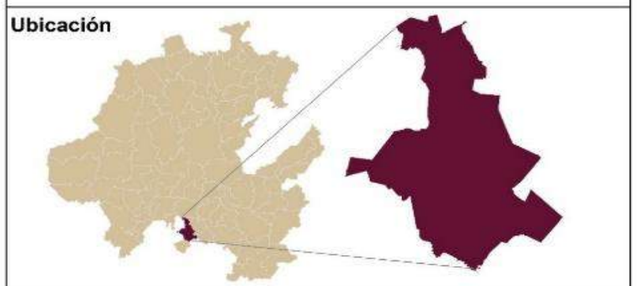
Calado (m)
1.50
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

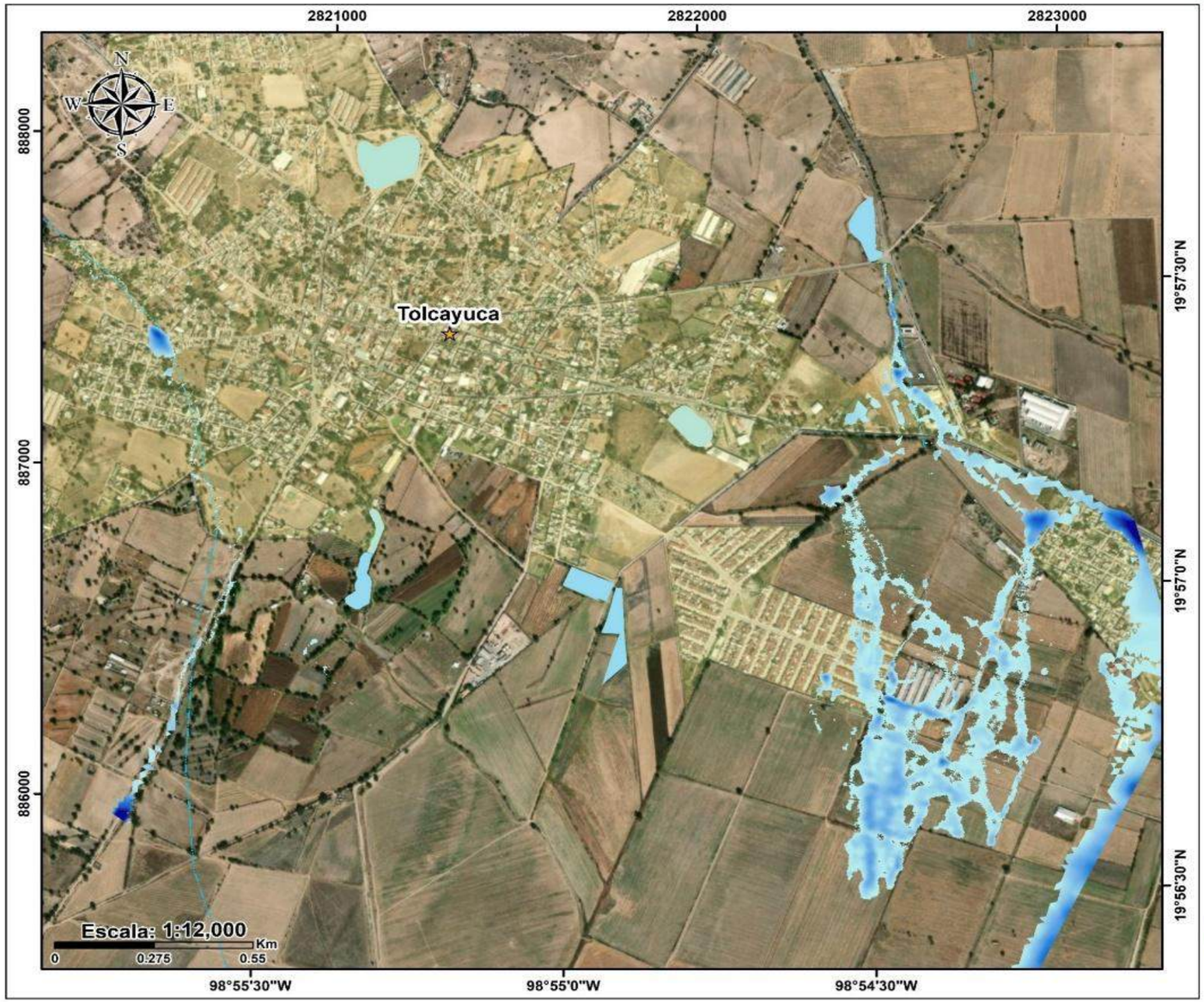
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR10a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 10 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 20 años



Simbología

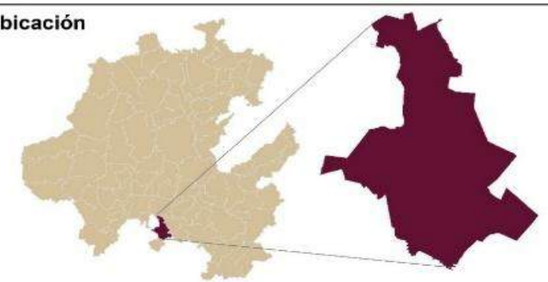
Calado (m)
1.50
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

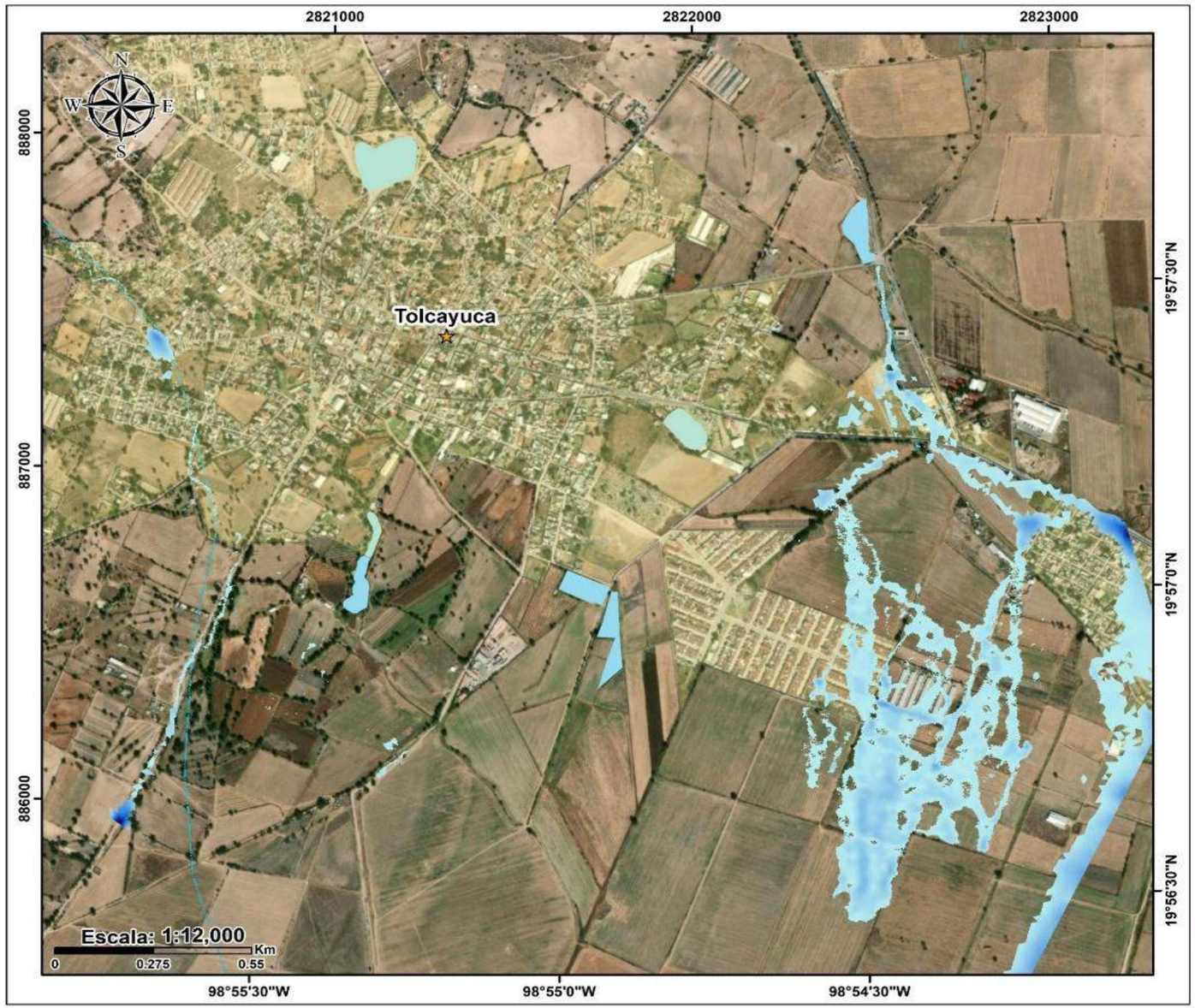
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR20a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 20 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 50 años



Simbología

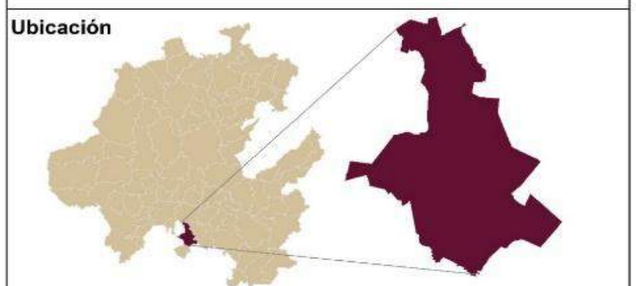
Calado (m)
1.60
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

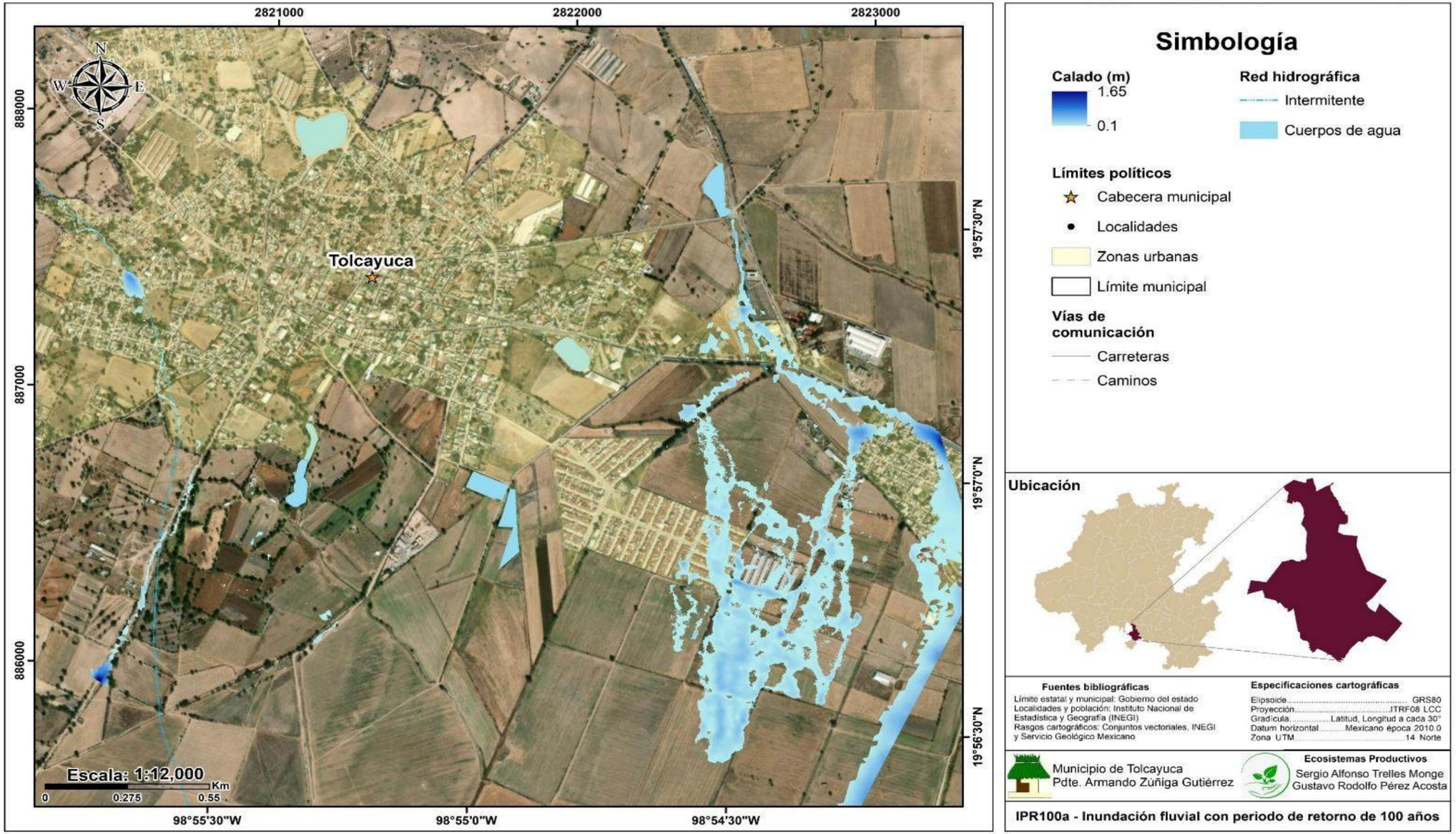
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR50a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 50 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 100 años



Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 200 años

Simbología

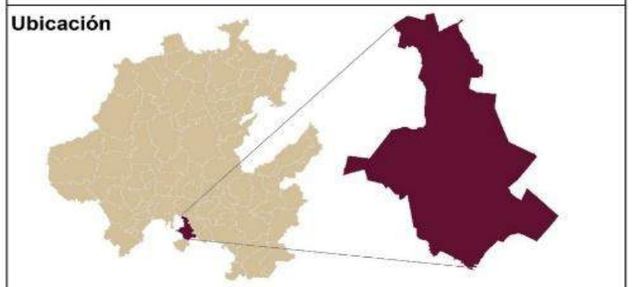
Calado (m)
2.0
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

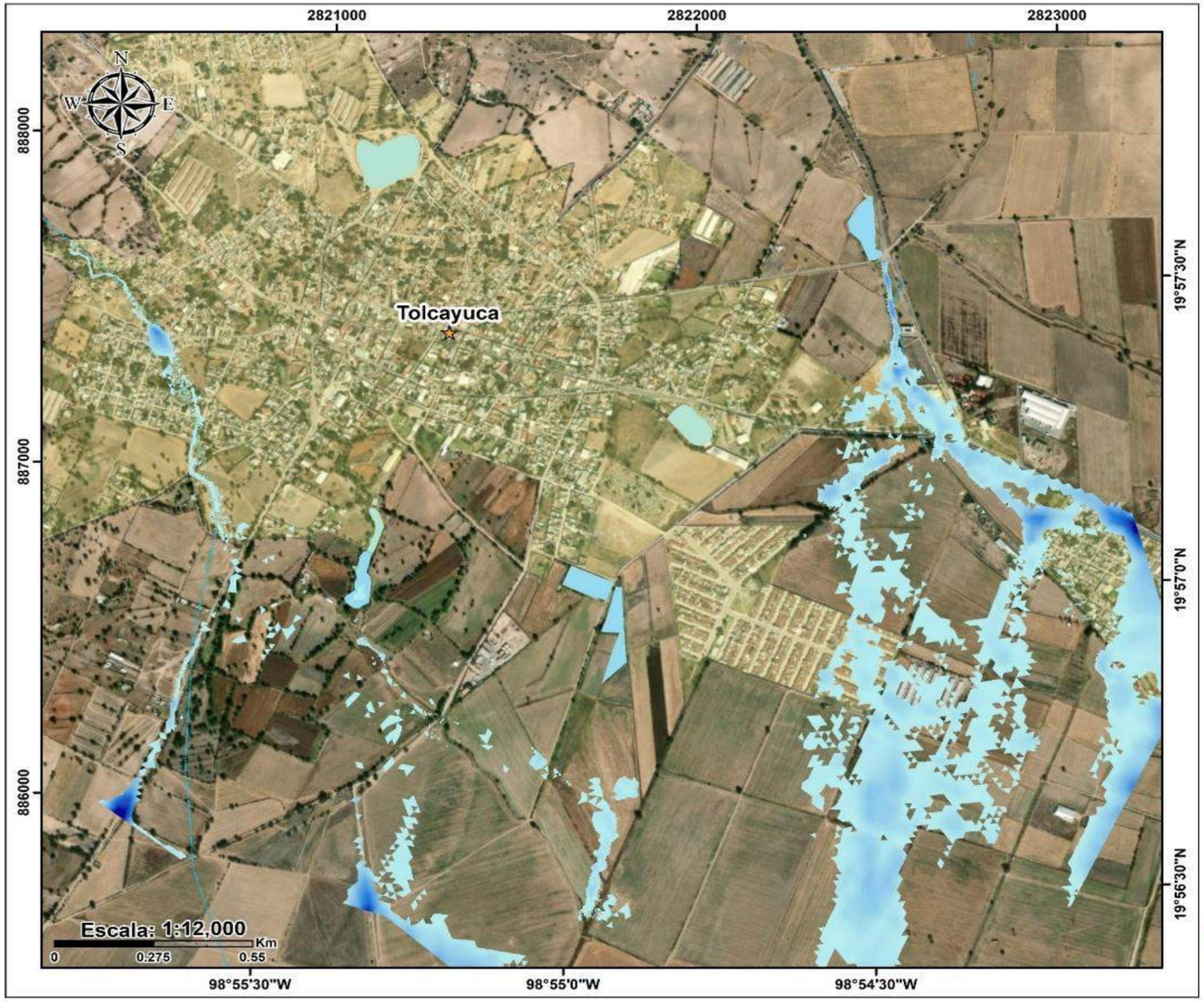
Especificaciones cartográficas
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR200a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 200 años

Mapa de inundación fluvial con periodo de retorno de 500 años



Simbología

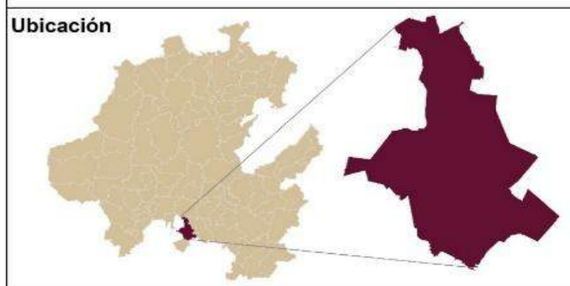
Calado (m)
2.20
0.1

Red hidrográfica
Intermitente
Cuerpos de agua

Límites políticos
Cabecera municipal
Localidades
Zonas urbanas
Límite municipal

Vías de comunicación
Carreteras
Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas
Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas
Elipsoide GRS80
Proyección ..... ITRF08 LCC
Gradícula ..... Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal ..... Mexicano época 2010.0
Zona UTM ..... 14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IPR500a - Inundación fluvial con periodo de retorno de 500 años

Peligro por encharcamiento

El encharcamiento en Tolcayuca, Hidalgo, es un fenómeno recurrente que ha causado diversas complicaciones en la infraestructura del municipio y ha afectado la calidad de vida de sus habitantes., lo que genera la acumulación de agua en calles, terrenos agrícolas y áreas urbanas. El encharcamiento se ha convertido en una preocupación importante debido a las consecuencias que conlleva para la salud pública, la economía local y el desarrollo urbano de la región.

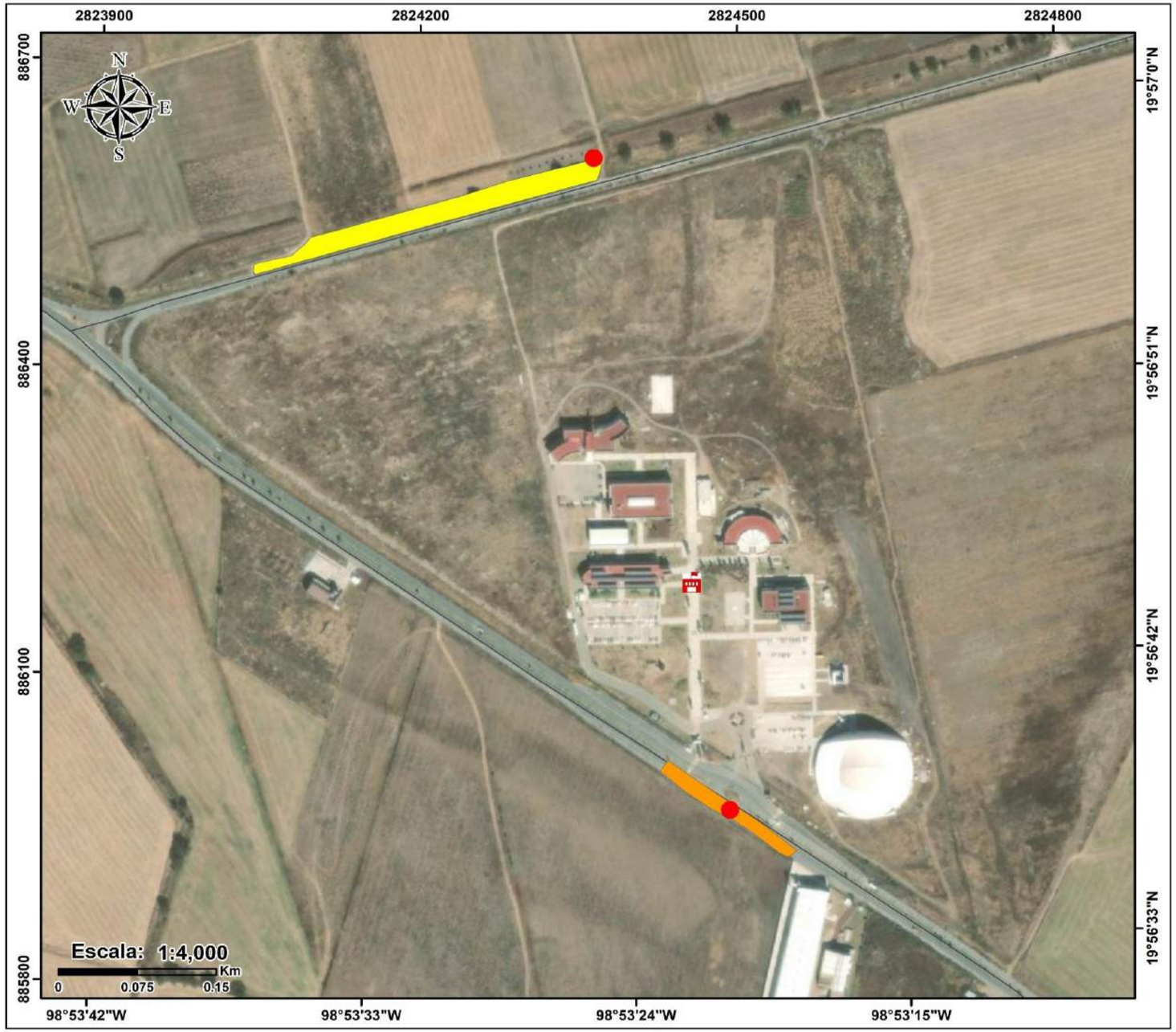
Una de las principales causas del encharcamiento en Tolcayuca es la deficiente infraestructura de drenaje pluvial. Muchas de las calles y comunidades no cuentan con sistemas de drenaje adecuados o, en su defecto, los existentes están obstruidos o mal mantenidos, lo que dificulta la evacuación del agua de lluvia. Esto provoca que las calles se inunden rápidamente, generando caos en el tránsito vehicular y peatonal. Además, la falta de sistemas de drenaje eficientes agrava la situación, ya que el agua estancada se mantiene por largos periodos, lo que aumenta el riesgo de inundaciones en viviendas cercanas y en áreas de cultivo, afectando tanto a las personas como a la actividad agrícola que caracteriza al municipio.

En los siguientes mapas se presentan los puntos de encharcamiento, así como la zona afectada y el nivel de peligro el cual se caracterizó en muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, dependiendo del tirante de agua. De igual forma se incluye los sitios de interés público y carreteras, con la finalidad de una mejor representación del mapa y poder identificar las zonas de peligro y las zonas de afectación.

En la siguiente imagen, se representa el peligro por encharcamiento en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo, en donde por falta de un correcto drenaje y alcantarillado, se encharca el agua sobre la carreta y a un costado de la universidad.

En este caso, el agua se encharca a un costado de la universidad, como podemos observar el tirante de agua alcanza hasta más de 20cm. Este problema se presenta principalmente durante la temporada de lluvias, cuando las precipitaciones intensas no pueden ser absorbidas por el suelo ni drenadas adecuadamente, además de la problemática con las bacterias e insectos que se pueden originar por el encharcamiento.

Mapa de peligro por encharcamiento, UPMH



Simbología

Peligro por encharcamientos

- Puntos de encharcamientos
- Medio
- Alto

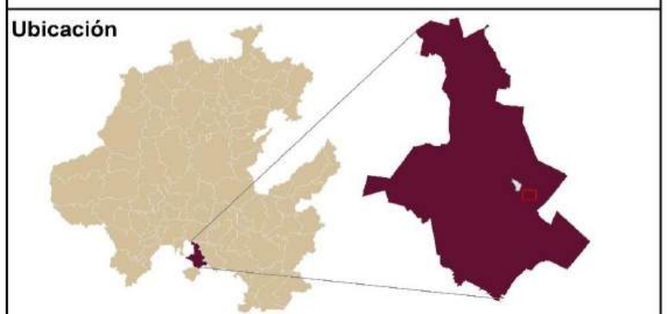
Sitios de interés público

- Escuela

Vías de comunicación

- Carreteras

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Ppe - Peligro por encharcamiento

Vulnerabilidad por encharcamiento

La vulnerabilidad se refiere a la exposición y sensibilidad de un área o población a un evento específico, así como a la capacidad de respuesta y adaptación frente a dicho evento. La vulnerabilidad se ve influenciada por diversos factores como la ubicación geográfica, las condiciones socioeconómicas, la infraestructura disponible, el acceso a servicios básicos, y el conocimiento sobre el riesgo.

La vulnerabilidad por encharcamiento se refiere a la susceptibilidad de una determinada área, comunidad o sistema a sufrir daños o impactos negativos debido a la acumulación excesiva de agua o inundaciones. Esta vulnerabilidad puede variar según una serie de factores y condiciones específicas de cada situación. Los aspectos que contribuyen a la vulnerabilidad por encharcamiento son la ubicación geográfica puesto que son naturalmente más propensas a inundaciones debido a su ubicación cerca de cuerpos de agua, en zonas bajas o en áreas propensas a deslizamientos de tierra.

La vulnerabilidad por encharcamiento en Tolcayuca se ve incrementada por varios factores, entre ellos:

1. **Condiciones geográficas y climáticas**: Tolcayuca se encuentra en una región que experimenta lluvias fuertes durante la temporada de tormentas, lo que aumenta el riesgo de que las infraestructuras de drenaje no sean suficientes para absorber la cantidad de agua caída.
2. **Deficiencias en infraestructura**: El sistema de drenaje en muchas áreas del municipio no ha sido modernizado ni ampliado para enfrentar el rápido crecimiento urbano y las nuevas demandas de la población. Esto provoca que, en épocas de lluvia, las calles y avenidas se inunden, creando problemas de encharcamiento.
3. **Falta de planificación urbana**: La urbanización de algunas áreas de Tolcayuca ha sido desordenada, sin considerar adecuadamente el impacto de la construcción de viviendas y edificios sobre los recursos naturales, como los drenajes naturales y la permeabilidad del suelo. Esto contribuye a que las aguas pluviales no se filtren adecuadamente y se acumulen en el espacio urbano.

En los siguientes mapas se observa la vulnerabilidad por encharcamiento en la Universidad Politécnica Metropolitana de Hidalgo principalmente las vialidades afectadas, vialidades o sitios de interés público como escuelas, con la finalidad de representar la zona de encharcamiento y la zona de afectación.

Mapa de vulnerabilidad por encharcamiento, UPMH

Simbología

Vulnerabilidad

- Vialidades vulnerables
- Lotes vulnerables

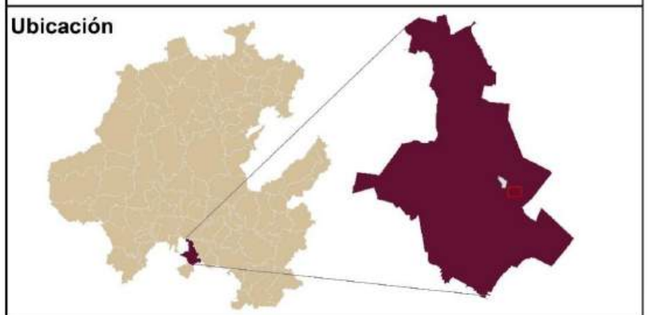
Sitios de interés público

- Escuela

Vías de comunicación

- Carreteras

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Vpe - Vulnerabilidad por encharcamientos

Riesgo por encharcamiento

El riesgo por encharcamiento en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, es una preocupación constante debido a las características geográficas y climáticas de la región. Este encharcamiento, que se da principalmente en calles y caminos, no solo genera inconvenientes para la movilidad, sino que también pone en riesgo la infraestructura urbana, afecta la salud pública por el estancamiento de aguas sucias y puede dañar cultivos y propiedades.

Es importante distinguir entre encharcamiento e inundación, dos fenómenos que, aunque sean similares, presentan diferencias significativas. El encharcamiento se refiere a la acumulación de agua en una zona, generalmente superficial y de corta duración, causada por lluvias intensas o fallas en el sistema de drenaje. Suele ocurrir en áreas urbanas, donde la capacidad de absorción del suelo es limitada o el drenaje no tiene la capacidad suficiente para evacuar el agua rápidamente. En contraste, la inundación es un fenómeno más grave, donde grandes volúmenes de agua cubren áreas extensas, afectando terrenos agrícolas, viviendas y zonas de alto riesgo. Las inundaciones pueden durar más tiempo y requieren una mayor intervención para su control y prevención.

El encharcamiento, si bien no suele ser tan devastador como una inundación, representa un desafío para la infraestructura y la seguridad de la comunidad, y requiere de medidas preventivas y correctivas como la mejora en el drenaje y la planificación urbana adecuada.

En el siguiente mapa, se representa el riesgo por encharcamiento en diferentes zonas del municipio de Tolcayuca, en donde se ven afectadas vialidades, sitios de interés público, viviendas, etc. se muestra el punto de encharcamiento, zona de encharcamiento, peligro por encharcamiento el cual es categorizado en muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo, dependiendo del tirante de agua. De igual forma se encuentran las vialidades vulnerables afectadas, también los lotes vulnerables, en donde podemos observar las principales viviendas o zonas afectadas que se encuentran alrededor de la zona de encharcamiento.

Es importante para una mejor representación del mapa, integrar carreteras, sitios de interés público que en este caso es la universidad, de esta forma podemos observar el riesgo y las afectaciones que provoca en viviendas y vialidades.

Mapa de riesgo por encharcamiento, UPMH

Simbología

Peligro

- Punto de encharcamientos
- Medio
- Alto

Vulnerabilidad

- Vialidades vulnerables
- Lotes vulnerables

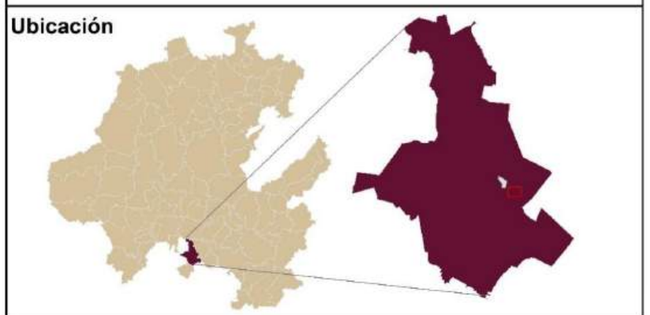
Sitios de interés público

- Escuela

Vías de comunicación

- Carreteras

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Rpe - Riesgo por encharcamientos

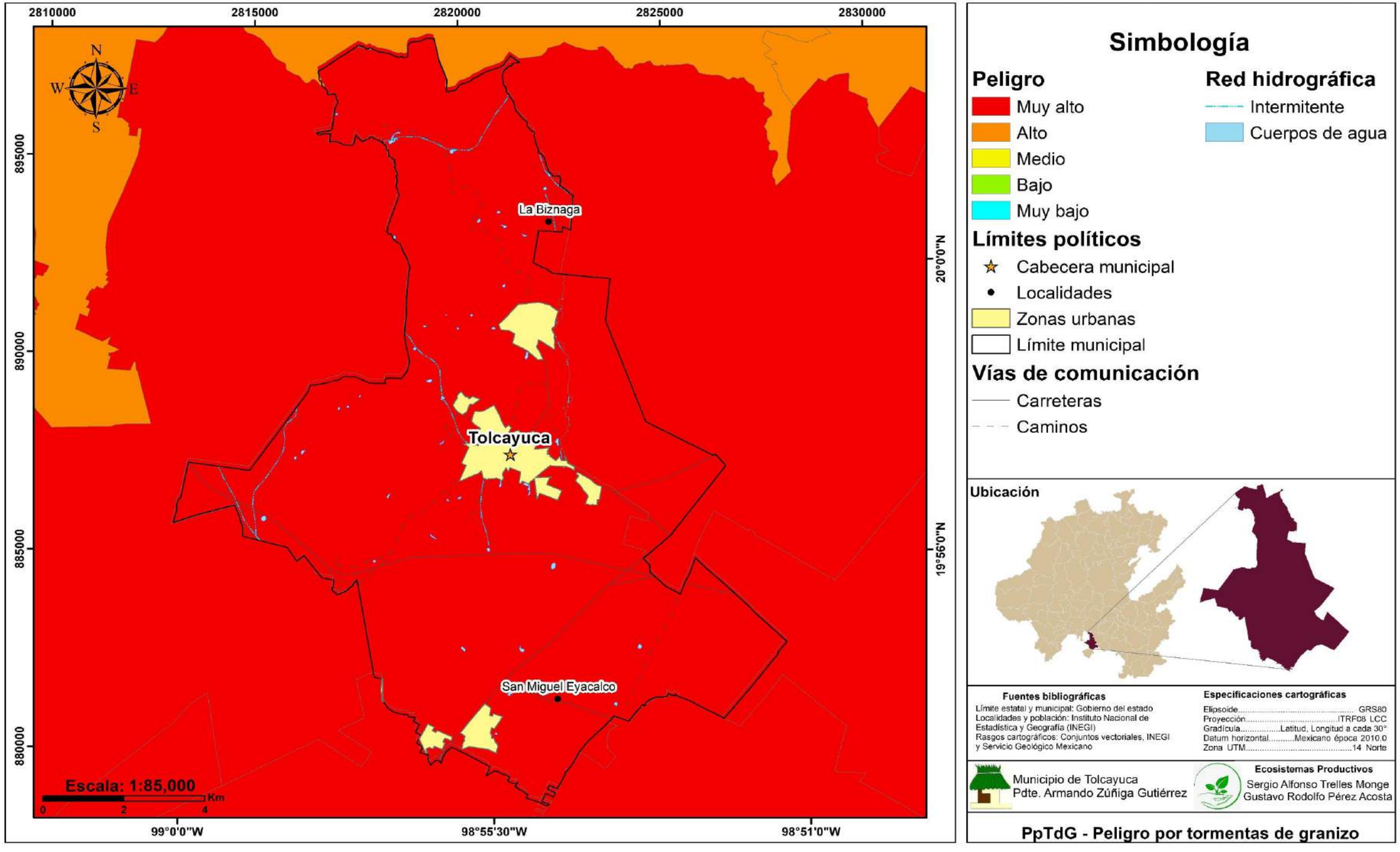
Peligro por tormenta de granizo

El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un peligro muy alto ante la ocurrencia de tormentas de granizo, un fenómeno meteorológico extremo que se caracteriza por la caída de fragmentos de hielo de tamaño considerable durante tormentas severas. Este tipo de tormentas es común en muchas partes de México, especialmente en zonas que experimentan variabilidad climática durante la temporada de lluvias, que va de mayo a octubre. En el caso de Tolcayuca, la localización geográfica y las condiciones meteorológicas propias de la región incrementan el riesgo de estos eventos, debido a la interacción entre los frentes fríos provenientes del norte y las altas temperaturas propias de la temporada de verano. El granizo se forma cuando las corrientes ascendentes dentro de una tormenta de granizo logran mantener las gotas de agua a gran altura dentro de las nubes, donde las temperaturas son lo suficientemente bajas como para que el agua se congele. A medida que estas gotas congeladas suben y bajan dentro de la nube, aumentan de tamaño hasta que se hace imposible que las corrientes de aire las sostengan, causando su caída en forma de bolas de hielo. En Tolcayuca, estas tormentas pueden presentar un peligro significativo debido a la intensidad de los vientos asociados, que pueden superar los 70 km/h y desplazarse a gran velocidad. Esto provoca no solo la caída de granizo de diversos tamaños, sino también daños considerables a la infraestructura, viviendas, vehículos y cultivos agrícolas. La incidencia de tormentas de granizo en Tolcayuca está vinculada a la actividad convectiva de la atmósfera durante la temporada de lluvias. Las temperaturas cálidas que se generan en las zonas urbanas y rurales, junto con la humedad generada por el sistema hidrológico local, favorecen la formación de nubes de gran desarrollo vertical, capaces de generar tormentas de granizo. Estas tormentas no solo impactan los cultivos de maíz, frijol, hortalizas y otros productos agrícolas, sino que también representan un peligro para las personas, ya que el granizo de gran tamaño puede causar lesiones graves.

El peligro muy alto asociado con las tormentas de granizo se refleja en la frecuencia e intensidad con que estos eventos se presentan, lo que conlleva riesgos para la seguridad pública, la economía local y el medio ambiente. Los daños a la infraestructura pueden incluir la destrucción parcial de techos, ventanas rotas, daños a vehículos y sistemas de energía eléctrica debido a la caída de árboles y postes. Además, los cultivos pueden resultar devastados, afectando gravemente a los productores locales y contribuyendo a la inseguridad alimentaria en áreas vulnerables.

Dado el alto peligro que representan las tormentas de granizo en Tolcayuca, es esencial que la comunidad se prepare adecuadamente para mitigar sus efectos.

Mapa de peligro por tormentas de granizo



Riesgo por tormenta de granizo

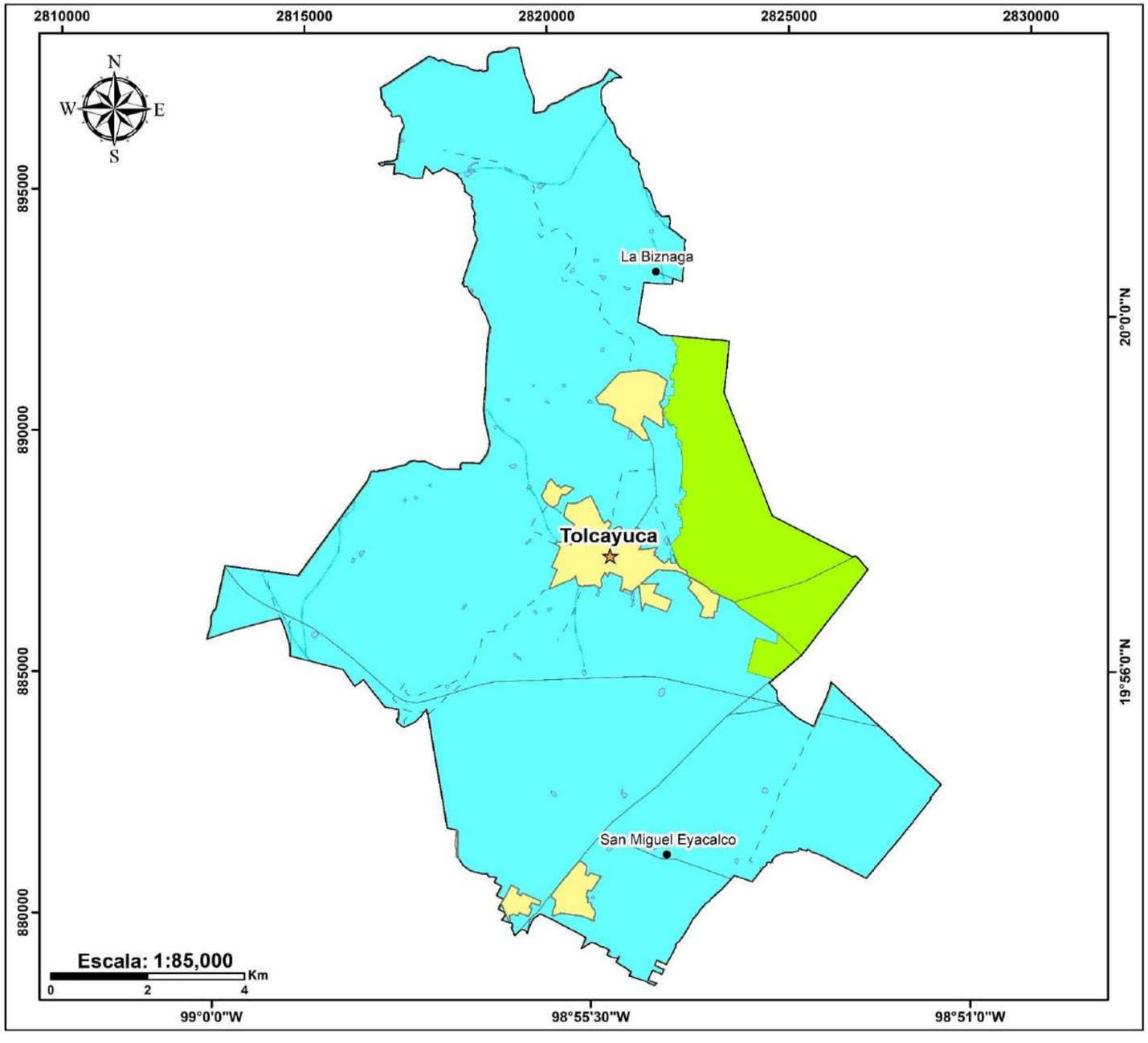
El municipio de Tolcayuca, Hidalgo, presenta un riesgo muy bajo ante la ocurrencia de tormentas de granizo, debido a su ubicación geográfica y a las características climáticas de la región. Aunque las tormentas de granizo son fenómenos meteorológicos que se generan cuando las gotas de agua se congelan dentro de nubes de tormenta y caen al suelo como fragmentos de hielo, en Tolcayuca este tipo de eventos son poco frecuentes y, cuando ocurren, son de baja intensidad.

Las tormentas de granizo suelen formarse en condiciones atmosféricas específicas, donde existen fuertes corrientes de aire ascendente y temperaturas lo suficientemente bajas en las nubes como para congelar el agua. Sin embargo, en Tolcayuca, la combinación de su altitud moderada y la ubicación alejada de zonas de gran inestabilidad climática hace que las condiciones para la formación de granizo sean menos propensas en comparación con otras regiones más afectadas por este fenómeno. Si bien las lluvias fuertes pueden ser comunes durante la temporada de verano, las tormentas severas con granizo no son un riesgo significativo para el municipio.

El riesgo muy bajo implica que las tormentas de granizo no representan una amenaza importante para la población ni la infraestructura local. Aunque se pueden presentar episodios aislados, estos eventos no suelen causar daños significativos. Las afectaciones potenciales de granizo en Tolcayuca son limitadas y en su mayoría se limitan a pequeños daños en cultivos sensibles, como frutas o hortalizas, sin representar un peligro mayor para la seguridad de los habitantes.

Si bien las probabilidades de que se presenten tormentas de granizo en Tolcayuca son mínimas, se recomienda que la población se mantenga informada sobre los pronósticos meteorológicos, especialmente durante la temporada de lluvias, para poder tomar precauciones en caso de eventos climáticos más severos. Sin embargo, en general, el riesgo de tormentas de granizo en esta región es muy bajo y no constituye una preocupación significativa para la comunidad.

Mapa de riesgo por tormentas de granizo



Simbología
Riesgo por tormentas de granizo

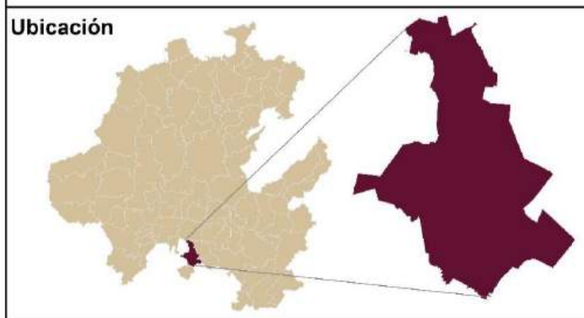
Riesgo
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpTdG - Riesgo por tormentas de granizo

Peligro por tormentas de nieve

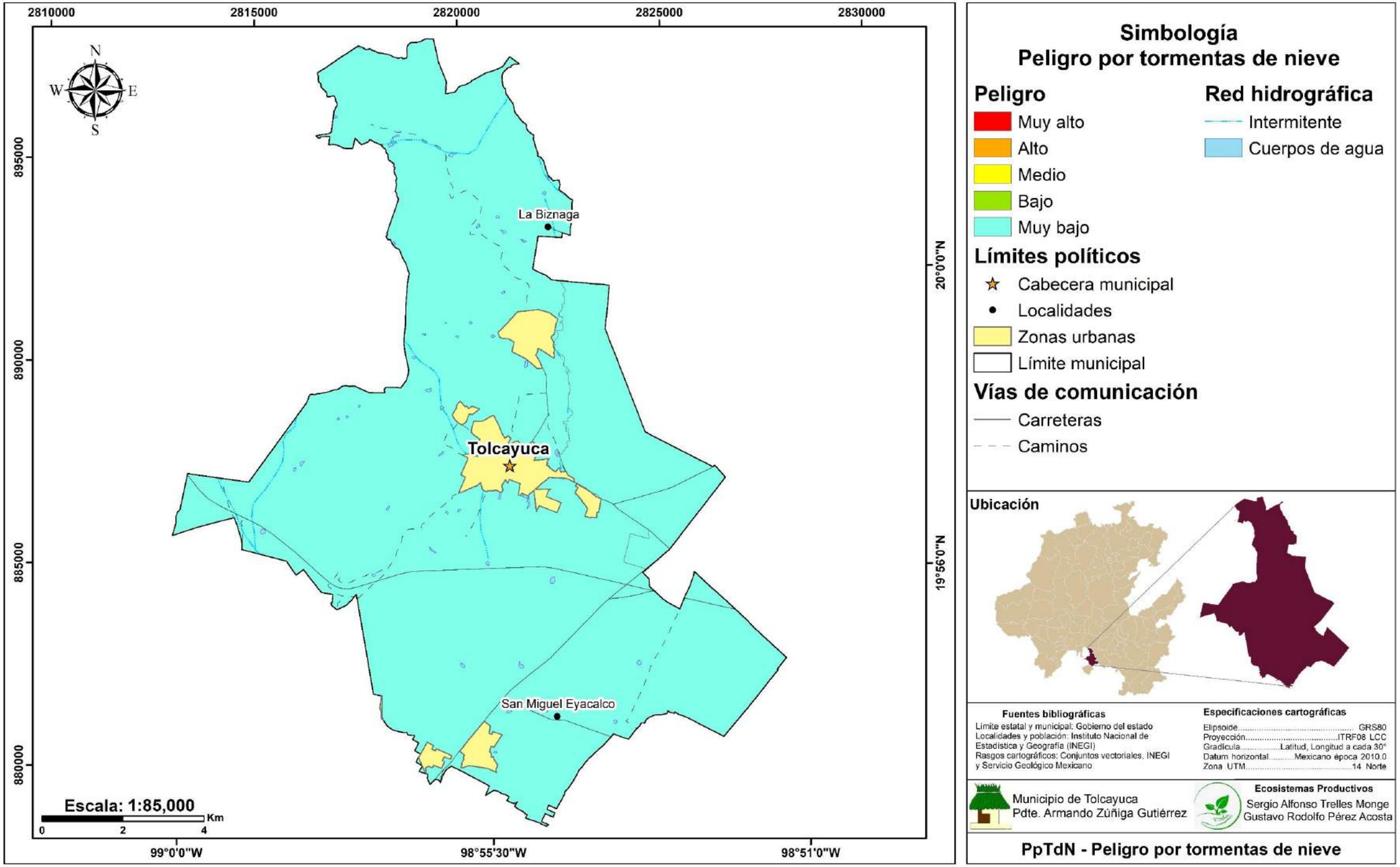
En el municipio de Tolcayuca, el peligro por tormentas de nieve es muy bajo debido a su ubicación geográfica y a las condiciones climáticas predominantes en la región. Tolcayuca se encuentra en una zona de altitud moderada dentro del estado de Hidalgo, donde las temperaturas invernales rara vez descienden lo suficiente como para permitir la acumulación de nieve.

Si bien en algunos inviernos pueden registrarse temperaturas frías, especialmente durante la influencia de frentes fríos y masas de aire polar, la probabilidad de que ocurran tormentas de nieve es mínima. En casos excepcionales, podrían presentarse heladas y ligeras precipitaciones invernales en las zonas más elevadas del municipio, pero sin alcanzar condiciones de nevada significativa.

Debido a este contexto climático, los impactos derivados de las tormentas de nieve, como el bloqueo de caminos, afectaciones a cultivos o interrupciones en el suministro de energía, no representan una preocupación para Tolcayuca. Sin embargo, las bajas temperaturas pueden generar otros efectos, como la formación de hielo en superficies y el descenso en la sensación térmica, lo que puede afectar a la población más vulnerable.

A pesar del peligro muy bajo asociado a este fenómeno, es recomendable mantener medidas preventivas ante eventos de frío extremo, como el seguimiento de pronósticos meteorológicos y la protección de infraestructura susceptible a temperaturas bajas.

Mapa de peligro por tormentas de nieve



Riesgo por tormentas de nieve

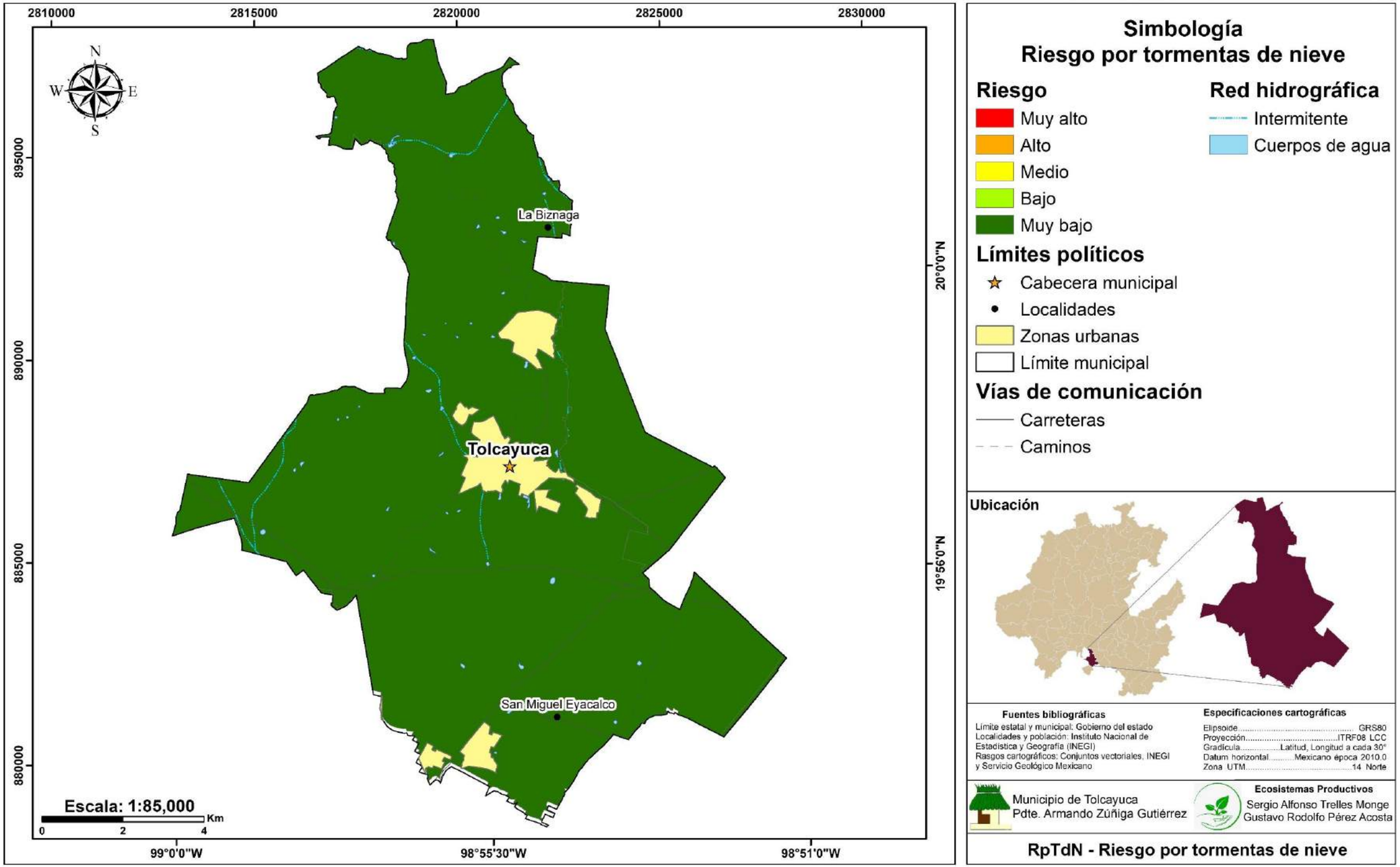
En el municipio de Tolcayuca, el riesgo por tormentas de nieve es muy bajo, ya que las condiciones climáticas de la región no favorecen la ocurrencia de este fenómeno. A pesar de que en invierno pueden registrarse temperaturas frías debido a la influencia de frentes fríos y masas de aire polar, la probabilidad de que se presenten nevadas es mínima y, en caso de ocurrir, su impacto sería insignificante.

El relieve del municipio y su altitud moderada limitan la formación y acumulación de nieve, lo que reduce la posibilidad de afectaciones en la infraestructura, movilidad y actividades económicas. En casos aislados, las bajas temperaturas pueden generar la presencia de heladas o capas delgadas de hielo en superficies, pero sin representar un riesgo significativo para la población.

Debido a la baja frecuencia e intensidad de estos eventos en Tolcayuca, las afectaciones esperadas son prácticamente nulas. Sin embargo, es recomendable mantener medidas preventivas generales ante el frío extremo, como la protección de cultivos sensibles a bajas temperaturas, el resguardo de ganado y la atención a sectores vulnerables de la población.

Gracias a estas condiciones, el riesgo asociado a tormentas de nieve en Tolcayuca se considera muy bajo, sin representar una amenaza para el desarrollo cotidiano del municipio.

Mapa de riesgo por tormentas de nieve



Peligro por tormenta eléctrica

El peligro por tormentas eléctricas se refiere a los riesgos asociados con la actividad eléctrica generada durante tormentas, como los rayos, los vientos fuertes y las lluvias intensas. Los rayos pueden causar incendios, daños a la infraestructura, electrocutar personas o animales y destruir equipos electrónicos.

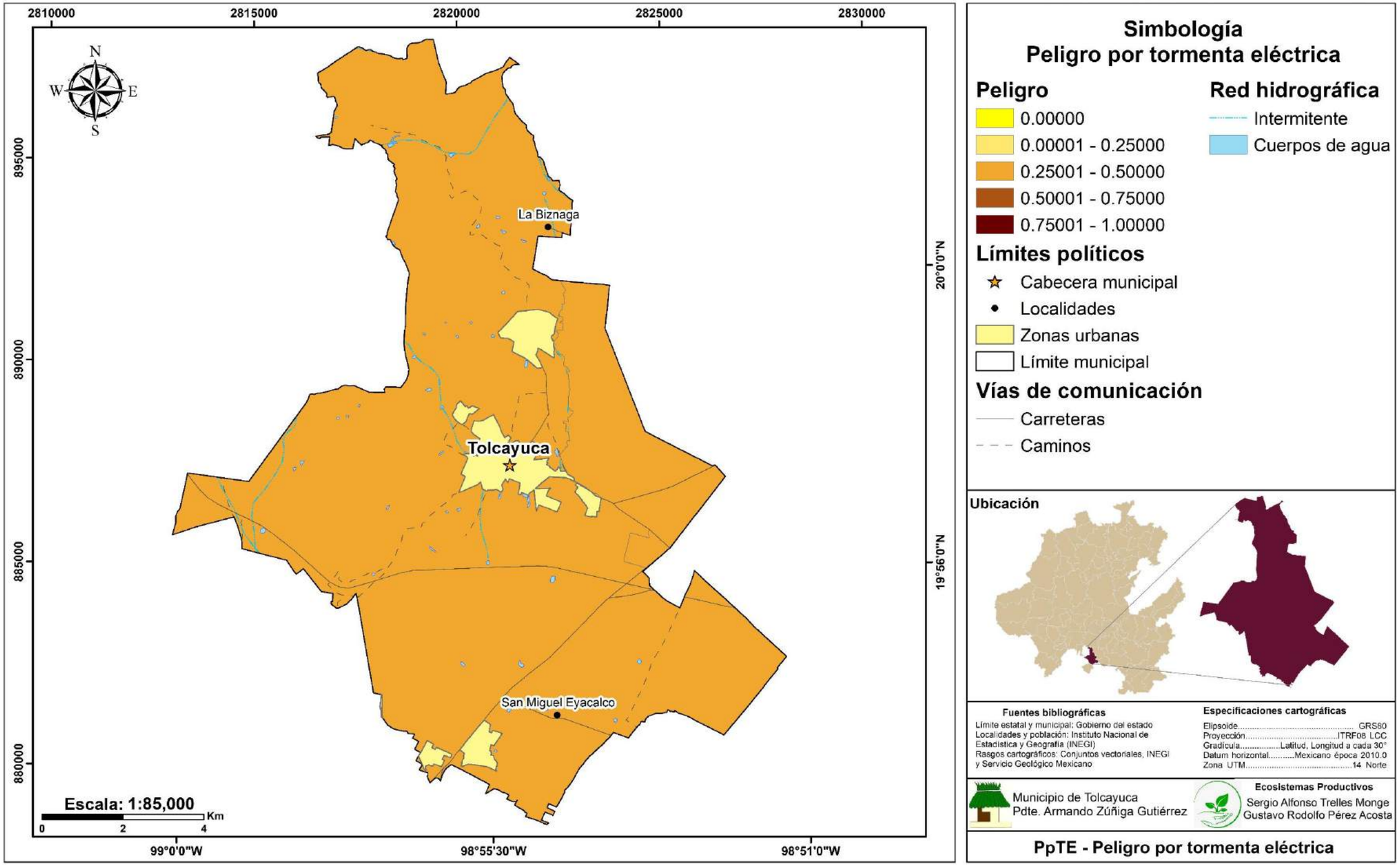
En el municipio de Tolcayuca, las tormentas eléctricas representan un peligro moderado, con un nivel de amenaza estimado entre 0.25001 y 0.50000. Estas tormentas, caracterizadas por descargas eléctricas, ráfagas de viento y precipitaciones variables, pueden presentarse principalmente durante la temporada de lluvias, que abarca los meses de mayo a octubre.

La ubicación geográfica de Tolcayuca, en la región sur del estado de Hidalgo, influye en la formación de estos fenómenos, ya que la interacción entre las masas de aire cálido y húmedo provenientes del golfo de México y las condiciones locales del relieve favorecen la presencia de actividad eléctrica en la atmósfera. Sin embargo, la frecuencia e intensidad de estos eventos no suelen alcanzar niveles críticos, aunque pueden generar impactos en la infraestructura y en las actividades al aire libre.

Los principales efectos asociados a las tormentas eléctricas en Tolcayuca incluyen la caída de rayos, que pueden representar un riesgo para personas y estructuras expuestas, así como la posibilidad de interrupciones en el suministro eléctrico y afectaciones menores en caminos y cultivos. A pesar de ello, el impacto general de este fenómeno se mantiene dentro de rangos manejables, sin representar una amenaza severa para la población.

El monitoreo meteorológico y la aplicación de medidas preventivas, como evitar espacios abiertos durante una tormenta, asegurar estructuras vulnerables y mantener protocolos de seguridad en instalaciones eléctricas, son estrategias clave para reducir los posibles efectos adversos de este fenómeno en la región.

Mapa de peligro por tormenta eléctrica



Vulnerabilidad por tormenta eléctrica

La vulnerabilidad por tormentas eléctricas hace referencia a la exposición y susceptibilidad de las personas, infraestructuras y ecosistemas frente a los efectos destructivos de este tipo de fenómenos meteorológicos. Las tormentas eléctricas, que incluyen rayos, fuertes lluvias, vientos intensos y, en ocasiones, tornados, pueden generar consecuencias graves como incendios provocados por rayos, daños estructurales, inundaciones y pérdidas humanas. La vulnerabilidad se determina por una serie de factores, tanto naturales como sociales y económicos, que afectan la capacidad de una comunidad para resistir, absorber y recuperarse de los impactos de una tormenta eléctrica (UNISDR, 2009).

Las regiones con frecuentes tormentas eléctricas y las comunidades con recursos limitados o infraestructura deficiente son más vulnerables. La falta de edificios resistentes y sistemas de alerta temprana aumenta el riesgo de daños graves durante las tormentas eléctricas (Kappes et al., 2012).

Por otro lado, el cambio climático ha sido identificado como un factor que podría aumentar la intensidad y frecuencia de las tormentas eléctricas en ciertas regiones, lo que contribuye a una mayor vulnerabilidad. Un estudio realizado por los investigadores del clima sugiere que los patrones meteorológicos más extremos, que incluyen tormentas eléctricas más intensas, podrían estar relacionados con el calentamiento global, lo que hace que las comunidades más vulnerables enfrenten un riesgo aún mayor (IPCC, 2021).

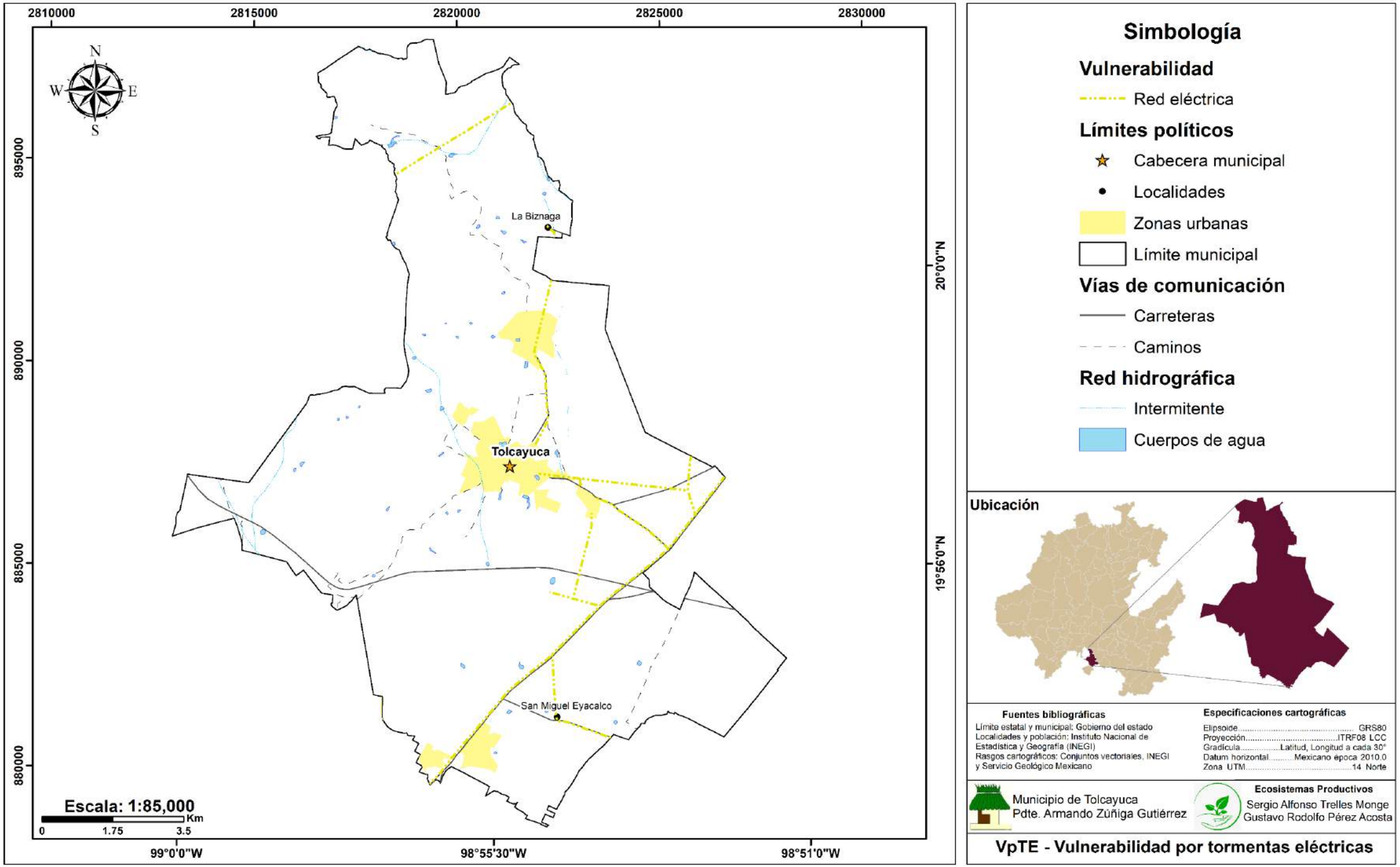
La vulnerabilidad a las tormentas eléctricas depende de factores naturales y de la capacidad de adaptación de las comunidades. La planificación, el refuerzo de infraestructuras y los sistemas de alerta son fundamentales para reducir los riesgos.

Las tormentas eléctricas pueden impactar a personas, edificaciones, redes eléctricas, dispositivos electrónicos, árboles, infraestructuras de comunicación y vehículos. En el municipio de Tolcayuca, la mayor vulnerabilidad recae en la red eléctrica, ya que sus fallos pueden desencadenar diversas complicaciones. Los rayos son el principal riesgo, pues pueden causar daños físicos, incendios, apagones, fallos en equipos y dejar sin comunicación a la población. Es esencial tomar precauciones como evitar permanecer al aire libre, desconectar dispositivos electrónicos y buscar un refugio seguro.

Sistemas expuestos ante tormentas eléctricas.

Vulnerabilidad	
Sistemas expuestos: Red eléctrica	
Cantidad	Tipo
1	Dos líneas de postería sencilla
8	Una línea de postería sencilla
1	Una línea de torres

Mapa de vulnerabilidad por tormentas eléctricas



Riesgo por tormenta eléctrica

El riesgo por tormenta eléctrica se refiere a la probabilidad de que ocurran tormentas con actividad eléctrica y los daños que estas pueden causar en las personas, infraestructuras y el medio ambiente. Las tormentas eléctricas pueden generar rayos, vientos fuertes, lluvias intensas e inundaciones repentinas.

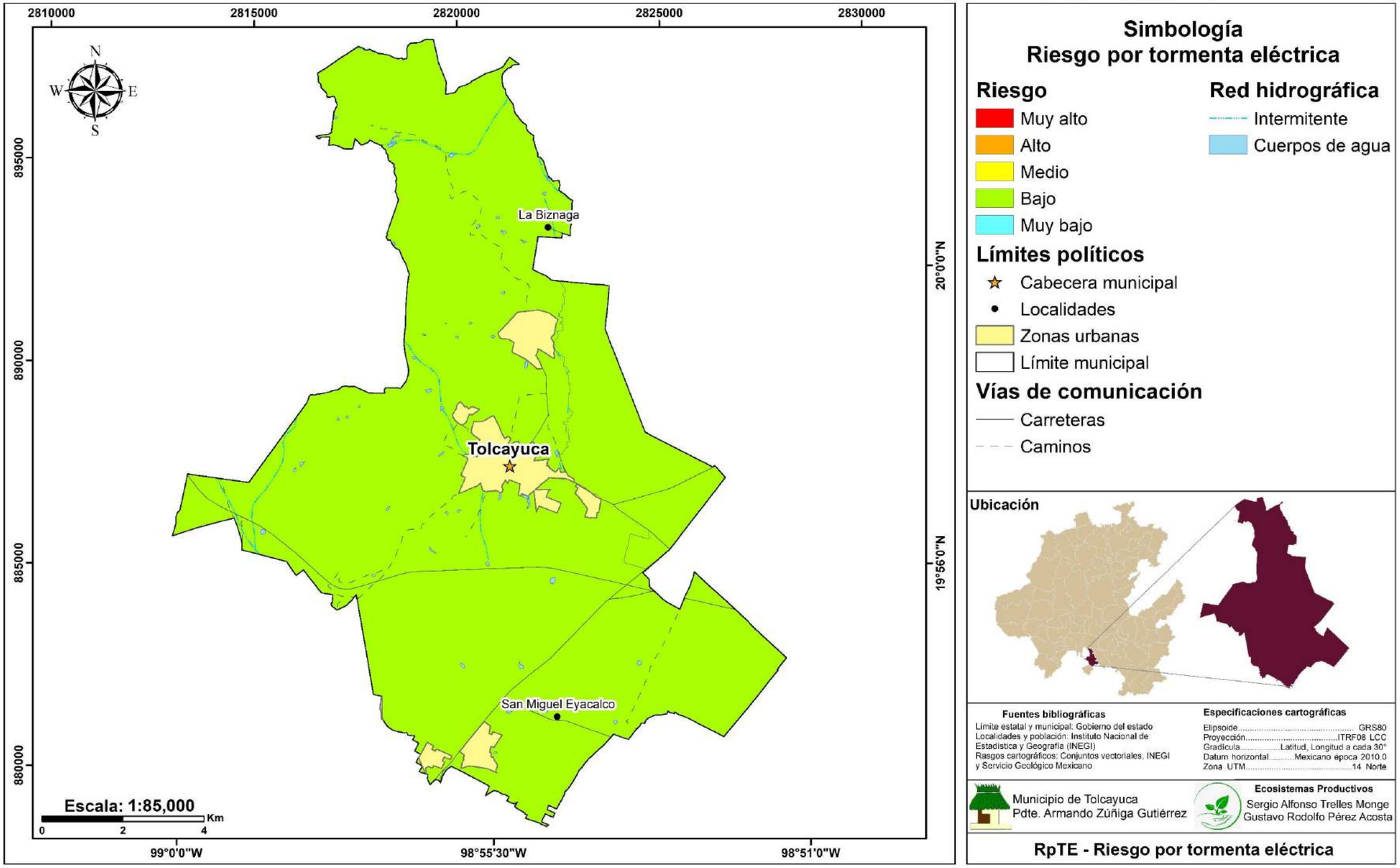
En el municipio de Tolcayuca, el riesgo asociado a las tormentas eléctricas es bajo, a pesar de que la amenaza se encuentra en un rango de 0.25001 a 0.50000. Este nivel de riesgo se debe a factores como la baja densidad poblacional en algunas áreas, la infraestructura existente y las condiciones locales que limitan los impactos negativos de este fenómeno.

Las tormentas eléctricas en la región pueden presentarse principalmente durante la temporada de lluvias, entre mayo y octubre, generando descargas eléctricas, ráfagas de viento y precipitaciones variables. Sin embargo, su impacto en la población, las actividades económicas y la infraestructura generalmente es menor, sin representar una amenaza significativa.

Los principales efectos potenciales incluyen la caída de rayos, que en casos aislados pueden provocar daños a estructuras o interrupciones en el suministro eléctrico, así como afectaciones menores en cultivos y caminos rurales. No obstante, estos eventos ocurren con poca frecuencia y suelen ser de corta duración.

Para mitigar cualquier afectación, se recomienda mantener medidas preventivas como la adecuada instalación de sistemas de pararrayos en estructuras estratégicas, la difusión de protocolos de seguridad y la atención a los avisos meteorológicos emitidos por las autoridades. Gracias a estas acciones y a la naturaleza moderada del fenómeno en la zona, el nivel de riesgo para la población se mantiene en un umbral bajo.

Mapa de riesgo por tormenta eléctrica



Peligro por tornados

Los tornados son fenómenos meteorológicos caracterizados por vientos extremadamente fuertes y destructivos que pueden desarrollarse en condiciones meteorológicas específicas. Su magnitud, duración y severidad son variables, y sus efectos están directamente relacionados con la preparación y respuesta de la comunidad afectada. La falta de medidas preventivas puede aumentar significativamente los daños provocados por estos eventos (Macías Medrano & Avendaño García, 2014).

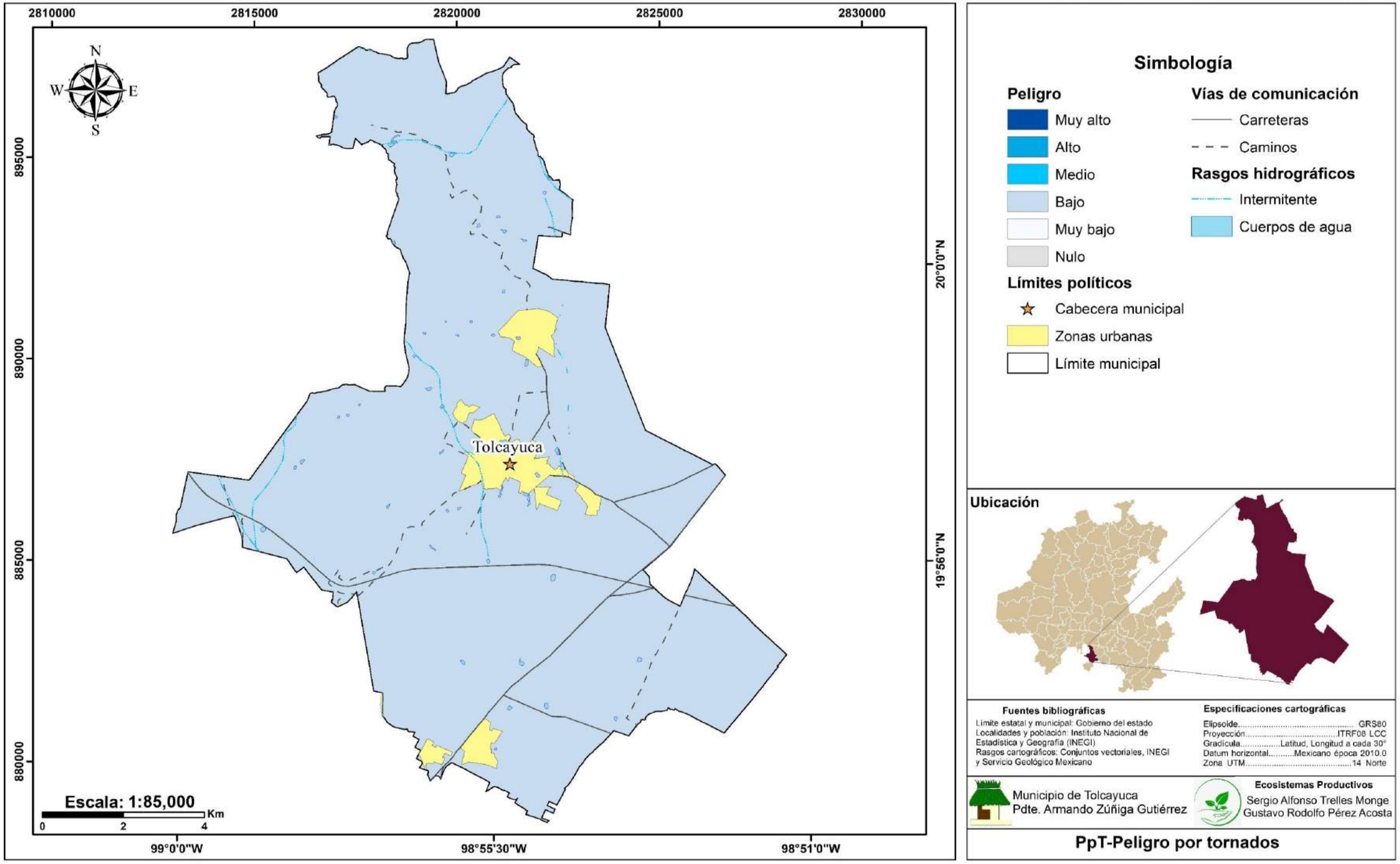
Dado que los tornados son complicados de predecir y pueden variar en intensidad y trayectoria, es crucial adoptar un enfoque integral para su estudio y manejo. Un tornado se define como una columna de aire que rota violentamente en contacto con la superficie de la Tierra, por debajo de una nube cumuliforme (nube aislada de base horizontal con desarrollo vertical y que adopta formas de montañas de algodón), y a menudo (pero no siempre) visible como un embudo (Macías Medrano & Avendaño García, 2014).

En México, los tornados ocurren principalmente durante la primavera y el verano, aunque pueden presentarse en cualquier época del año bajo las condiciones atmosféricas adecuadas (Macías Medrano & Avendaño García, 2014). Entre 2000 y 2023, se han registrado aproximadamente 773 tornados en el país, con un promedio de 61 tornados anuales (Avendaño García, 2024). Según el Consejo Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), el año 2015 fue el más activo en términos de tornados, con un total de 98 eventos registrados (CONABIO, 2023).

La magnitud de los daños causados por un tornado depende en gran medida de la preparación de la comunidad y las medidas de respuesta implementadas. Las poblaciones que carecen de infraestructura resistente y de planes de emergencia son más vulnerables a los impactos devastadores de estos fenómenos (CENAPRED, 2021).

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, el análisis indica que, aunque los tornados extremos no son frecuentes, las áreas con mayor vulnerabilidad, como aquellas con edificaciones que no están diseñadas para resistir vientos fuertes, representan una señal de alerta. Es fundamental fortalecer la gestión de riesgos y la resiliencia ante eventos meteorológicos severos en todo el municipio para garantizar la seguridad de la población y una mayor capacidad de adaptación a largo plazo (CENAPRED, 2021).

Mapa de peligro por tornados



Vulnerabilidad por tornados

La vulnerabilidad ante tornados es un factor crucial para la seguridad y bienestar de las comunidades. Este concepto abarca varios aspectos, como la calidad de la infraestructura, la preparación y capacidad de respuesta de la comunidad, así como la disponibilidad de planes de emergencia efectivos.

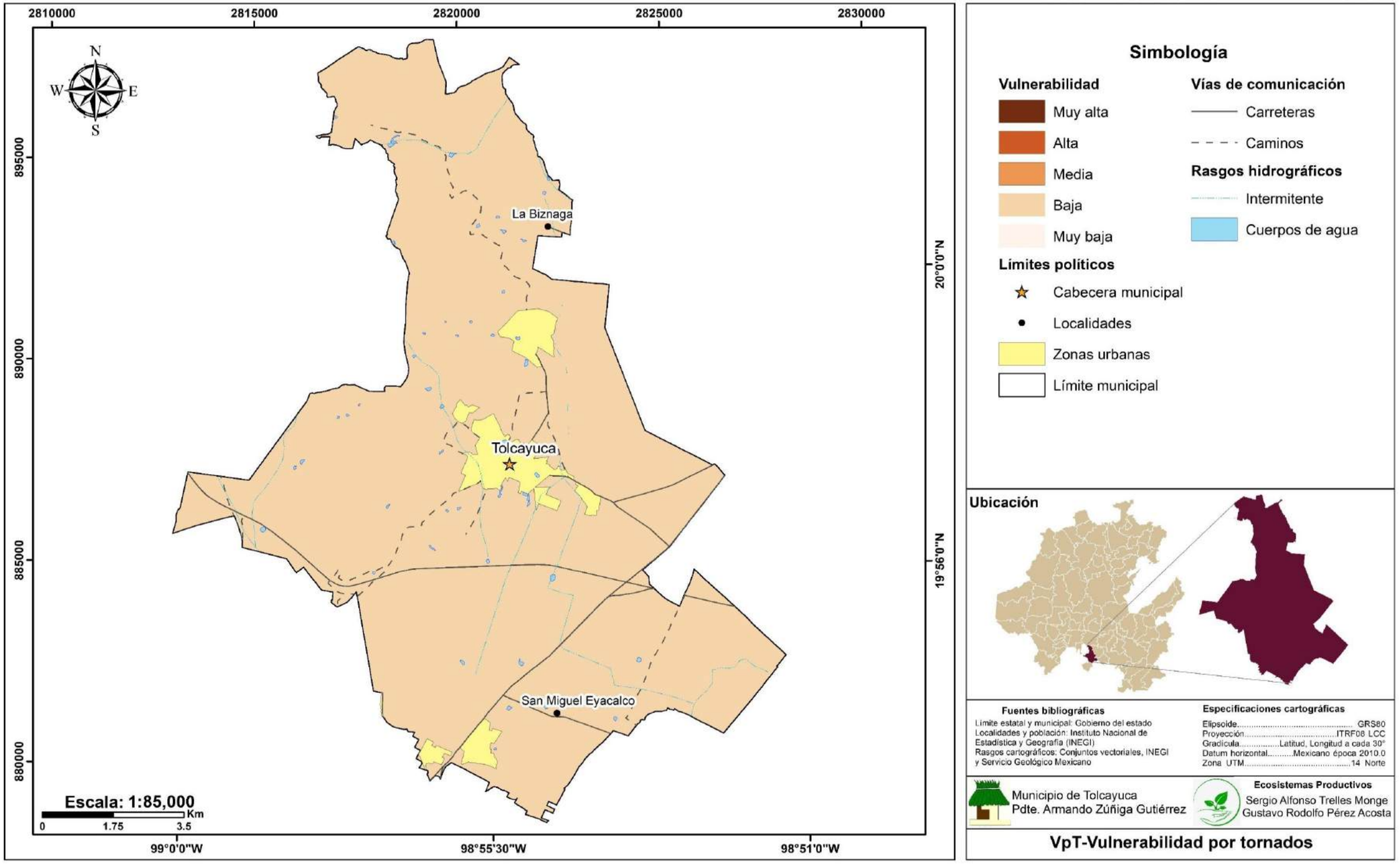
En Tolcayuca, Hidalgo, la infraestructura presenta una mezcla de edificaciones modernas y antiguas. Las construcciones más antiguas, que no fueron diseñadas para resistir vientos fuertes, son especialmente vulnerables. Es esencial que se realicen mejoras en estas infraestructuras para incrementar la resistencia ante tornados y reducir los riesgos asociados (CENAPRED, 2021).

La preparación de la comunidad es otro factor determinante en la vulnerabilidad ante tornados. La implementación de planes de emergencia, la realización de simulacros y la educación de la población sobre las acciones a tomar durante un tornado son medidas fundamentales para reducir la vulnerabilidad. La coordinación con entidades gubernamentales, como el CENAPRED y el INEGI, puede proporcionar datos y recursos valiosos para mejorar la capacidad de respuesta de la comunidad (INEGI, 2023).

La ubicación geográfica de Tolcayuca en una región donde los tornados no son extremadamente frecuentes, pero sí posibles, subraya la importancia de estar preparados. Aunque el promedio de tornados en México es de 61 por año y se han registrado 773 tornados entre 2000 y 2023, las comunidades deben mantenerse alertas y listas para actuar rápidamente en caso de emergencia (Gaceta UNAM, 2024).

Fortalecer la resiliencia de Tolcayuca es fundamental. Esto incluye la construcción de refugios seguros, la mejora continua de la infraestructura y la educación continua de la población. Estas medidas no solo reducen la vulnerabilidad, sino que también garantizan una respuesta rápida y efectiva ante la ocurrencia de un tornado, protegiendo la vida y los bienes de la comunidad.

Mapa de vulnerabilidad por tornados



Riesgo por tornados

El riesgo por tornados se define como la probabilidad de que estos fenómenos meteorológicos ocurran y el potencial impacto que pueden tener sobre la comunidad. Este concepto abarca tanto la frecuencia y la intensidad de los tornados, como la vulnerabilidad de la población y la infraestructura local.

En el municipio de Tolcayuca, el riesgo por tornados se ve influenciado por varios factores. Aunque los tornados no son extremadamente frecuentes en esta región, la posibilidad de que ocurran sigue existiendo. Entre 2000 y 2023, se han registrado aproximadamente 773 tornados en México, con un promedio de 61 tornados anuales (Gaceta UNAM, 2024). Este dato subraya la necesidad de estar preparados y gestionar adecuadamente el riesgo asociado.

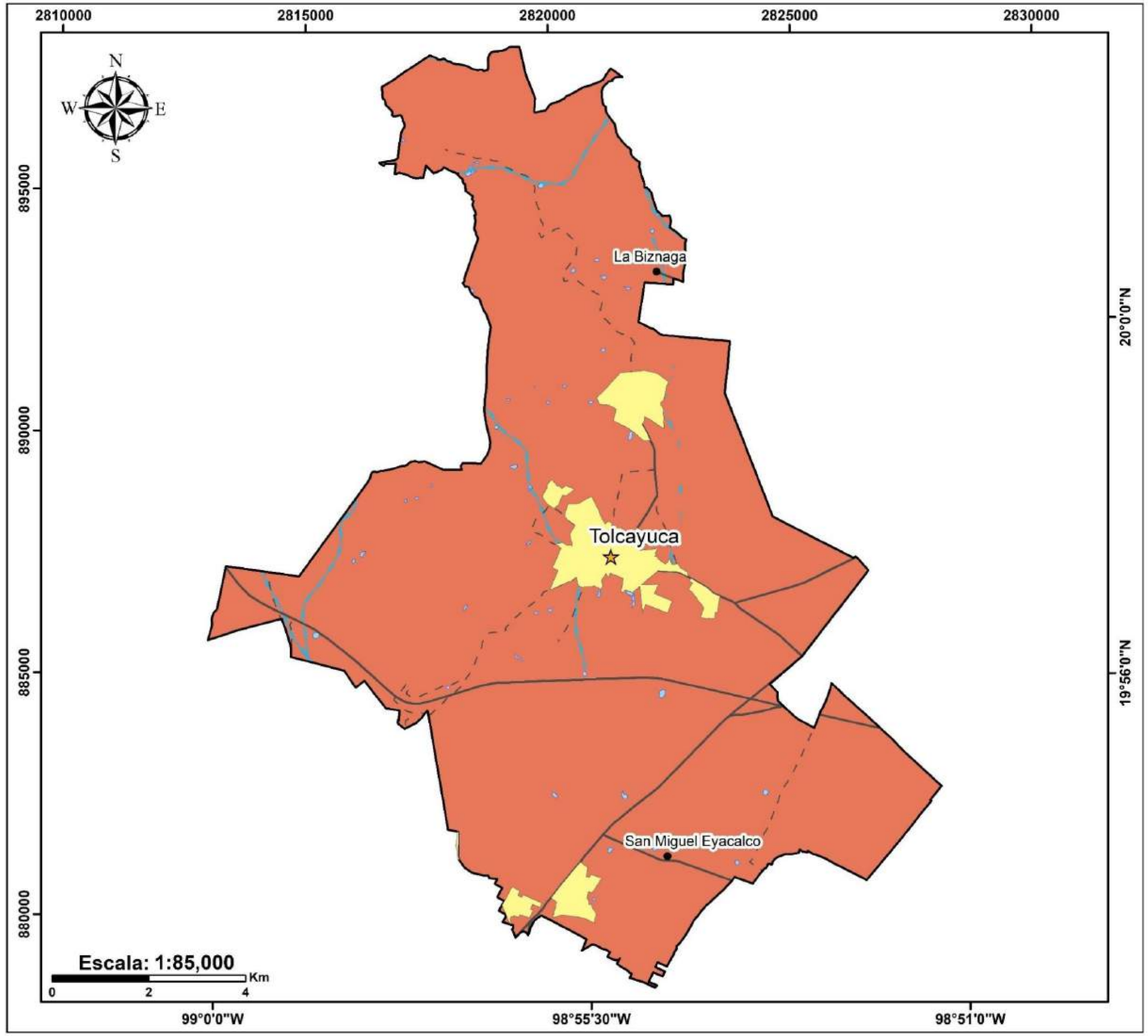
La infraestructura en Tolcayuca es una mezcla de edificaciones modernas y antiguas, algunas de las cuales no están diseñadas para resistir vientos fuertes. Esto aumenta el riesgo de daños severos en caso de que un tornado impacte la región. Es crucial que se realicen mejoras en la infraestructura para disminuir este riesgo (CENAPRED, 2021).

La capacidad de respuesta y la preparación de la comunidad también son aspectos fundamentales en la gestión del riesgo por tornados. Implementar planes de emergencia, realizar simulacros y educar a la población sobre cómo actuar en caso de tornado son medidas esenciales para reducir el riesgo y proteger a la población. La coordinación con entidades gubernamentales como el CENAPRED y el INEGI puede proporcionar datos y recursos valiosos para mejorar la capacidad de respuesta de la comunidad (INEGI, 2023).

Además, la identificación de áreas de mayor vulnerabilidad dentro de Tolcayuca, como las zonas con construcciones menos resistentes, permite focalizar los esfuerzos de mitigación y adaptación. Fortalecer la resiliencia de estas áreas es esencial para reducir el riesgo y garantizar la seguridad de sus habitantes.

En resumen, aunque la frecuencia de tornados en Tolcayuca no es alta, el riesgo asociado sigue siendo significativo debido a la vulnerabilidad de ciertas áreas y la necesidad de mejorar la infraestructura y la preparación de la comunidad. Es fundamental continuar trabajando en la gestión del riesgo por tornados para proteger a la población y asegurar un futuro más seguro y resiliente para todos.

Mapa de riesgo por tornados



Simbología

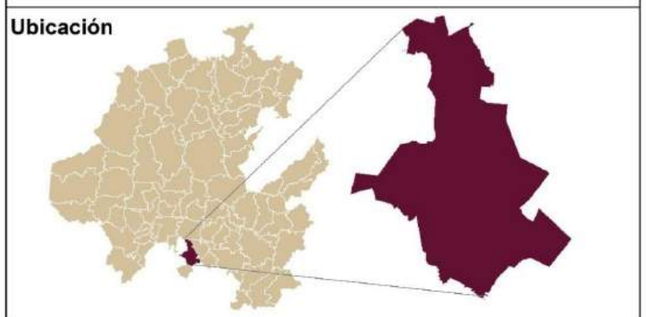
Riesgo
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo
- Nulo

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpT-Riesgo por tornados

Amenaza por tormenta de polvo

Las tormentas de polvo representan una amenaza significativa para el medio ambiente, la salud humana y las actividades económicas, especialmente en regiones áridas y semiáridas. Estas tormentas ocurren cuando fuertes vientos levantan grandes cantidades de partículas de polvo del suelo, dispersándolas a través de grandes distancias. En muchos casos, las tormentas de polvo son impulsadas por la desertificación, la deforestación y las malas prácticas agrícolas, que dejan el suelo expuesto y vulnerable a la erosión eólica.

Una de las principales amenazas de las tormentas de polvo es su impacto en la salud humana. Las partículas de polvo pueden contener compuestos tóxicos y patógenos, lo que aumenta el riesgo de enfermedades respiratorias y cardiovasculares, como el asma, la bronquitis crónica y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Las personas que viven en áreas propensas a tormentas de polvo, como en partes del norte de África, el Medio Oriente, Asia Central y el suroeste de Estados Unidos, están particularmente expuestas a estos riesgos. Además, los contaminantes atmosféricos transportados por las tormentas pueden afectar la calidad del aire en áreas distantes, deteriorando la salud pública a gran escala.

Las tormentas de polvo también tienen efectos devastadores sobre el medio ambiente. Al remover las partículas del suelo, estas tormentas contribuyen a la degradación de los ecosistemas, afectando la vegetación, reduciendo la fertilidad del suelo y exacerbando el proceso de desertificación. En zonas agrícolas, las tormentas pueden dañar cultivos, dificultando la producción de alimentos y afectando la seguridad alimentaria. Además, el polvo levantado puede cubrir fuentes de agua y cuerpos de agua, alterando su calidad y afectando la vida acuática.

En el ámbito climático, las tormentas de polvo también pueden influir en el cambio climático global. Las partículas de polvo que se dispersan en la atmósfera pueden alterar los patrones de radiación solar y la circulación atmosférica, lo que puede afectar las condiciones climáticas locales y globales. Algunas partículas de polvo pueden reflejar la luz solar de vuelta al espacio, lo que puede tener un efecto de enfriamiento temporal en la atmósfera, mientras que otras, al ser absorbidas, pueden contribuir al calentamiento. Esto puede influir en fenómenos meteorológicos como las lluvias y las temperaturas en diferentes regiones.

Además, las tormentas de polvo son una amenaza para las infraestructuras. El polvo puede acumularse en edificios, carreteras y equipos, dañando estructuras y aumentando los costos de mantenimiento. En las ciudades, el polvo puede reducir la visibilidad, creando condiciones peligrosas para el tráfico y aumentando el riesgo de accidentes. Las tormentas de polvo también afectan la aviación, reduciendo la visibilidad y creando riesgos para la seguridad de los vuelos.

Mitigación

Para mitigar las amenazas por tormentas de polvo, es necesario implementar políticas de manejo sostenible del suelo, restauración de áreas degradadas y prácticas agrícolas que reduzcan la exposición del suelo. La plantación de vegetación en áreas vulnerables, la mejora de las prácticas de riego y la protección de las tierras agrícolas son algunas de las estrategias que pueden ayudar a prevenir la erosión del suelo y reducir la incidencia de tormentas de polvo. También se requiere una cooperación internacional para monitorear y responder a los efectos de las tormentas de polvo en las regiones más afectadas, minimizando su impacto en la salud y el medio ambiente.

La falta de datos sobre las tormentas de polvo en el municipio ha dificultado la creación de un mapa de peligro, riesgo o vulnerabilidad asociado a este fenómeno. No obstante, es relevante señalar que la ausencia de información no implica que estas tormentas no ocurran en la región, por lo que resulta crucial desarrollar estrategias preventivas.

Las tormentas de polvo pueden generar diversos peligros para la salud humana, la seguridad y los bienes materiales, por lo que es fundamental tomar precauciones durante estos eventos.

Vulnerabilidad física por vientos

Uno de los principales peligros asociados a la vulnerabilidad estructural es el viento, en este sentido, y con base en la tipología de vivienda y con la zonificación eólica de CFE expuesta en capítulos anteriores y las guías metodológicas del CENAPRED, se calculó la vulnerabilidad de cada tipo de vivienda ante fuertes vientos.

Con base en el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda (I_{VF}), propuesto por el CENAPRED, se estimó, para cada combinación de materiales, su susceptibilidad al daño por el fenómeno en cuestión.

Metodología

Para calcular el índice de vulnerabilidad se utilizó la siguiente expresión:

$$Ivf = \frac{Vi * Pi}{Vp * Pm}$$

Dónde:

Ivf = Representa el índice que mide la vulnerabilidad física

V_i = Representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con la tabla "Combinación tipo de material de vivienda".

V_p= Es la vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad

Pi= Es el nivel de peligro por viento en la zona de estudio

Pm= Es el nivel de peligro máximo por viento

Como se mencionó anteriormente, los tipos de vivienda I y II predominan en los municipios del estado.

Con base en lo anterior, a cada tipo de vivienda predominante en el municipio le fue asignada una calificación obtenida de la información técnica que establece el CENAPRED en su guía metodológica, lo que arrojó la variable V_i.

En este sentido, la de peor comportamiento fue el tipo 5, a la cual se le asignó una calificación de 7.6, misma que representó el valor de la variable V_p.

Para obtener P_i, se utilizó la clasificación de peligro por viento con base en la zonificación eólica de la CFE, recurriendo, como sugiere la guía del CENAPRED, al periodo de retorno comúnmente utilizado para diseño, que es el de 50 años. Así, en el municipio de Tolcayuca se presentan únicamente una zona de peligro, una de nivel bajo que abarca la totalidad del municipio y a la cual se le asignó el valor de 115. La variable P_m corresponde al nivel máximo de peligro por viento, que se ha delimitado en 215.

Una vez obtenidas todas las variables se procedió a calcular el Índice de vulnerabilidad física para cada tipo de vivienda según la zona de peligro en la que se encontrara, lo que arrojó los resultados que se observan en la tabla "Índice de vulnerabilidad física ante sismos para cada tipo de vivienda zona de peligro bajo".

Índice de vulnerabilidad física ante viento para cada tipo de vivienda zona de peligro bajo.					
Tipo de vivienda	**Calificación de la vivienda para sismos viento (V_i)**	**Zona de Peligro Bajo Valor de P_i**	**Nivel Máximo de peligro (P_m)**	**Vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (V_p)**	**Índice de vulnerabilidad física zona de peligro bajo sismo (I_{vf})**
1	1	115	215	7.6	0.070
2	2.5	115	215	7.6	0.176
3	2	115	215	7.6	0.141
4	5.5	115	215	7.6	0.387
5	7.6	115	215	7.6	0.535

Intervalos índices de vulnerabilidad por viento zona A a nivel AGEB.		
Grado de vulnerabilidad física ante viento zona A	**Intervalos del I_{vf}**	
Muy baja	0	0.0799
Baja	0.080	0.0899
Media	0.090	0.0999
Alta	0.100	0.1599
Muy Alta	0.160	o mas

Una vez obtenidos los valores de índice de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda y para la zona de peligro, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Física a Nivel AGEB (I_{VFA}) para las localidades urbanas, y localidades rurales amanzanadas mediante la ecuación:

$$Ivfa = \frac{\sum Ni * Ivf}{NT}$$

Este se obtiene de la sumatoria del número total de cada tipo de vivienda (ΣNi), multiplicado por el índice de vulnerabilidad físico (I_{VF}), dividido entre el número total de viviendas de cada AGEB (NT). De acuerdo con el I_{VFA} obtenido para cada AGEB se asigna el grado de vulnerabilidad.

Cabe señalar, que con el fin de determinar grados de vulnerabilidad física se utilizó el método de intervalos naturales mismo que se basa en la naturaleza de los datos y los agrupa atendiendo a los saltos inherentes a estos, por lo que busca los puntos donde se maximiza esa diferencia y los usa como límites de cada clase o intervalo, a continuación, se analizan los municipios.

Resultados

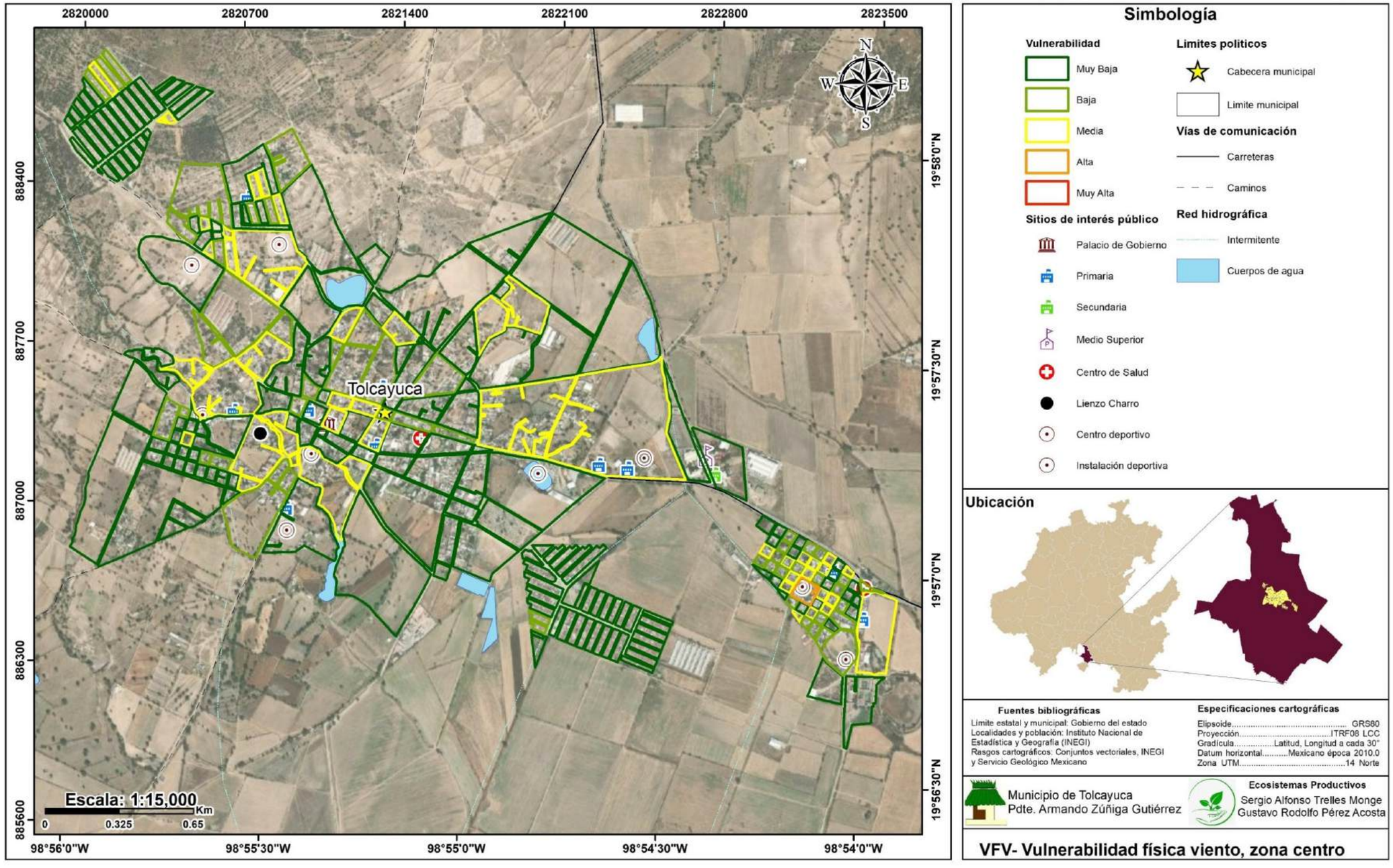
Entre las edificaciones que resultan afectadas se encuentran las viviendas de bajo costo, la mayoría de las cuales son consideradas como construcción informal, ya que se caracterizan por emplear materiales de baja calidad y por no presentar un diseño estructural formal, lo que las vuelve altamente susceptibles a diferentes tipos de daños. De acuerdo con la información recopilada en el municipio, las localidades que

presentan una vulnerabilidad física de nivel medio y alto a causa de que presentan un alto porcentaje de vivienda del tipo II son:

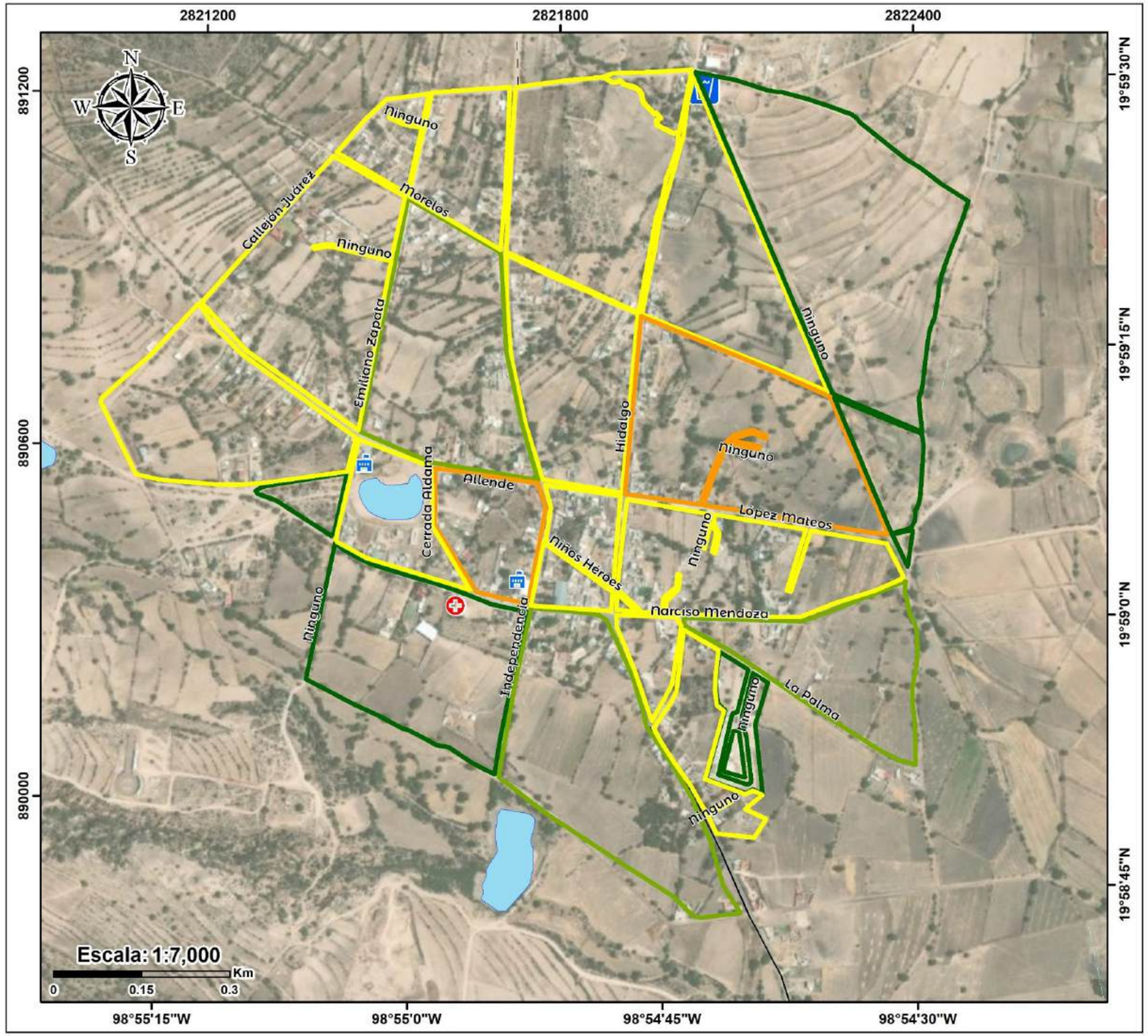
Las localidades que presenta una vulnerabilidad alta son aquellas donde predominan viviendas con materiales flexibles en su construcción, por lo que se considera que tienen una vulnerabilidad alta, ante vientos fuertes.

En general, en todo el territorio municipal predominaron las localidades con niveles de vulnerabilidad bajo a muy alto ante fenómeno de viento. Se crearon los mapas de vulnerabilidad física frente a viento, utilizando la tipología de viviendas a nivel localidad amanzanada, con el propósito de lograr una representación amplia.

Mapa de Vulnerabilida física por viento, zona centro



Mapa de vulnerabilidad física por viento, zona norte



Simbología

Vulnerabilidad

- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

Sitios de interés público

- Escuela
- Centro de Salud
- Tanque de Agua

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Limite municipal

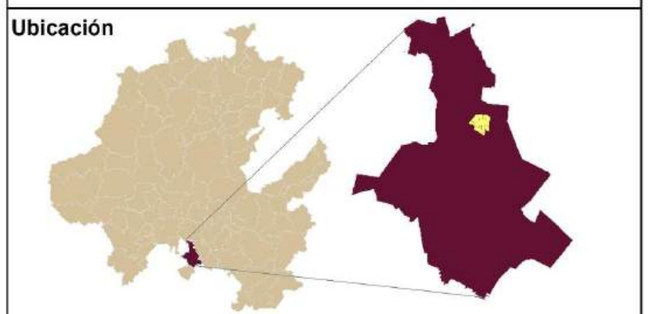
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VFV- Vulnerabilidad física por viento, zona norte

Mapa de vulnerabilidad física por viento, zona sur

Simbología

Vulnerabilidad
- Muy Baja
- Baja
- Media
- Alta
- Muy Alta

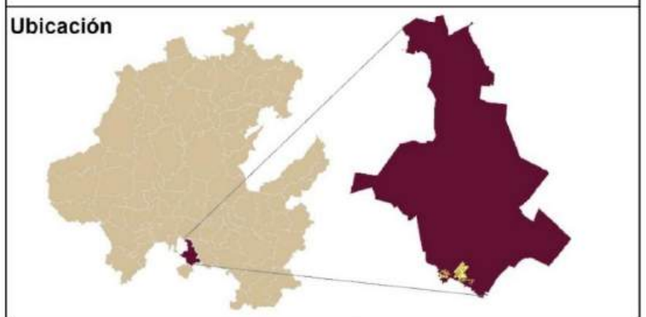
Sitios de interés público
- Primaria
- Secundaria
- Centro de Salud
- Instalación deportiva
- Parque
- Tanque de Agua

Limites politicos
- Cabecera municipal
- Limite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VFV- Vulnerabilidad física por viento, zona sur

CAPÍTULO VII. FENÓMENOS QUÍMICO-TECNOLÓGICOS

Fenómenos Químico - Tecnológicos

Los peligros y riesgos químico-tecnológicos están relacionados con el almacenamiento, manejo, empleo, y transporte de sustancias químicas que, por sus propiedades, pueden causar daños a la salud pública y calidad de vida de las personas, así como a sus propiedades y al medio ambiente (CENAPRED, 2006).

Los fenómenos químico-tecnológicos como agentes perturbadores que se generan por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Estos fenómenos comprenden eventos destructivos tales como incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas, radiaciones y derrames.

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo los principales comercios existentes son: comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor, comercio al por mayor de combustibles de uso industrial, comercio al por menor de gasolina y diésel.

De acuerdo con las normativas y documentos de referencia:

Anexo 19 del CENAPRED (2021): Este documento establece las normas técnicas para la identificación y evaluación de riesgos por sustancias peligrosas en México. Define parámetros críticos y zonas de afectación que deben considerarse para la prevención y respuesta ante emergencias.

Guía de SEMARNAT (2019): La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales emite lineamientos para la elaboración de planes de emergencia y contingencia, los cuales incluyen criterios para la delimitación de zonas de seguridad y medidas de mitigación en caso de derrames, incendios, explosiones y fugas tóxicas.

Con base en estos lineamientos y considerando estudios técnicos realizados, se han definido los siguientes radios de afectación. Para incendios, explosiones y fugas de sustancias tóxicas se ha establecido un radio de 100 metros, parámetro general que nos permite tener una visualización parcial del área de peligro.

Incendios: La radiación térmica a distancias menores a 100 metros puede superar los niveles seguros para la exposición humana, pudiendo causar quemaduras graves y la ignición de materiales inflamables.

Explosiones: Las ondas de sobrepresión generadas pueden provocar daños estructurales y lesiones en personas dentro de este radio.

Fugas tóxicas: En este rango, las concentraciones de vapores pueden llegar a niveles críticos que comprometan la salud (CENAPRED, 2021; SEMARNAT, 2019).

Para situaciones de derrames de combustibles, se ha definido un radio de afectación de 150 metros, parámetro general, para poder visualizar el alcance de peligro que se suscitaría

en caso de que se presente algún evento de este tipo.

Los derrames pueden generar una dispersión más amplia de líquidos y vapores. Según estudios y lineamientos de la EPA y API, adaptados a la realidad mexicana mediante las evaluaciones de SEMARNAT y CENAPRED, se considera que a 150 metros es posible que se alcance el Límite Inferior de Explosividad (LEL) o se generen concentraciones que impliquen riesgos para la salud y el ambiente (SEMARNAT, 2019; CENAPRED, 2021).

Aunque los radios de 100 y 150 metros son parámetros generales recomendados para la planificación y respuesta ante emergencias, es fundamental que cada establecimiento realice evaluaciones de riesgo específicas. Estas evaluaciones deben considerar, la cantidad y tipo de sustancia almacenada o comercializada, características del entorno (topografía, densidad poblacional, infraestructura cercana), condiciones meteorológicas que puedan influir en la dispersión de calor, sobrepresión o vapores tóxicos.

Una evaluación detallada permite ajustar estos radios de afectación y desarrollar medidas de mitigación más precisas, mejorando la seguridad y la capacidad de respuesta ante cualquier incidente.

Es importante definir los niveles de impacto según el tipo de sustancia y la magnitud del incidente. La determinación de distancias de seguridad establece la zona de riesgo, es el área en la cual se presentan concentraciones de sustancias químicas, ondas de presión o radiación térmica, que pueden producir efectos serios a la salud de la población, a los bienes o al ambiente, o que pueden impedir a las personas llevar a cabo acciones de escape. En esta área se incrementan los correspondientes niveles de daño a la salud, a los bienes o al ambiente al aproximarse al origen del accidente. La zona de amortiguamiento es el área en la cual se presentan concentraciones de sustancias químicas, ondas de sobrepresión o radiación térmica, que no necesariamente pueden producir efectos serios a la salud de la población, a los bienes o al ambiente, o que impidan a las personas llevar a cabo acciones de escape.

Tener conocimiento de esta información facilita la toma de decisiones en gestión de riesgos, protección civil y urbanismo, evitando la instalación de estructuras vulnerables dentro de áreas de alto riesgo. Ayuda a planificar estrategias de evacuación y respuesta inmediata en caso de un accidente con combustibles. Sirve como base para la elaboración de planes de contingencia y normativas de seguridad en establecimientos comerciales.

Metodología

Los elementos clave que se identificaron son:

Las actividades comerciales y los tipos de establecimientos que manejan productos inflamables.

Tipo de riesgo, especificar el posible escenario de peligro (derrame, incendio, fuga o explosión).

La distancia afectada (radio de riesgo), definir el radio en metros o kilómetros donde se pueden presentar daños severos.

Distancia afectada (zona de amortiguamiento), indicar la zona en la que los efectos pueden ser menores pero aún requieren precaución.

Tomar en cuenta la radiación térmica (kW/m^2), representa el calor emitido por incendios o explosiones, el cual puede causar quemaduras o daños estructurales.

Sobrepresión (kPa), indicar la presión generada por una explosión, lo que determina su capacidad para derribar estructuras o causar lesiones.

La concentración de nube tóxica (ppm), mide la presencia de gases peligrosos en el aire, los cuales pueden provocar intoxicación o asfixia.

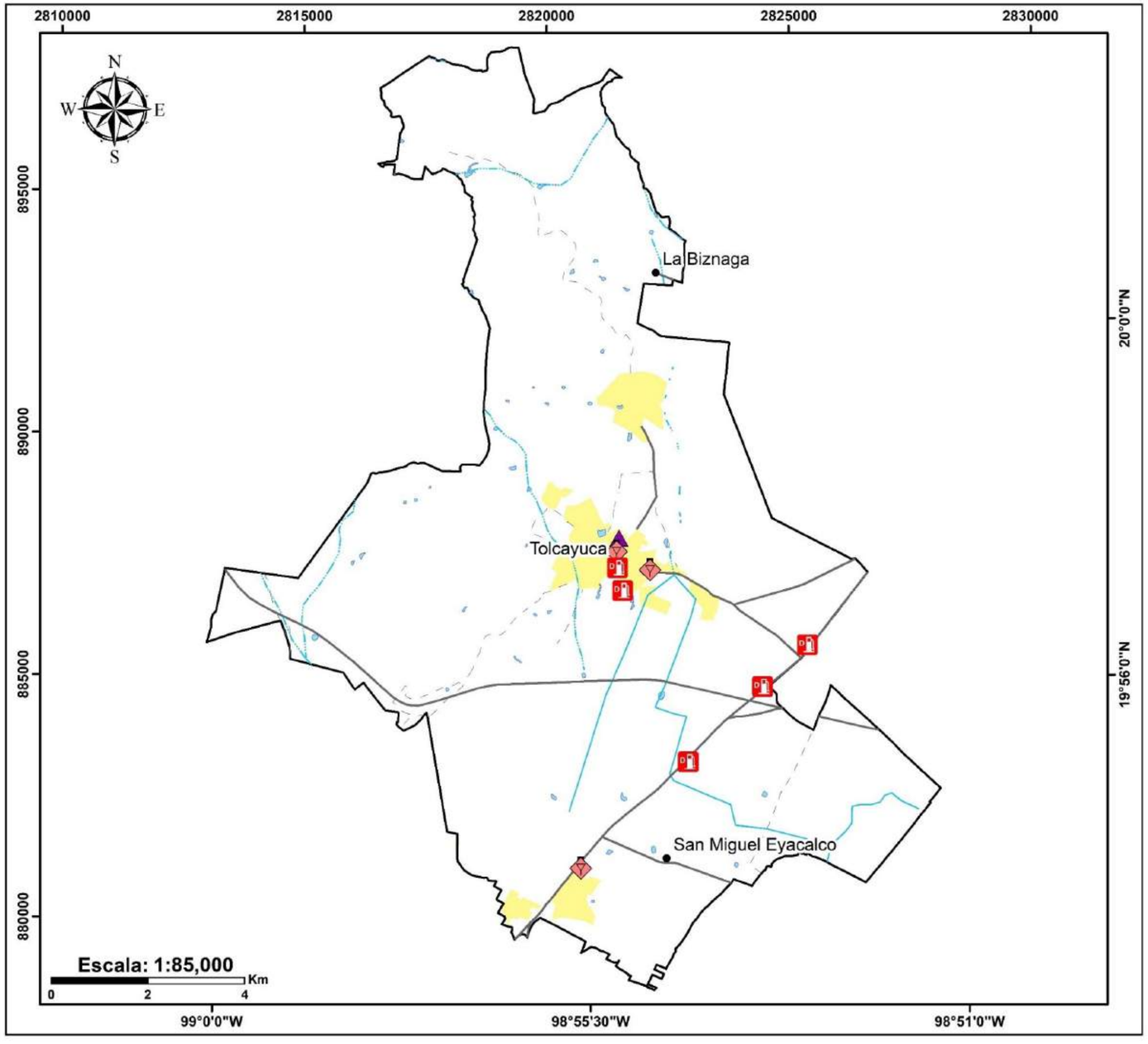
Resultados

Esta información, permite obtener mapas con información que le permitan a las autoridades determinar zonas de restricción, establecer protocolos de seguridad y asegurar que los comercios cumplan con normas de protección civil para evitar desastres, reducir daños y proteger a la población ante eventos peligrosos.

Zonas de riesgo y parámetros de afectación

Escenario de riesgo	Radio de afectación (m)	Radiación térmica (kW/m²)	Sobrepresión (kPa / psi)	Concentración de nube tóxica (ppm)	Justificación	Fuente
Incendios	100 m	5-12	N/A	N/A	La radiación térmica superior a **5 kW/m²** puede causar quemaduras graves en segundos. A 100 m, la exposición a calor extremo se reduce significativamente.	NFPA (2020), CENAPRED (2021)
Explosiones	100 m	N/A	35 kPa (5 psi)	N/A	La sobrepresión a esta distancia puede colapsar estructuras. A 100 m, los efectos se reducen a daños moderados.	NFPA (2020), CENAPRED (2021), Secretaría de Gobernación (2018)
Fugas de sustancias tóxicas	100 m	N/A	N/A	300-500 ppm	Las concentraciones de vapores inflamables pueden superar los 300 ppm, generando riesgo de intoxicación y explosión.	SEMARNAT (2019), CENAPRED (2021)
Derrames de combustibles	150 m	N/A	N/A	100-300 ppm	La dispersión de líquidos inflamables depende de la pendiente del terreno y la evaporación de vapores, que pueden alcanzar concentraciones tóxicas dentro de este radio.	API (2018), EPA (2020), SEMARNAT (2019)

Mapa de fenómenos químico tecnológicos



Simbología

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos

- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

Límites políticos

- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

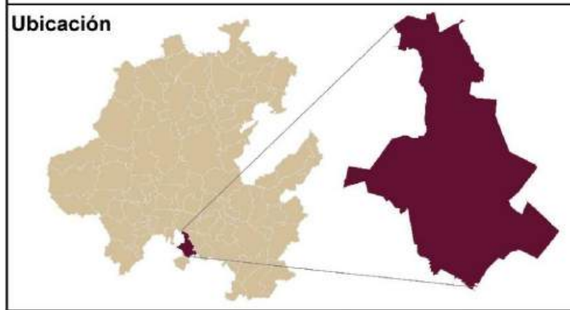
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

FQ-T Fénomenos químico tecnológicos

Peligro por Derrames

Los derrames son la liberación o pérdida de contención de cualquier sustancia gaseosa, líquida o solida del recipiente que la contiene, y que produce daños a los tejidos vivos causando lesiones, enfermedades graves o en casos extremos la muerte; estos daños se generan cuando se ingiere, inhala o se absorbe esta toxicidad a través de la piel (CENAPRED, 2007).

Metodología

Para generar el mapa de peligro por derrames, se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 150 m para zonas afectadas por derrames que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de gasolina, diésel, aceites y lubricantes.

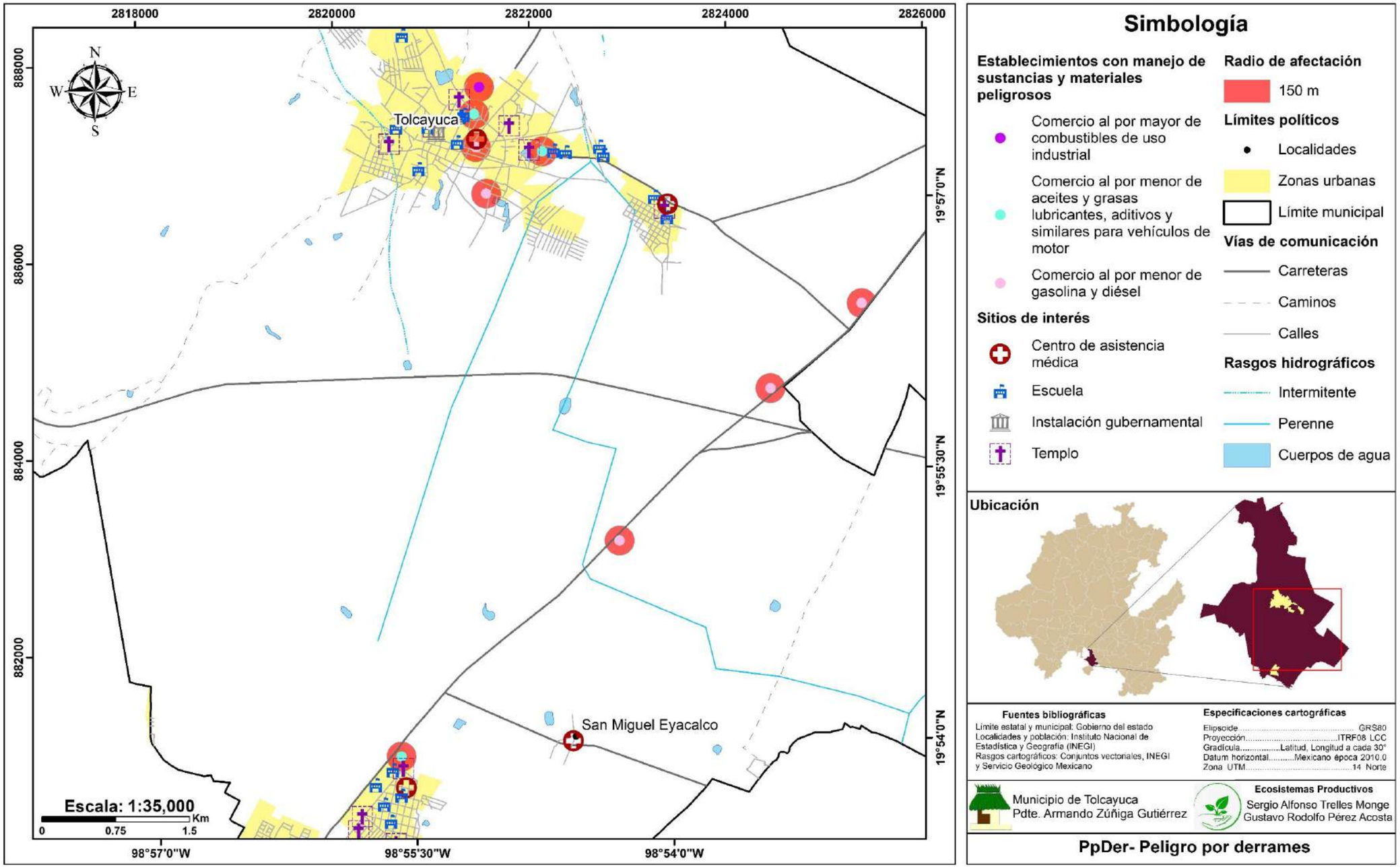
Resultados

Para conocer los lugares potencialmente peligrosos a desarrollar derrames, en el municipio se localizó una zona de peligro, dentro de ella se tiene un total de 9 puntos de peligro.

Zonas y unidades en peligro por derrames en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Zona	
Radios de afectación	9
Fenómeno	Derrames
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	5 escuelas 1 centros de asistencia médica 3 templos
Nivel de peligro	Muy alto

Mapa de peligro por derrames



Vulnerabilidad por derrames

La vulnerabilidad por derrames es un riesgo potencial que afecta a diversas regiones del país, especialmente en aquellas donde se desarrollan actividades industriales o donde se transportan sustancias peligrosas. En el caso de Tolcayuca, la proximidad a zonas industriales y la infraestructura de transporte que circula por esta región, incrementan el riesgo de sufrir un incidente relacionado con el derrame de sustancias químicas, lo cual puede tener consecuencias graves tanto para la salud de la población como para el medio ambiente.

Tolcayuca es un municipio que se encuentra dentro de una región industrializada, con diversas empresas que manejan productos químicos de alto riesgo. El transporte de estas sustancias, tanto por carretera como por vías férreas, puede representar una amenaza potencial, dado que los accidentes son impredecibles y las sustancias derramadas pueden afectar a las comunidades cercanas. Además, la cercanía con el Valle de México y la alta concentración de infraestructura de transporte aumenta la probabilidad de que los derrames puedan ocurrir en este municipio.

Para la elaboración de estos mapas se estudió la metodología Probit. La palabra Probit, proviene de la conjunción de probabilidad y unidad, cuyo fin es estimar la probabilidad de que una observación entre en una categoría específica. En el caso de riesgos químico-tecnológicos, la Probit consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para determinar consecuencias desfavorables sobre la población y otros elementos vulnerables (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos., s.f.).

La ecuación se basa en datos experimentales de dosis-respuesta y se expresa de la siguiente forma:

$$Y = K_1 + K_2 * ln\ V$$

Donde:

Y: probit

V: magnitud del peligro

K_1, K_2, n: constante

Esta combinación de factores da como resultado valores iguales para el Probit (Y), por lo que produce tazas de mortalidad para la población expuesta.

La vulnerabilidad de personas se expresa como el número de individuos que, previsiblemente pueden resultar afectados con un cierto nivel de daño a causa de un accidente. Por otra parte, la vulnerabilidad de instalaciones se puede cuantificar utilizando magnitudes económicas, aunque se va a reducir el análisis a las estimaciones de daños en estructuras y roturas de cristales.

FENÓMENOS PELIGROSOS	CONSENCUENCIAS	TIPO DE DAÑO	V	K_1	K_2
Incendios de charco o depósito.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Bolas de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Dardo de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Llamarada o incendios flash.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Explosión	Sobrepresión	Muertes por hemorragia pulmonar	p	77,1	6,91
Explosión	Sobrepresión	Rotura de tímpanos	p	15,6	1,93
Explosión	Sobrepresión	Muertes por impacto	I	46,1	4,82
Explosión	Sobrepresión	Heridas por impacto	I	39,1	4,45
Explosión	Sobrepresión	Daños en estructuras	p	23,8	2,92
Explosión	Sobrepresión	Rotura de cristales	p	18,1	2,79

Para comprender un poco mejor la variable V decimos que:

q/A: flujo de radiación térmica (W/m^2)

t: tiempo de exposición

p: sobrepresión (Pa)

I: impulso (Pa·s)

Los valores del flujo de radiación máxima tolerable en materiales de construcción son:

Material	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Cemento	60
Hormigón armado	200
Acero	40
Madera	10
Vidrio	30-300
Pared de ladrillo	400

En cuanto al efecto que se tiene sobre las personas de acuerdo al tiempo de exposición los valores a aplicar son los siguientes:

Personas	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Exposición durante 20 s sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0

Los valores de las constantes K o n, son empíricos sobre casos concretos donde se conocen datos reales de accidentes ocurridos. La probabilidad asociada determina la mortalidad de personas expuestas ante una sustancia química. Para las sustancias químicas más utilizadas en la misma industria se tienen los valores de la siguiente tabla:

Sustancia	IPVS (ppm)	K_1	K_2	n
Acroleína		-9,931	2,049	1
Acrilonitrilo		-29,42	3,008	1,43
Amoniaco		-30,57	1,385	2,75
Benceno		-109,78	5,3	2
Bromo		-9,04	0,92	2
Cianuro de hidrógeno		-29,42	3,008	1,43
Cloro		-8,29	0.92	2
Afecciones por cloro		-2,4	2,9	1
Cloruro de hidrógeno		-16,85	2,00	1
Dióxido de azufre		-15,67	2,1	
Dióxido de nitrógeno		-13,97	1,4	2
Fluoruro de hidrógeno		-35,87	3,354	1

Metodología

Para el mapa de vulnerabilidad por derrames se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se tomó en cuenta la descripción de la metodología Probit, por lo que se categorizó de acuerdo a los tipos de daño, resultando así en cinco categorías: deceso, rotura, daño grave, herida y afectación; refiriéndonos en términos humanos y económicos. Además, se determinaron líneas de isoriesgo a cada 50 metros (lo que corresponde a los 5 buffers de las categorías ya establecidas mediante la Probit).

Para zonas de afectación por derrames que generalmente se ubican en sitios de comercio de productos químicos para la industria farmacéutica, comercio al por menor de aceites y grasas, comercio de gas LP, comercio de gasolina y diésel.

Resultados

Para conocer los lugares potencialmente vulnerables a derrames en el municipio se localizan un total de 9 puntos de vulnerabilidad.

El valor respectivo de vulnerabilidad social por incendios en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

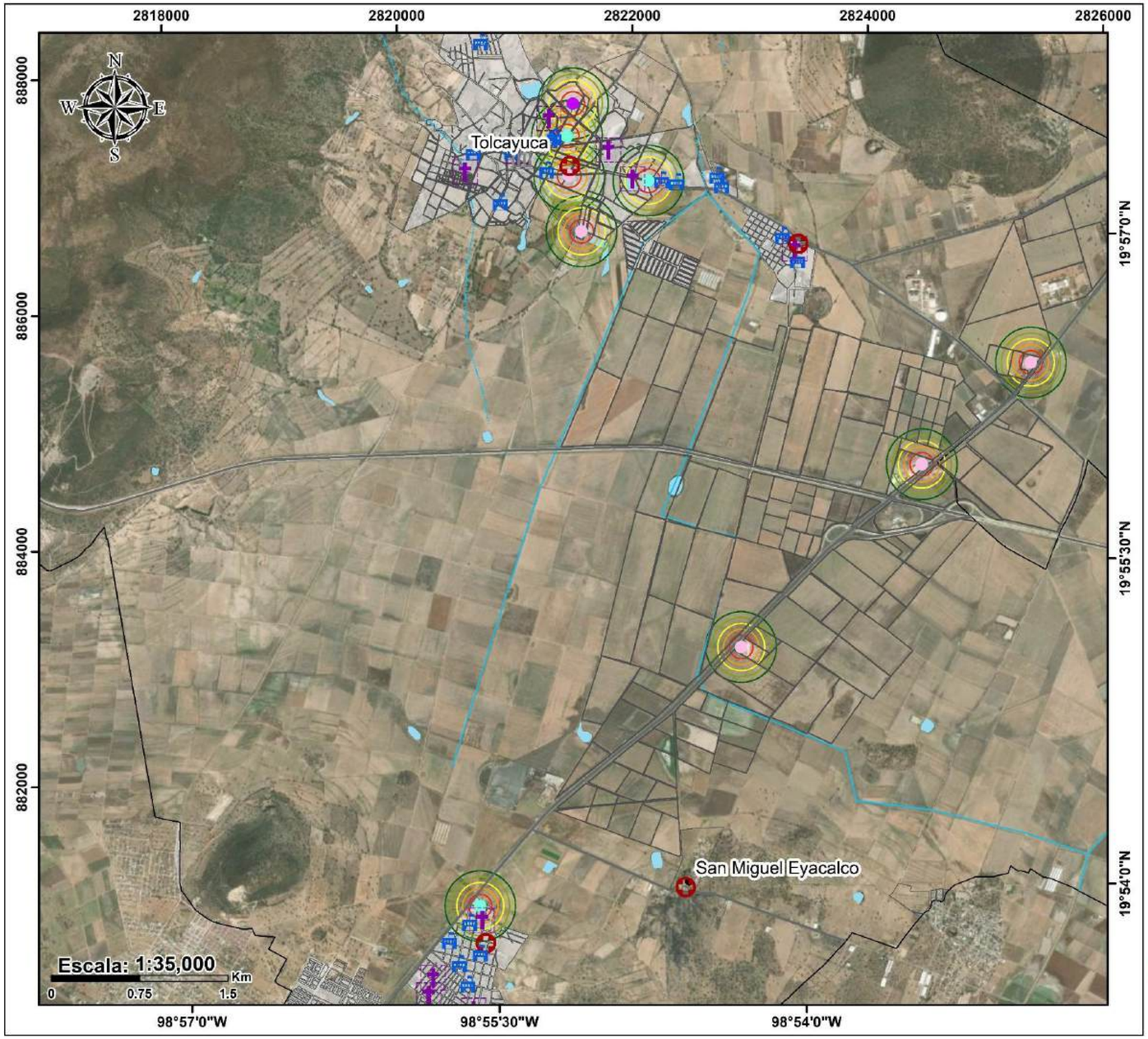
$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\text{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(4500) = \mathbf{1,809,000}$$

En el municipio hay un total de **1,809,000 personas vulnerables ante derrames**.

Vulnerabilidad por derrames	
Radio de afectación	9
Fenómeno	Derrames
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	6 centro de asistencia médica 9 escuelas 1 instalación gubernamental 15 templos
Nivel de vulnerabilidad	Muy alta

Mapa de vulnerabilidad por derrames



Simbología

Vulnerabilidad por derrames
- Deceso
- Rotura
- Daño grave
- Herida
- Afectación

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

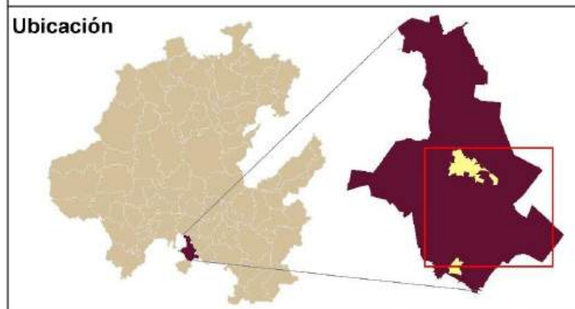
Sitios de interés
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos
- Localidades
- Lotes
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VpDer- Vulnerabilidad por derrames

Riesgo por derrames

El riesgo por derrame de sustancias químicas o hidrocarburos es una amenaza ambiental y de salud que ocurre cuando materiales peligrosos se liberan de manera accidental o intencional en el suelo, agua o aire. Este factor depende del peligro, que es la propiedad o característica de un fenómeno o sustancia que puede causar daño, además de la vulnerabilidad que es el grado de susceptibilidad que tienen las personas, el ambiente o la infraestructura y su exposición.

Metodología

Para generar el mapa de riesgo primero se obtuvo el peligro por derrames, localizados con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 300 m para zonas que podrían ser afectadas por derrames que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de gasolina, diésel, aceites y lubricantes.

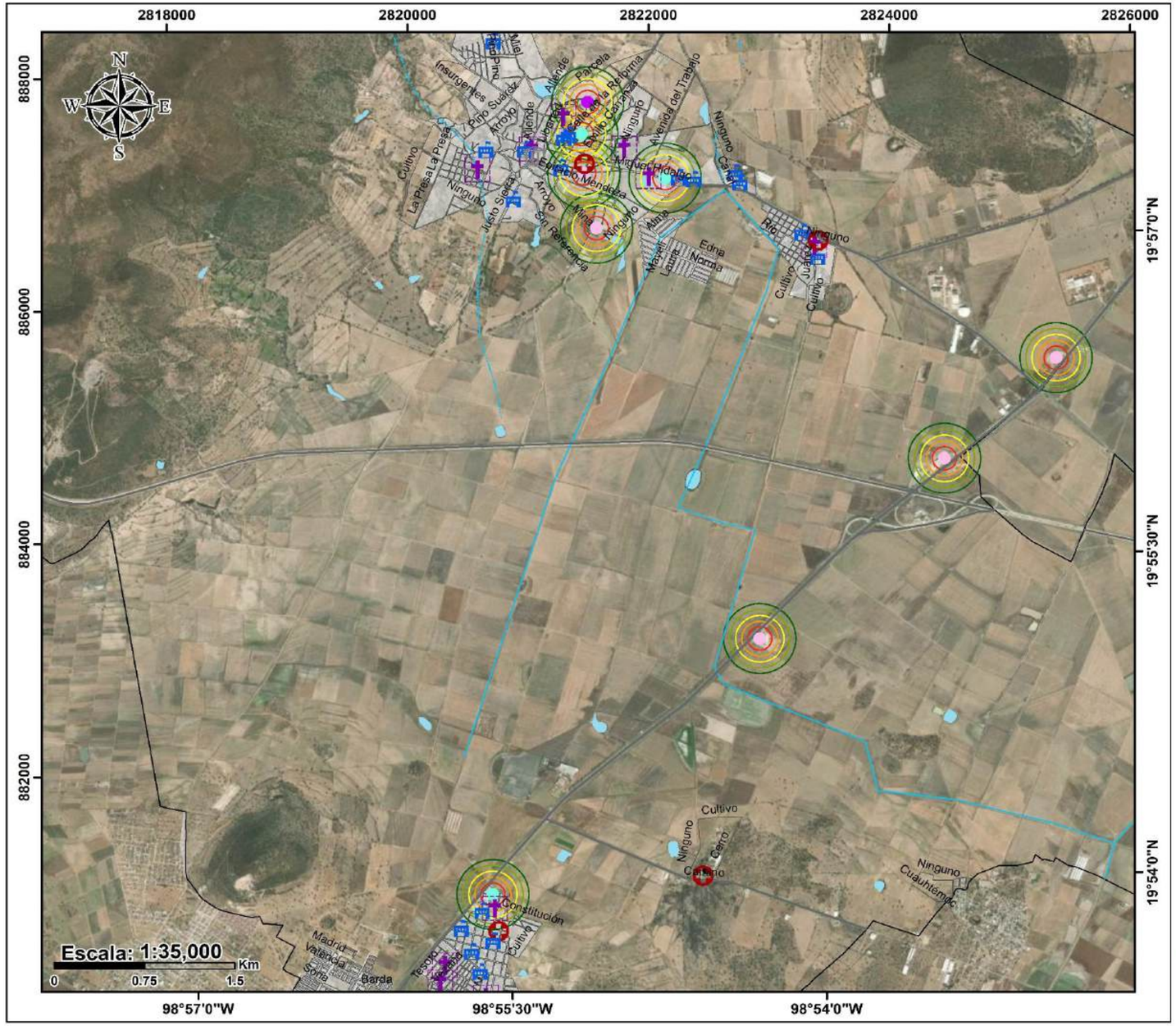
Posteriormente se elaboró un mapa de riesgo por derrames integrando las manzanas de las localidades y las zonas de peligro, que corresponden a los establecimientos que manejan sustancias y materiales peligrosos, cuya vulnerabilidad fue previamente identificada. El análisis del riesgo por derrames se realizó mediante un estudio detallado, donde se evaluaron las áreas más vulnerables y con mayor riesgo dentro de la zona. En este proceso, se incluyeron las manzanas con alta vulnerabilidad y se delimitaron las zonas de peligro, estableciendo un radio de 300 metros alrededor de los puntos críticos. El objetivo fue determinar la probabilidad de que estas áreas se vean afectadas por posibles derrames.

Resultados

El análisis anterior permitió generar el mapa de riesgo que determina las áreas más propensas a derrames, lo que facilita la toma de decisiones en término de prevención y mitigación. Con esta información, se pueden implementar medidas adecuadas de protección civil, así como planificar estrategias de respuesta inmediata ante cualquier incidente.

Derrames	
Radios de afectación	9
Fenómeno	Derrame
Unidad	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor.
	Comercio al por menor de gasolina y diésel.
	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial.
Sitios susceptibles	6 escuelas 4 templos 2 centros de salud
Nivel de riesgo	Muy alto

Mapa de riesgo por derrames



Simbología

Riesgo por derrames
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

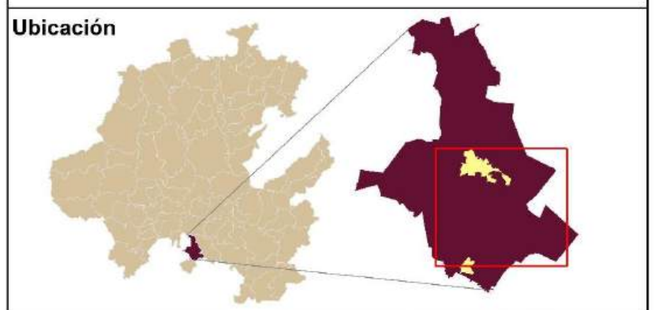
Sitios de interés
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos
- Localidades
- Manzanas
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpDer- Riesgo por derrames

Peligro por fugas tóxicas

Las fugas tóxicas son la liberación o pérdida de contención de cualquier sustancia líquida, sólida o gaseosa del recipiente que la contiene, que produce daños a los tejidos vivos; causando lesiones, enfermedades graves o en casos extremos la muerte; estos daños se generan cuando se ingiere, inhala o se absorbe esta toxicidad a través de la piel (CENAPRED, 2007).

Metodología

Para generar el mapa de peligro por explosiones se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 150 m para zonas de afectación por explosiones que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de productos químicos para la industria farmacéutica y comercio de gas LP en cilindros y tanques.

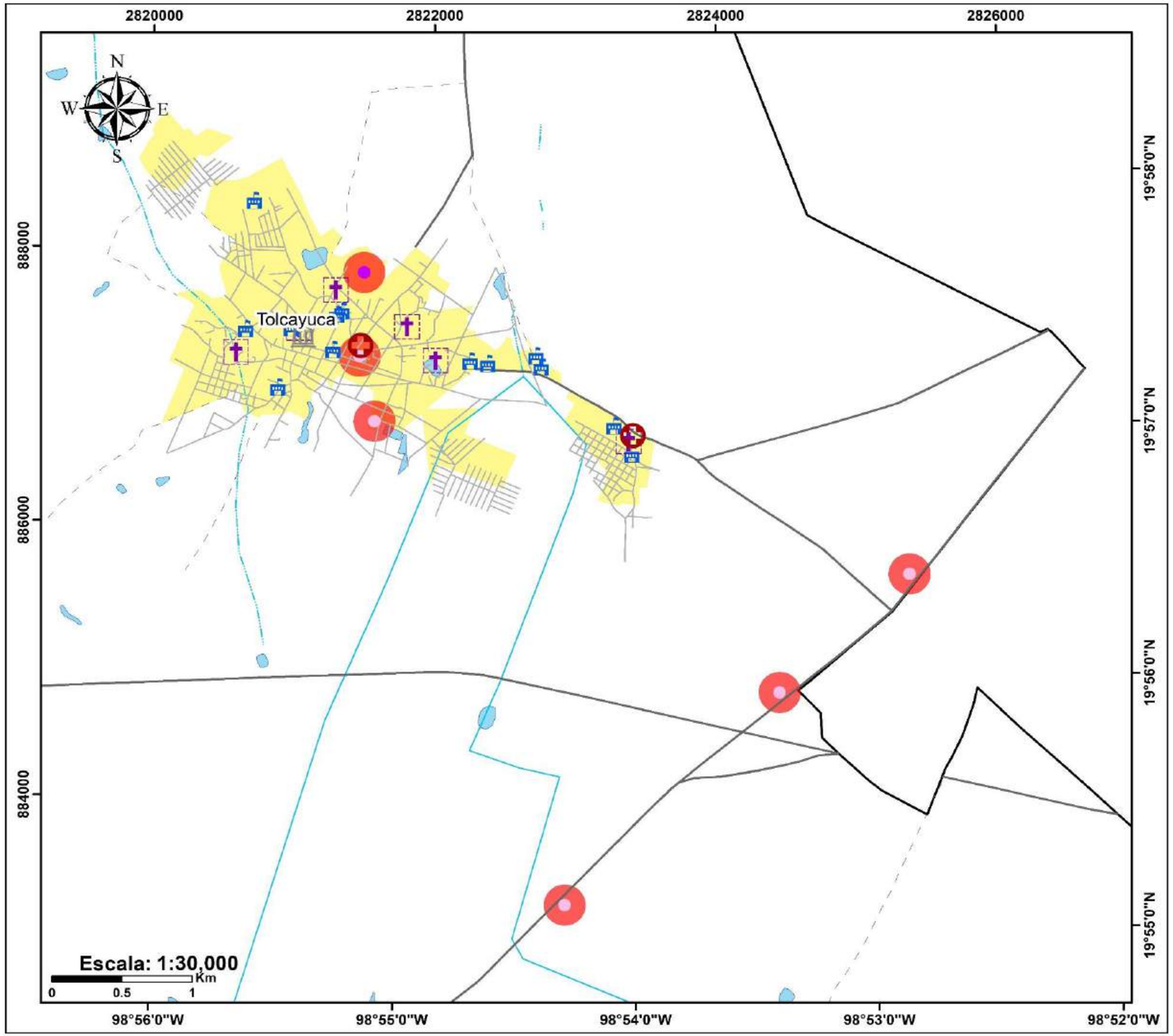
Resultados

Para conocer los lugares potencialmente peligros a desarrollar fugas toxicas en el municipio se localizó una zona de peligro, identificada como zona centro y dentro de ellas se tiene un total de 6 puntos de peligro.

Zonas y unidades en peligro por explosiones en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Zona	Zona centro
Radios de afectación	6
Fenómeno	Fugas tóxicas
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	1 templo 1 centro de asistencia médica
Nivel de peligro	Muy alto

Mapa de peligro por fugas tóxicas



Simbología

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos

- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

Sitios de interés

- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos

- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

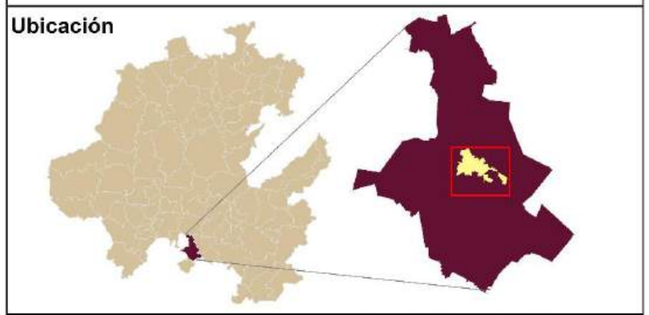
Radio de afectación

- 150 m
- Calles

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpFt-Peligro por fugas tóxicas

Vulnerabilidad por fugas toxicas

La vulnerabilidad ante fugas tóxicas en Tolcayuca está vinculada principalmente a la proximidad de la población a fábricas y plantas de procesamiento de productos químicos. Según un informe de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT, 2020), el municipio se encuentra en una zona industrial en crecimiento, lo que incrementa la probabilidad de que se presenten accidentes relacionados con productos tóxicos. Las fugas de estos materiales pueden tener efectos inmediatos sobre la salud, como intoxicaciones, problemas respiratorios y, en algunos casos, muertes. Además, los efectos a largo plazo incluyen enfermedades crónicas y mutaciones genéticas derivadas de la exposición prolongada a sustancias peligrosas.

En términos de vulnerabilidad social, se ha documentado que las comunidades cercanas a las áreas industriales en Tolcayuca tienen un acceso limitado a información y recursos para enfrentar emergencias de este tipo. Según un estudio realizado por el Centro de Investigación y Desarrollo Ambiental (CIDA, 2022), la falta de programas de prevención y respuesta rápida ante fugas químicas agrava la situación. La carencia de infraestructura adecuada y la escasa capacitación en manejo de emergencias aumentan la susceptibilidad de la población local a los efectos nocivos de los accidentes químicos.

Tolcayuca se encuentra en una región con cuerpos de agua y suelos agrícolas, lo que amplifica los riesgos de contaminación a gran escala en caso de derrames o fugas. La contaminación de los recursos hídricos podría afectar no solo a la población local, sino también a otras regiones del estado de Hidalgo, incrementando el impacto de cualquier accidente químico.

Para la elaboración de estos mapas se estudió la metodología Probit. La palabra Probit, proviene de la conjunción de probabilidad y unidad, cuyo fin es estimar la probabilidad de que una observación entre en una categoría específica. En el caso de riesgos químico-tecnológicos, la Probit consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para determinar consecuencias desfavorables sobre la población y otros elementos vulnerables (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos., s.f.).

La ecuación se basa en datos experimentales de dosis-respuesta y se expresa de la siguiente forma:

$$Y = K_1 + K_2 * ln\ V$$

Donde:

Y: probit

V: magnitud del peligro

K_1, K_2, n: constante

Esta combinación de factores da como resultado valores iguales para el Probit (Y), por lo que produce tazas de mortalidad para la población expuesta.

La vulnerabilidad de personas se expresa como el número de individuos que, previsiblemente pueden resultar afectados con un cierto nivel

de daño a causa de un accidente. Por otra parte, la vulnerabilidad de instalaciones se puede cuantificar utilizando magnitudes económicas, aunque se va a reducir el análisis a las estimaciones de daños en estructuras y roturas de cristales.

FENÓMENOS PELIGROSOS	CONSENCUENCIAS	TIPO DE DAÑO	V	K_1	K_2
Incendios de charco o depósito.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Bolas de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Dardo de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Llamarada o incendios flash.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Explosión	Sobrepresión	Muertes por hemorragia pulmonar	p	77,1	6,91
Explosión	Sobrepresión	Rotura de tímpanos	p	15,6	1,93
Explosión	Sobrepresión	Muertes por impacto	I	46,1	4,82
Explosión	Sobrepresión	Heridas por impacto	I	39,1	4,45
Explosión	Sobrepresión	Daños en estructuras	p	23,8	2,92
Explosión	Sobrepresión	Rotura de cristales	p	18,1	2,79

Para comprender un poco mejor la variable V decimos que:

q/A: flujo de radiación térmica (W/m^2)

t: tiempo de exposición

p: sobrepresión (Pa)

I: impulso (Pa·s)

Los valores del flujo de radiación máxima tolerable en materiales de construcción son:

Material	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Cemento	60
Hormigón armado	200
Acero	40
Madera	10
Vidrio	30-300
Pared de ladrillo	400

En cuanto al efecto que se tiene sobre las personas de acuerdo al tiempo de exposición los valores a aplicar son los siguientes:

Personas	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Exposición durante 20 s sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0

Los valores de las constantes K o n, son empíricos sobre casos concretos donde se conocen datos reales de accidentes ocurridos. La probabilidad asociada determina la mortalidad de personas expuestas ante una sustancia química. Para las sustancias químicas más utilizadas en la misma industria se tienen los valores de la siguiente tabla:

Sustancia	IPVS (ppm)	K_1	K_2	n
Acroleína		-9,931	2,049	1
Acrilonitrilo		-29,42	3,008	1,43
Amoniaco		-30,57	1,385	2,75
Benceno		-109,78	5,3	2
Bromo		-9,04	0,92	2
Cianuro de hidrógeno		-29,42	3,008	1,43
Cloro		-8,29	0.92	2
Afecciones por cloro		-2,4	2,9	1
Cloruro de hidrógeno		-16,85	2,00	1
Dióxido de azufre		-15,67	2,1	
Dióxido de nitrógeno		-13,97	1,4	2
Fluoruro de hidrógeno		-35,87	3,354	1

Metodología

Para el mapa de vulnerabilidad por fugas tóxicas se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014).

Se tomó en cuenta la descripción de la metodología Probit, por lo que se categorizó de acuerdo a los tipos de daño, resultando así en cinco categorías: deceso, rotura, daño grave, herida y afectación; refiriéndonos en términos humanos y económicos. Además, se determinaron líneas de isoriesgo a cada 50 metros (lo que corresponde a los 5 buffers de las categorías ya establecidas mediante la Probit).

Para calcular la vulnerabilidad física, se estimó el promedio aproximado de lotes por manzana, resultando en un total de cuatro. Posteriormente, se multiplicó este valor por el número de manzanas dentro del radio de afectación y se sumaron los resultados de todos los radios considerados.

Resultados

Para conocer los lugares potencialmente vulnerables a incendios en el municipio se localizan un total de 6 puntos de vulnerabilidad.

El valor respectivo de vulnerabilidad social por fugas tóxicas en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

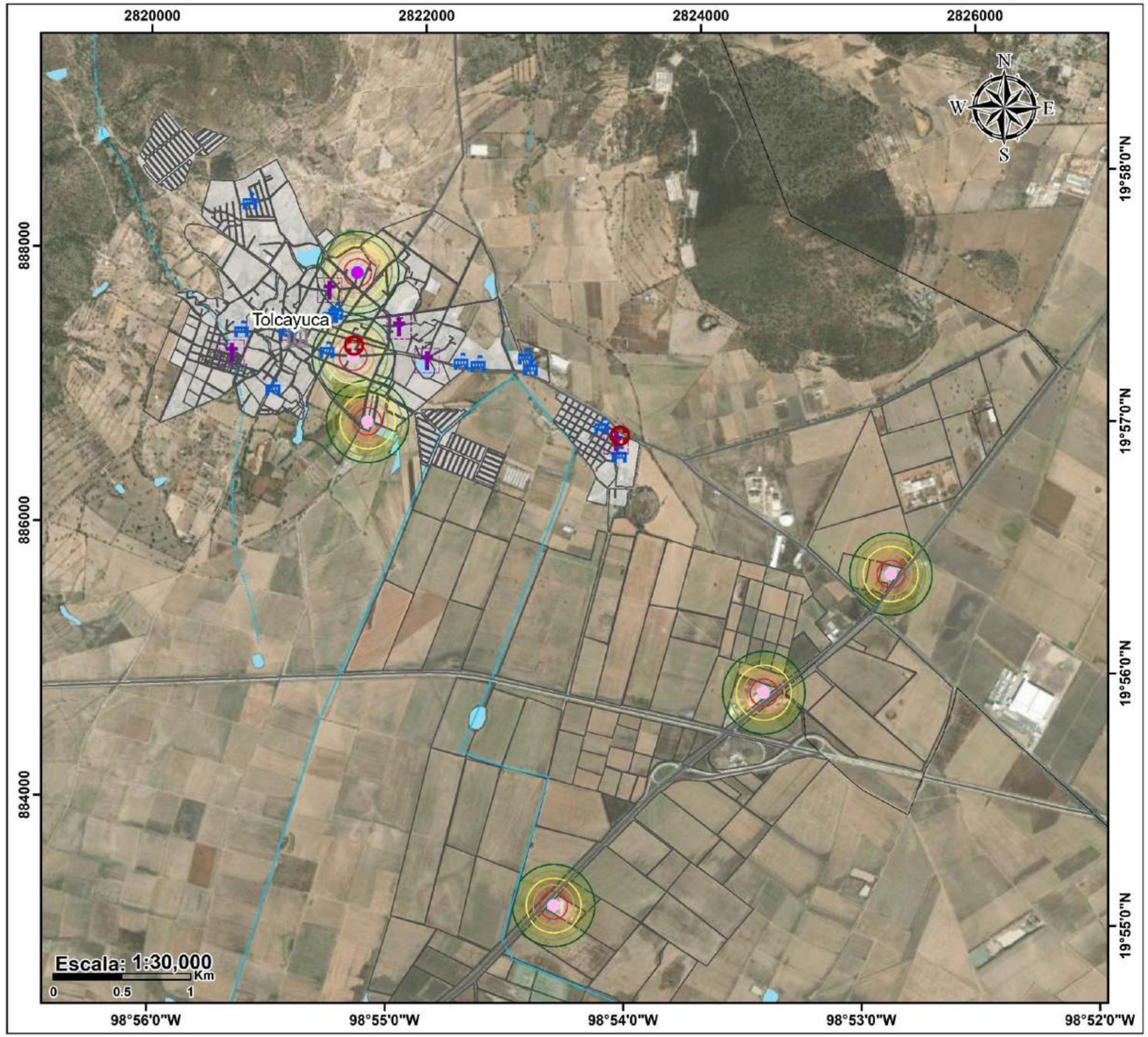
$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\mathrm{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(5100) = \mathbf{2,050,000}$$

En el municipio hay un total de **2,050,000 personas vulnerables ante fugas tóxicas**.

Vulnerabilidad por fugas tóxicas	
Radio de afectación	6
Fenómeno	Explosiones
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	6 centro de asistencia médica
	8 escuelas
	1 instalación gubernamental
	7 templos
Nivel de vulnerabilidad	Muy alta

Mapa de vulnerabilidad por fugas tóxicas



Simbología

Vulnerabilidad por fugas tóxicas
- Deceso
- Rotura
- Daño grave
- Herida
- Afectación

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

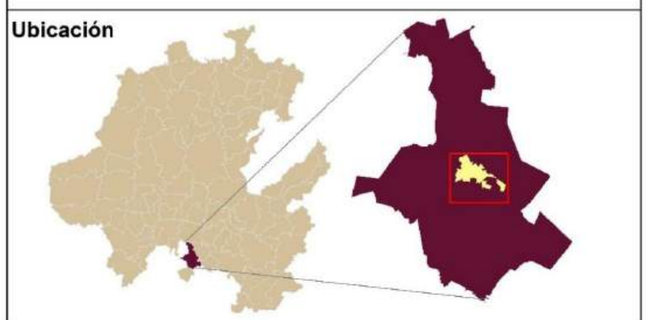
Sitios de interés
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos
- Localidades
- Lotes
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

VpFt - Vulnerabilidad por fugas tóxicas

Riesgo por fugas toxicas

Las fugas tóxicas son la liberación o pérdida de contención de cualquier sustancia líquida, sólida o gaseosa del recipiente que la contiene, que produce daños a los tejidos vivos; causando lesiones, enfermedades graves o en casos extremos la muerte; estos daños se generan cuando se ingiere, inhala o se absorbe esta toxicidad a través de la piel (CENAPRED, 2007).

Metodología

Para generar el mapa de riesgo primero se obtuvo el peligro por fugas tóxicas, localizados con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 300 m para zonas que podrían ser afectadas por fugas tóxicas que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de gasolina, diésel, aceites y lubricantes.

Posteriormente se elaboró un mapa de riesgo por fugas tóxicas integrando las manzanas de las localidades y las zonas de peligro, que corresponden a los establecimientos que manejan sustancias y materiales peligrosos, cuya vulnerabilidad fue previamente identificada. El análisis del riesgo por fugas tóxicas se realizó mediante un estudio detallado, donde se evaluaron las áreas más vulnerables y con mayor riesgo dentro de la zona. En este proceso, se incluyeron las manzanas con alta vulnerabilidad y se delimitaron las zonas de peligro, estableciendo un radio de 300 metros alrededor de los puntos críticos. El objetivo fue determinar la probabilidad de que estas áreas se vean afectadas por posibles fugas tóxicas.

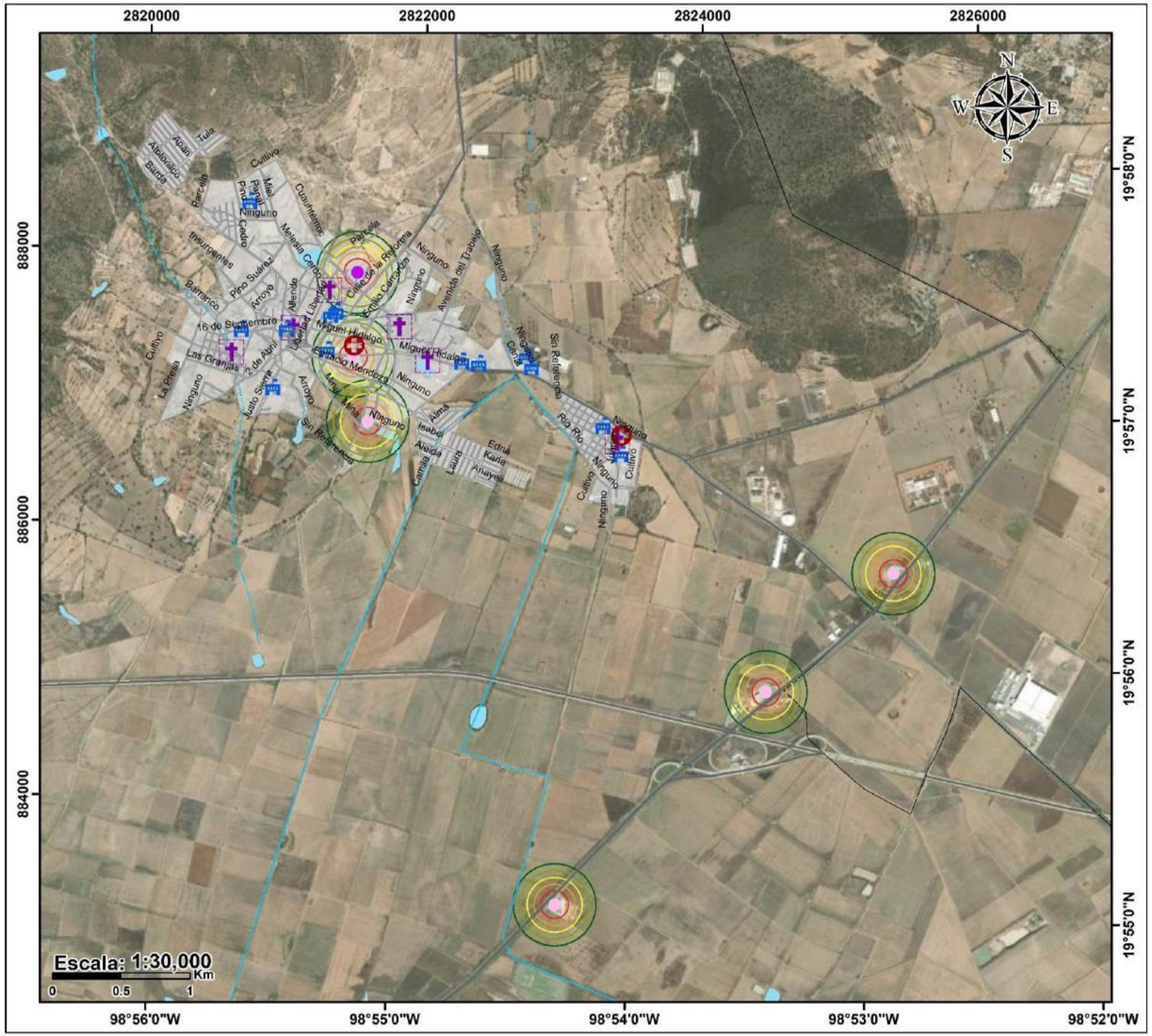
Resultados

El análisis anterior permitió generar el mapa de riesgo que determina las áreas más propensas a fugas tóxicas, lo que facilita la toma de decisiones en termino de prevención y mitigación.

Con esta información, se pueden implementar medidas adecuadas de protección civil, así como planificar estrategias de respuesta inmediata ante cualquier incidente. Para identificar los lugares con un potencial de riesgo por fugas tóxicas en el municipio, se delimitó una zona de riesgo que incluye un total de 6 puntos críticos:

Fugas tóxicas	
Radios de afectación	6
Fenómeno	Fugas tóxicas
Unidad	Comercio al por menor de gasolina y diésel.
	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial.
Sitios susceptibles	2 escuelas 1 templos 1 centros de salud
Nivel de riesgo	Muy alto

Mapa de riesgo por fugas tóxicas



Simbología

Riesgo por fugas tóxicas

- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos

- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

Sitios de interés

- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos

- Localidades
- Manzanas
- Límite municipal
- Zonas urbanas

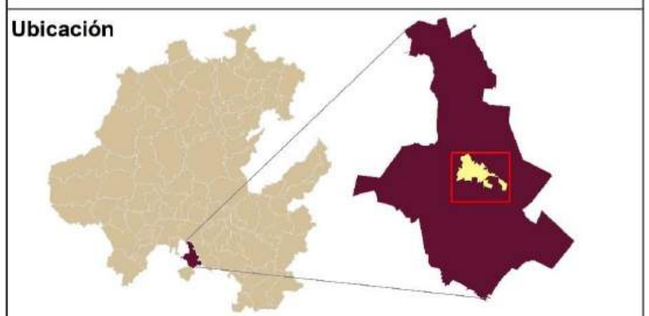
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpFt-Riesgo por fugas tóxicas

Peligro por incendios

Los incendios son fuegos no controlados de proporciones grandes que pueden ocasionar lesiones, pérdida de vidas humanas, daños materiales y deterioran el ambiente. Este fenómeno puede ocurrir en inmuebles, basureros, lotes baldíos o áreas verdes (CENAPRED, 2021).

Metodología

Para el mapa de peligro por incendios se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 100 m para zonas de afectación por explosiones que generalmente se ubican en sitios de comercio de productos químicos para la industria farmacéutica, comercio al por menor de aceites y grasas, comercio de gas LP, comercio de gasolina y diésel.

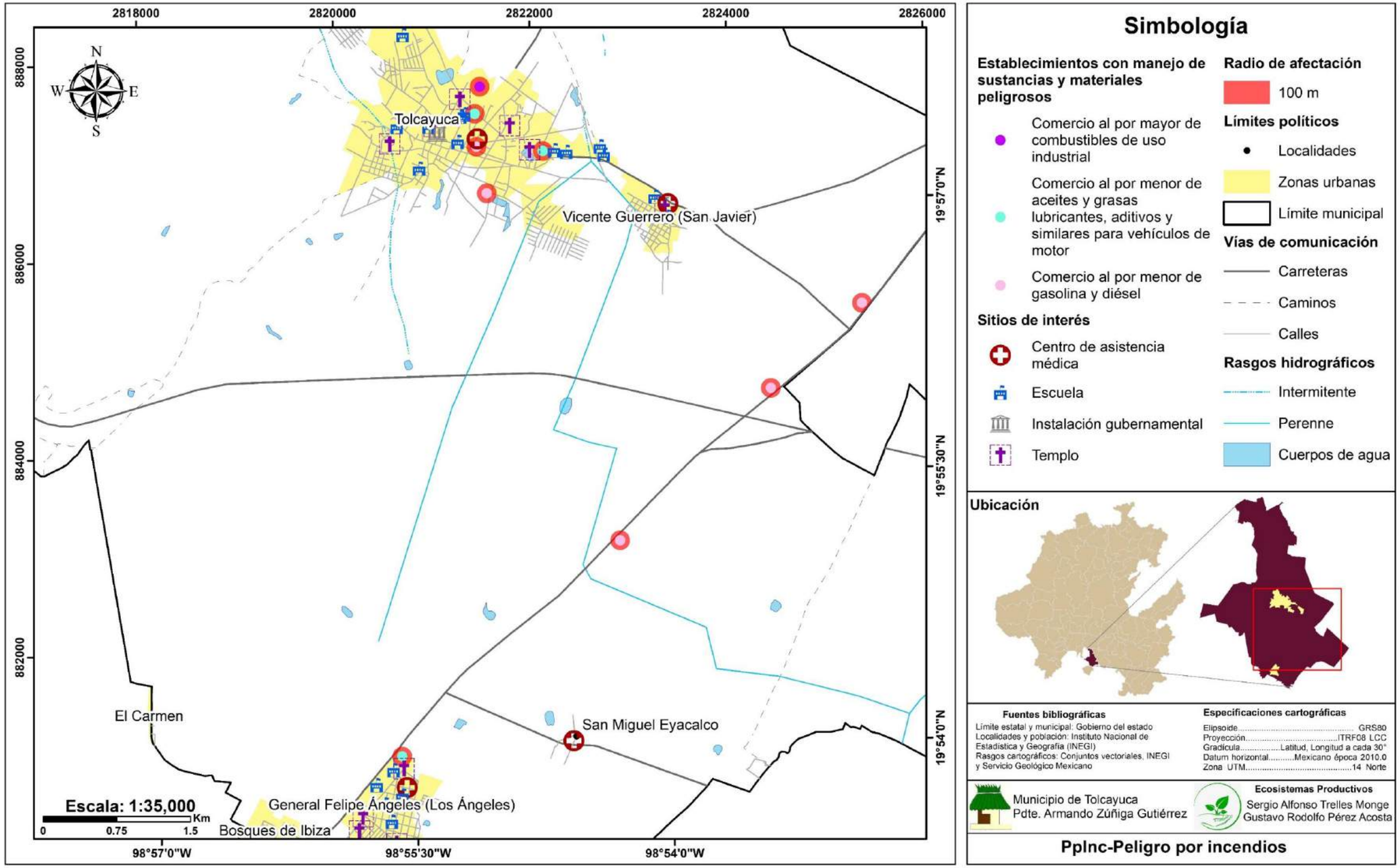
Resultados

Para conocer los lugares potencialmente peligros a desarrollar incendios en el municipio se localizó una zona de peligro, identificada como zona centro, dentro de ellas se tiene un total de 9 puntos de peligro.

Zonas y unidades en peligro por incendios en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Zona	Zona centro
Radios de afectación	9
Fenómeno	Incendios
Unidad	Comercio al por menor de aceites y lubricantes
	Comercio al por menor de aceites y lubricantes
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Lugares Susceptibles	3 escuelas 1 centro de asistencia médica 2 templos
Nivel de peligro	Muy alto

Mapa de peligro por incendios



Vulnerabilidad por incendios

La vulnerabilidad por incendios se refiere a la susceptibilidad de una área, infraestructura, comunidad o ecosistema a ser afectado negativamente por incendios. Esta vulnerabilidad puede deberse a una variedad de factores, incluyendo condiciones climáticas, tipos de vegetación, uso del suelo, densidad de población, y prácticas de manejo del fuego.

Factores que contribuyen a la vulnerabilidad

- Condiciones Climáticas: el clima juega un papel vital en la vulnerabilidad por incendios. Periodos prolongados de sequía, altas temperaturas y vientos fuertes pueden aumentar significativamente el riesgo de incendios. Estos eventos climáticos extremos son cada vez más comunes debido al cambio climático, lo que exacerba la frecuencia y severidad de los incendios forestales.
- Tipos de Vegetación: la vegetación en una región puede influir en la probabilidad y la intensidad de los incendios. Algunas plantas son más inflamables que otras, y la presencia de material combustible como hojas secas, ramas y hierba alta puede facilitar la propagación del fuego. Los bosques densos y las áreas con abundante vegetación seca son especialmente vulnerables.
- Densidad de Población: las áreas con alta densidad de población pueden tener una mayor vulnerabilidad debido a la mayor probabilidad de actividades humanas que pueden provocar incendios, como barbacoas, fogatas, y el uso de maquinaria. Las áreas rurales y remotas, por otro lado, pueden carecer de los recursos necesarios para responder rápidamente a un incendio.

Para la elaboración de estos mapas se estudió la metodología Probit. La palabra Probit, proviene de la conjunción de probabilidad y unidad, cuyo fin es estimar la probabilidad de que una observación entre en una categoría específica. En el caso de riesgos químico-tecnológicos, la probit consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para determinar consecuencias desfavorables sobre la población y otros elementos vulnerables (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos., s.f.).

La ecuación se basa en datos experimentales de dosis-respuesta y se expresa de la siguiente forma:

$$Y = K_1 + K_2 * ln\ V$$

Donde:

Y: probit

V: magnitud del peligro

K_1, K_2, n: constante

Esta combinación de factores da como resultado valores iguales para el Probit (Y), por lo que produce tazas de mortalidad para la población expuesta.

La vulnerabilidad de personas se expresa como el número de individuos que, previsiblemente pueden resultar afectados con un cierto nivel de daño a causa de un accidente. Por otra parte, la vulnerabilidad de instalaciones se puede cuantificar utilizando magnitudes

económicas, aunque se va a reducir el análisis a las estimaciones de daños en estructuras y roturas de cristales.

FENÓMENOS PELIGROSOS	CONSENCUENCIAS	TIPO DE DAÑO	V	K_1	K_2
Incendios de charco o depósito.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Bolas de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Dardo de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Llamarada o incendios flash.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Explosión	Sobrepresión	Muertes por hemorragia pulmonar	p	77,1	6,91
Explosión	Sobrepresión	Rotura de tímpanos	p	15,6	1,93
Explosión	Sobrepresión	Muertes por impacto	I	46,1	4,82
Explosión	Sobrepresión	Heridas por impacto	I	39,1	4,45
Explosión	Sobrepresión	Daños en estructuras	p	23,8	2,92
Explosión	Sobrepresión	Rotura de cristales	p	18,1	2,79

Para comprender un poco mejor la variable V decimos que:

q/A: flujo de radiación térmica (W/m^2)

t: tiempo de exposición

p: sobrepresión (Pa)

I: impulso (Pa·s)

Los valores del flujo de radiación máxima tolerable en materiales de construcción son:

Material	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Cemento	60
Hormigón armado	200
Acero	40
Madera	10
Vidrio	30-300
Pared de ladrillo	400

En cuanto al efecto que se tiene sobre las personas de acuerdo al tiempo de exposición los valores a aplicar son los siguientes:

Personas	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Exposición durante 20 s sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0

Los valores de las constantes K o n, son empíricos sobre casos concretos donde se conocen datos reales de accidentes ocurridos. La probabilidad asociada determina la mortalidad de personas expuestas ante una sustancia química. Para las sustancias químicas más utilizadas en la misma industria se tienen los valores de la siguiente tabla:

Sustancia	IPVS (ppm)	K_1	K_2	n
Acroleína		-9,931	2,049	1
Acrilonitrilo		-29,42	3,008	1,43
Amoniaco		-30,57	1,385	2,75
Benceno		-109,78	5,3	2
Bromo		-9,04	0,92	2
Cianuro de hidrógeno		-29,42	3,008	1,43
Cloro		-8,29	0.92	2
Afecciones por cloro		-2,4	2,9	1
Cloruro de hidrógeno		-16,85	2,00	1
Dióxido de azufre		-15,67	2,1	
Dióxido de nitrógeno		-13,97	1,4	2
Fluoruro de hidrógeno		-35,87	3,354	1

Metodología

Para el mapa de vulnerabilidad por incendios se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se tomó en cuenta la descripción de la metodología Probit, por lo que se categorizó de acuerdo a los tipos de daño, en fenómenos como explosión e incendios, resultando así en cinco categorías: deceso, rotura, daño grave, herida y afectación; refiriéndonos en términos humanos y económicos. Además, se determinaron líneas de isoriesgo a cada 50 metros (lo que corresponde a los 5 buffers de las categorías ya establecidas mediante la Probit).

Para zonas de afectación por incendios que generalmente se ubican en sitios de comercio de productos químicos para la industria farmacéutica, comercio al por menor de aceites y grasas, comercio de gas LP, comercio de gasolina y diésel. Posteriormente, se multiplicó este valor por el número de manzanas dentro del radio de afectación y se sumaron los resultados de todos los radios considerados.

Resultados

Para conocer los lugares potencialmente vulnerables a incendios en el municipio se localizan un total de 9 puntos de vulnerabilidad. El valor respectivo de vulnerabilidad social por incendios en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

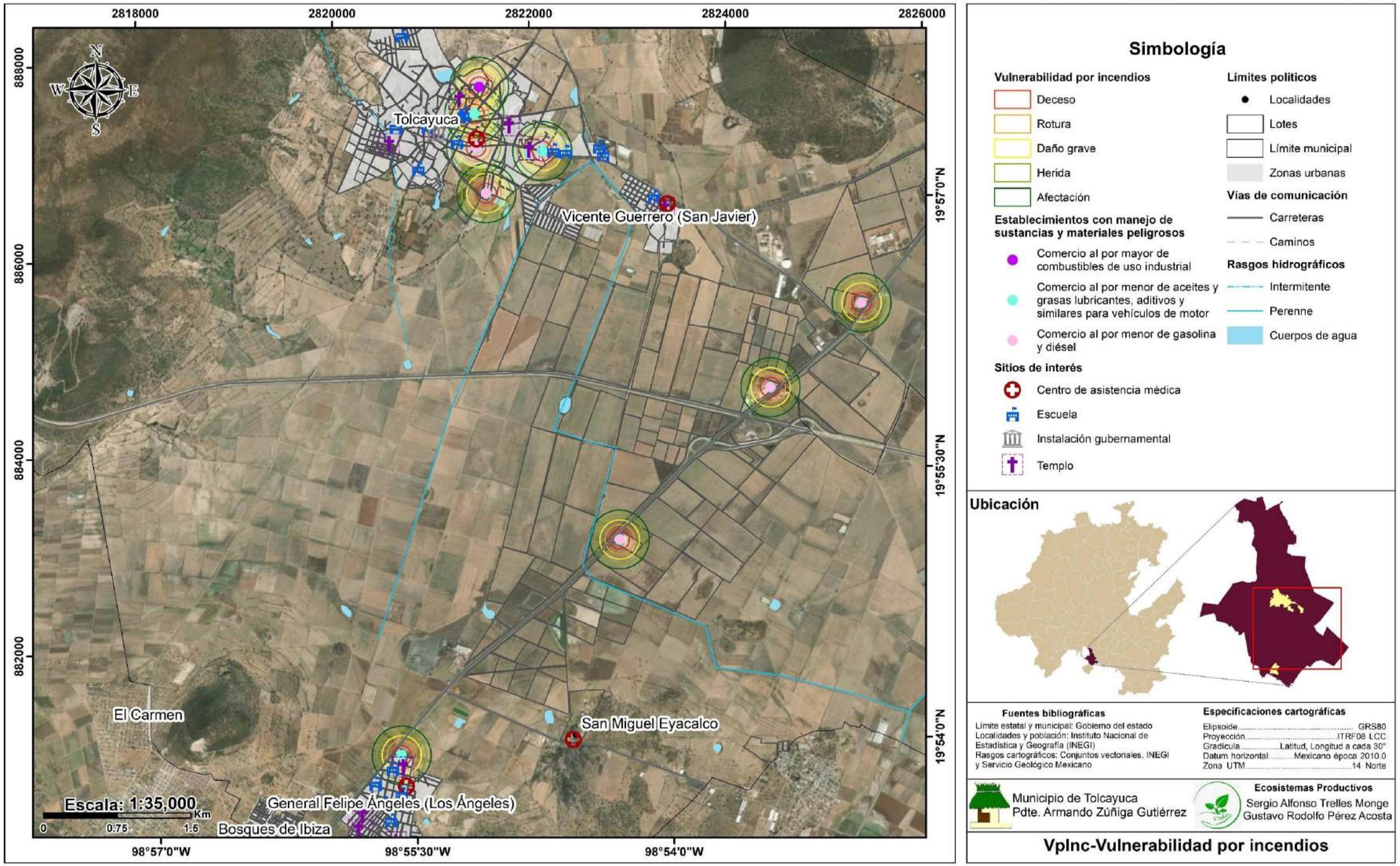
$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\mathrm{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(5000) = \mathbf{2,010,000}$$

En el municipio hay un total de **2,010,000 personas vulnerables ante incendio**.

Vulnerabilidad por incendios	
Radio de afectación	9
Fenómeno	Incendios
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	5 centro de asistencia médica
	12 escuelas
	1 instalación gubernamental
	10 templos
Nivel de vulnerabilidad	Muy alta

Mapa de vulnerabilidad por incendios



Riesgo por incendios

Los incendios relacionados con fenómenos físico-químicos representan un peligro significativo en distintos entornos, incluyendo la industria, el transporte y los hogares. Estos incendios pueden originarse por la interacción de sustancias inflamables con fuentes de ignición, reacciones exotérmicas no controladas o condiciones ambientales adversas (González & Martínez, 2018).

Este factor depende del peligro, que es la propiedad o característica de un fenómeno o sustancia que puede causar daño, además de la vulnerabilidad que es el grado de susceptibilidad que tienen las personas, el ambiente o la infraestructura y su exposición.

Metodología

Para generar el mapa de riesgo primero se obtuvo el peligro por incendios, localizados con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 300 m para zonas que podrían ser afectadas por incendios, que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de gasolina, diésel, aceites y lubricantes.

Posteriormente se elaboró un mapa de riesgo por incendios integrando las manzanas de las localidades y las zonas de peligro, que corresponden a los establecimientos que manejan sustancias y materiales peligrosos, cuya vulnerabilidad fue previamente identificada. El análisis del riesgo por incendio se realizó mediante un estudio detallado, donde se evaluaron las áreas más vulnerables y con mayor riesgo dentro de la zona. En este proceso, se incluyeron las manzanas con alta vulnerabilidad y se delimitaron las zonas de peligro, estableciendo un radio de 300 metros alrededor de los puntos críticos. El objetivo fue determinar la probabilidad de que estas áreas se vean afectadas por posibles incendios.

Resultados

El análisis anterior permitió generar el mapa de riesgo que determina las áreas más propensas a incendios, lo que facilita la toma de decisiones en término de prevención y mitigación. Con esta información, se pueden implementar medidas adecuadas de protección civil, así como planificar estrategias de respuesta inmediata ante cualquier incidente.

Para identificar los lugares con un potencial de riesgo por incendios en el municipio, se delimito una zona de riesgo que incluye un total, de 9 puntos críticos.

Incendios	
Radios de afectación	9
Fenómeno	Incendio
Unidad	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor.
	Comercio al por menor de gasolina y diésel.
	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial.
Sitios susceptibles	6 escuelas 4 templos 2 centros de salud
Nivel de riesgo	Muy alto

Mapa de riesgo por incendios

Simbología

Riesgo por incendios
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

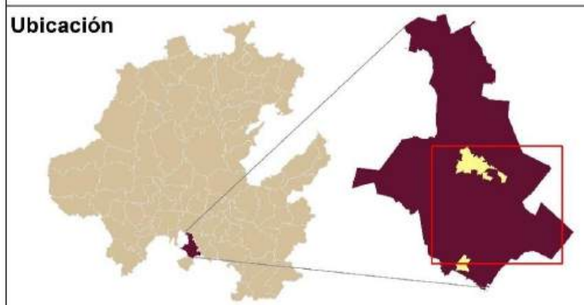
Sitios de interés
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos
- Localidades
- Manzanas
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpInc-Riesgo por incendios

Peligro por incendios forestales

Es la propagación libre y no programada del fuego sobre la vegetación en los bosques, selvas, zonas áridas y semiáridas. El combustible es el factor principal que determina la magnitud de este.

De acuerdo con la (CONAFOR, 2010) se conocen tres tipos de incendios determinados por la naturaleza de los combustibles:

Incendios superficiales:

Son los más comunes en México. El fuego se propaga en forma horizontal sobre la superficie del terreno, afectando combustibles vivos y muertos; como pastizales, ramas, arbustos o pequeños arboles de regeneración natural o plantación, troncos, humus, entre otros que se encuentran desde la superficie del suelo y hasta 1.5 metros de altura.

Incendios de copa o aéreos:

Son incendios con cobertura menor del 8% en los que se consume la totalidad de la vegetación, son peligrosos y muy difíciles de controlar.

Incendios subterráneos

Inician de forma superficial, bajo el suelo mineral debido a la acumulación y compactación de los combustibles. Por lo general, no producen llama y emiten poco humo. Aunque no son muy comunes (menos del 2%) cuando se presentan son peligrosos y difíciles de controlar.

Metodología

Con ayuda de la información de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), se ubicaron las zonas de peligro por incendios forestales.

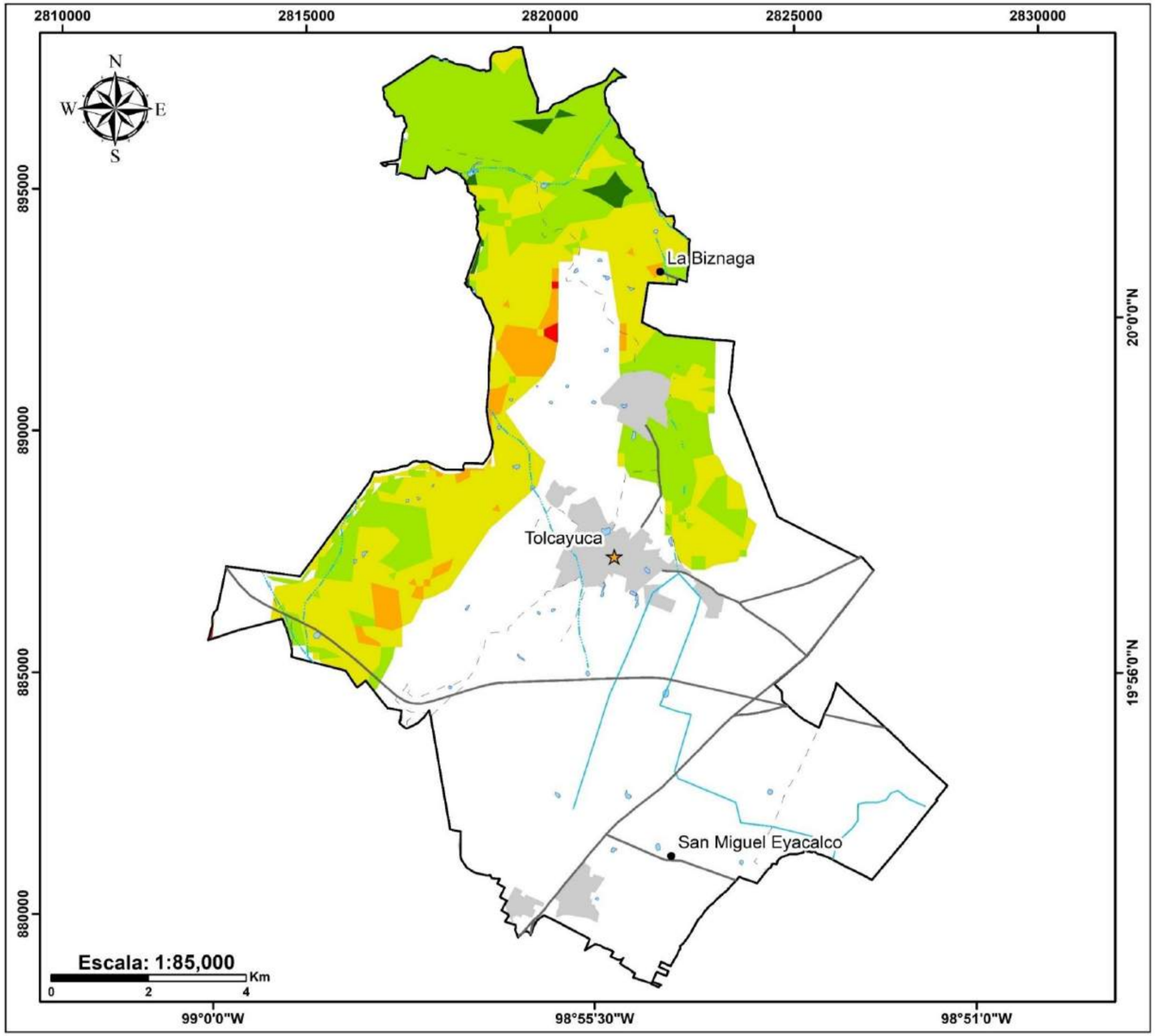
Resultados

La información de CONAFOR permitió identificar las áreas de peligro en el municipio de Tolcayuca, con un rango de nivel de peligro de 6 categorías:

No aplica (NA), Muy alto, Alto, Medio, Bajo y Muy bajo.

En el mapa de áreas prioritarias por incendios forestales observamos un rango de prioridad desde muy alto, alto, medio, bajo y muy alto.

Mapa de áreas prioritarias de incendios



Simbología

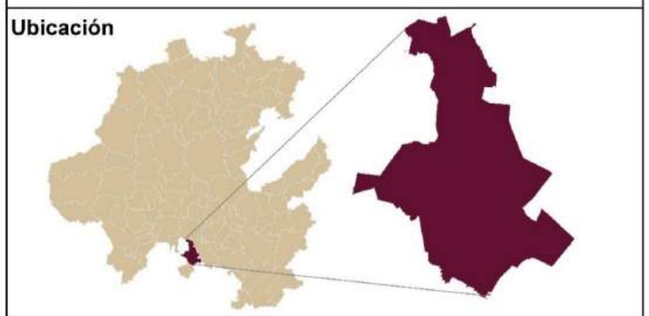
Prioridad
- Muy alta
- Alta
- Media
- Baja
- Muy baja

Límites políticos
- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

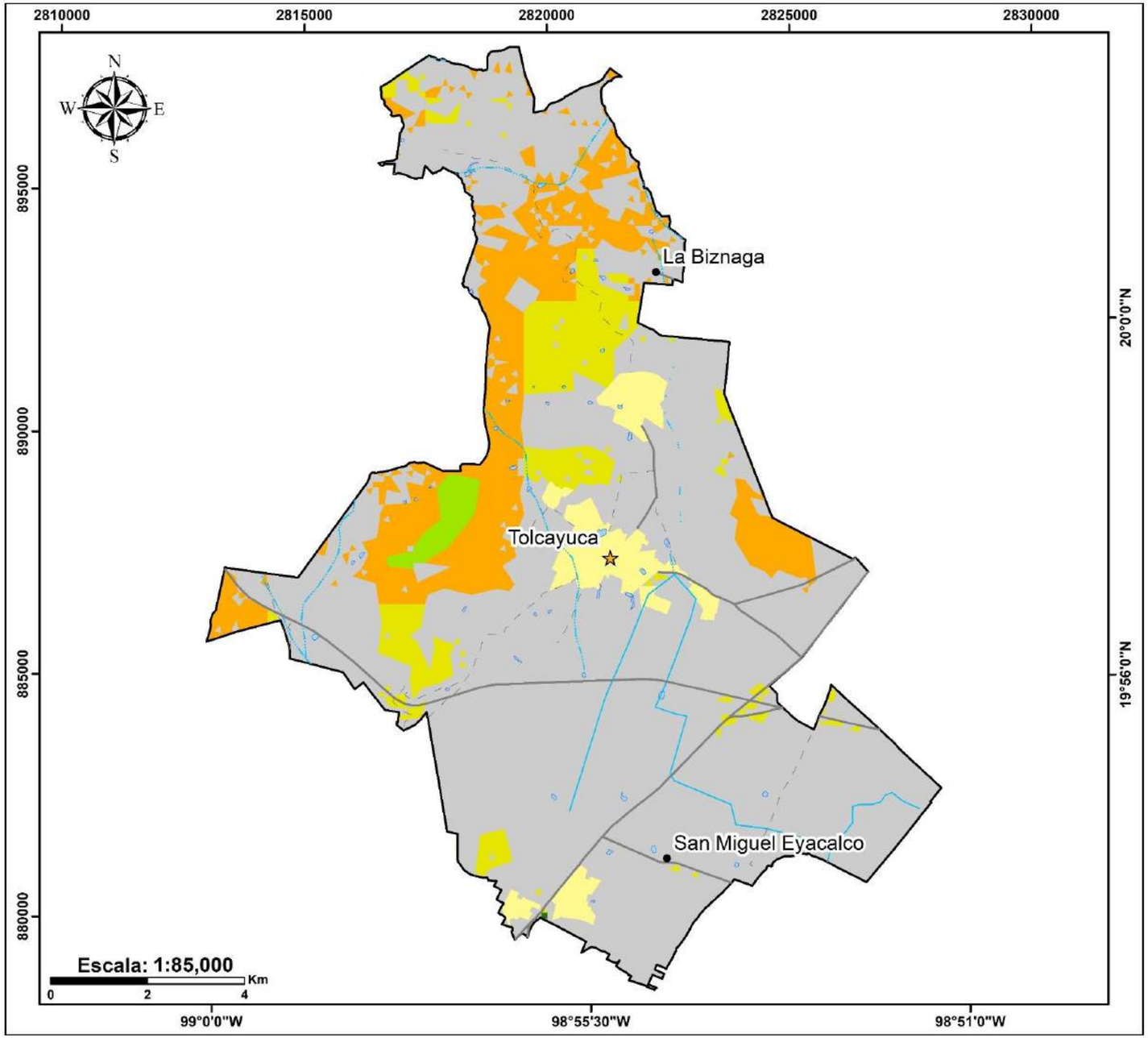
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

API-Áreas prioritarias de incendios

Mapa de peligro por incendios forestales



Simbología

Nivel de peligro

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

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

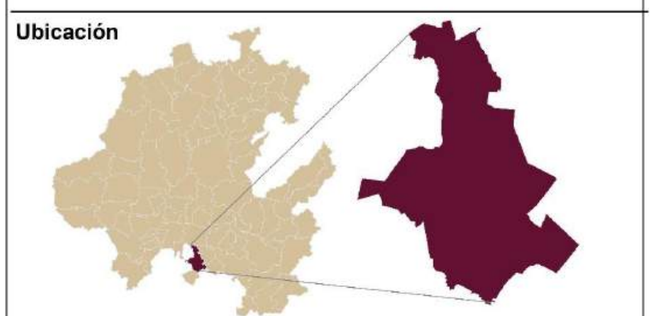
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Limite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpIF-Peligro por incendios forestales

Peligro por explosiones

Las explosiones son los escapes súbitos y repentinos de gases al interior de un espacio cerrado, estos pueden estar acompañados de altas temperaturas, violentas sacudidas y estruendosos ruidos (CENAPRED, 2021).

De acuerdo con CENAPRED (2007) existen dos tipos de explosiones:

Explosión de vapor no confinado: Se puede definir como deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de un bar en la zona de ignición. Estas explosiones son las más peligrosas y de consecuencias graves en la industria.

Explosión por expansión de líquido en ebullición: Son explosiones mecánicas en la que interviene un líquido en ebullición, que se incorpora rápidamente al vapor de expansión. Las explosiones BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) son casos especiales de estallido catastróficos, ocurridos en un recipiente a presión, en donde se escapa una súbita masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentado, hacia la atmosfera.

Metodología

Para el mapa de peligro por explosiones se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 100 m para zonas de afectación por explosiones que generalmente se ubican en sitios de comercio de productos químicos para la industria farmacéutica, comercio al por menor de aceites y grasas, comercio de gasolina y diésel.

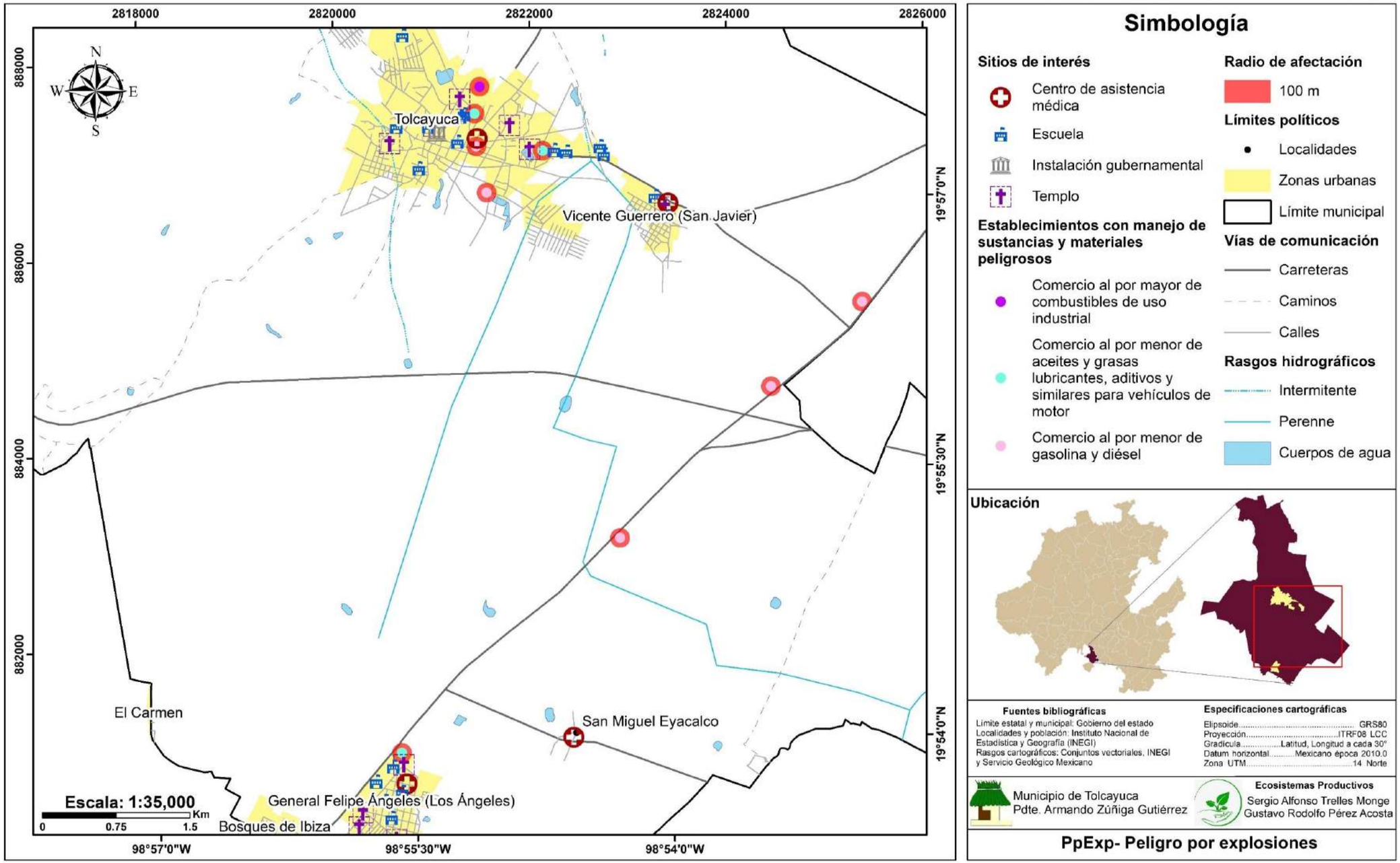
Resultados

Para conocer los lugares potencialmente peligros a desarrollar incendios en el municipio se localizó una zona de peligro, identificada como zona centro y dentro de ellas se tiene un total de 9 puntos de peligro

Zonas y unidades en peligro por explosiones en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Zona	Zona centro
Radios de afectación	9
Fenómeno	Explosiones
Unidad	Comercio al por mayor de combustible de uso industrial
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
	Comercio de aceites y lubricantes
Lugares Susceptibles	3 escuelas 1 centro de asistencia médica 2 templos
Nivel de peligro	Muy alto

Mapa de peligro por explosiones



Vulnerabilidad por explosiones

Tolcayuca ha experimentado un crecimiento económico impulsado por la expansión de la industria, particularmente en áreas cercanas a la Zona Metropolitana del Valle de México.

La vulnerabilidad de Tolcayuca frente a explosiones se ve influenciada por varios factores. Primero, la densidad poblacional en las áreas industriales y el crecimiento de viviendas en las cercanías de estos núcleos incrementan la exposición al riesgo. Además, la infraestructura vial y las condiciones del entorno, como la proximidad a carreteras que transportan materiales peligrosos, aumentan la probabilidad de que se presenten incidentes relacionados con explosiones (Jiménez & Hernández, 2020).

Por otro lado, las características del tipo de industria instalada en la región, como la manufactura de productos químicos y la presencia de refinerías, incrementan la exposición a sustancias que pueden ser fácilmente inflamables o explosivas. Este tipo de industria requiere de estrictos protocolos de seguridad, los cuales en ocasiones no se cumplen adecuadamente debido a fallas en los sistemas de supervisión y mantenimiento.

Para la elaboración de estos mapas se estudió la metodología Probit. La palabra Probit, proviene de la conjunción de probabilidad y unidad, cuyo fin es estimar la probabilidad de que una observación entre en una categoría específica. En el caso de riesgos químico-tecnológicos, la Probit consiste en la aplicación de correlaciones estadísticas para determinar consecuencias desfavorables sobre la población y otros elementos vulnerables (Grupo Universitario de Investigación Analítica de Riesgos., s.f.).

La ecuación se basa en datos experimentales de dosis-respuesta y se expresa de la siguiente forma:

$$Y = K_1 + K_2 * ln\ V$$

Donde:

Y: probit

V: magnitud del peligro

K_1, K_2, n: constante

Esta combinación de factores da como resultado valores iguales para el Probit (Y), por lo que produce tazas de mortalidad para la población expuesta.

La vulnerabilidad de personas se expresa como el número de individuos que, previsiblemente pueden resultar afectados con un cierto nivel de daño a causa de un accidente. Por otra parte, la vulnerabilidad de instalaciones se puede cuantificar utilizando magnitudes económicas, aunque se va a reducir el análisis a las estimaciones de daños en estructuras y roturas de cristales.

FENÓMENOS PELIGROSOS	CONSENCUENCIAS	TIPO DE DAÑO	V	K_1	K_2
Incendios de charco o depósito.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Bolas de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Dardo de fuego.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Llamarada o incendios flash.	Radiación térmica	Muertes por radiación térmica	$V = t\frac{\sqrt[3]{(q/A)^4}}{10^4}$	14,9	2,56
Explosión	Sobrepresión	Muertes por hemorragia pulmonar	p	77,1	6,91
Explosión	Sobrepresión	Rotura de tímpanos	p	15,6	1,93
Explosión	Sobrepresión	Muertes por impacto	I	46,1	4,82
Explosión	Sobrepresión	Heridas por impacto	I	39,1	4,45
Explosión	Sobrepresión	Daños en estructuras	p	23,8	2,92
Explosión	Sobrepresión	Rotura de cristales	p	18,1	2,79

Para comprender un poco mejor la variable V decimos que:

q/A: flujo de radiación térmica (W/m^2)

t: tiempo de exposición

p: sobrepresión (Pa)

I: impulso (Pa·s)

Los valores del flujo de radiación máxima tolerable en materiales de construcción son:

Material	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Cemento	60
Hormigón armado	200
Acero	40
Madera	10
Vidrio	30-300
Pared de ladrillo	400

En cuanto al efecto que se tiene sobre las personas de acuerdo con el tiempo de exposición los valores a aplicar son los siguientes:

Personas	Radiación máxima tolerable (kW/m^2)
Exposición durante 20 s sin quemaduras	6,5
Bomberos y personas protegidas	4,7
Personas desprotegidas	4,0

Los valores de las constantes K o n, son empíricos sobre casos concretos donde se conocen datos reales de accidentes ocurridos. La probabilidad asociada determina la mortalidad de personas expuestas ante una sustancia química. Para las sustancias químicas más utilizadas en la misma industria se tienen los valores de la siguiente tabla:

Sustancia	IPVS (ppm)	K_1	K_2	n
Acroleína		-9,931	2,049	1
Acrilonitrilo		-29,42	3,008	1,43
Amoniaco		-30,57	1,385	2,75
Benceno		-109,78	5,3	2
Bromo		-9,04	0,92	2
Cianuro de hidrógeno		-29,42	3,008	1,43
Cloro		-8,29	0.92	2
Afecciones por cloro		-2,4	2,9	1
Cloruro de hidrógeno		-16,85	2,00	1
Dióxido de azufre		-15,67	2,1	
Dióxido de nitrógeno		-13,97	1,4	2
Fluoruro de hidrógeno		-35,87	3,354	1

Metodología

Para el mapa de vulnerabilidad por explosiones se localizaron con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo con lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014).

Se tomó en cuenta la descripción de la metodología Probit, por lo que se categorizó de acuerdo a los tipos de daño, resultando así en cinco categorías: deceso, rotura, daño grave, herida y afectación; refiriéndonos en términos humanos y económicos. Además, se determinaron líneas de isoriesgo a cada 50 metros (lo que corresponde a los 5 buffers de las categorías ya establecidas mediante la Probit).

Para zonas de afectación por explosiones que generalmente se ubican en sitios de comercio de productos químicos para la industria farmacéutica, comercio al por menor de aceites y grasas, comercio de gas LP, comercio de gasolina y diésel.

Posteriormente, se multiplicó este valor por el número de manzanas dentro del radio de afectación y se sumaron los resultados de todos los radios considerados.

Resultados

Para conocer los lugares potencialmente vulnerables a incendios en el municipio se localizan un total de 9 puntos de vulnerabilidad.

El valor respectivo de vulnerabilidad social por explosiones en el municipio se obtiene a partir de multiplicar el valor promedio de habitantes por vivienda por el total de lotes digitalizado. El valor promedio de habitantes por vivienda en Tolcayuca es de 4.2, de acuerdo con (INEGI, 2020).

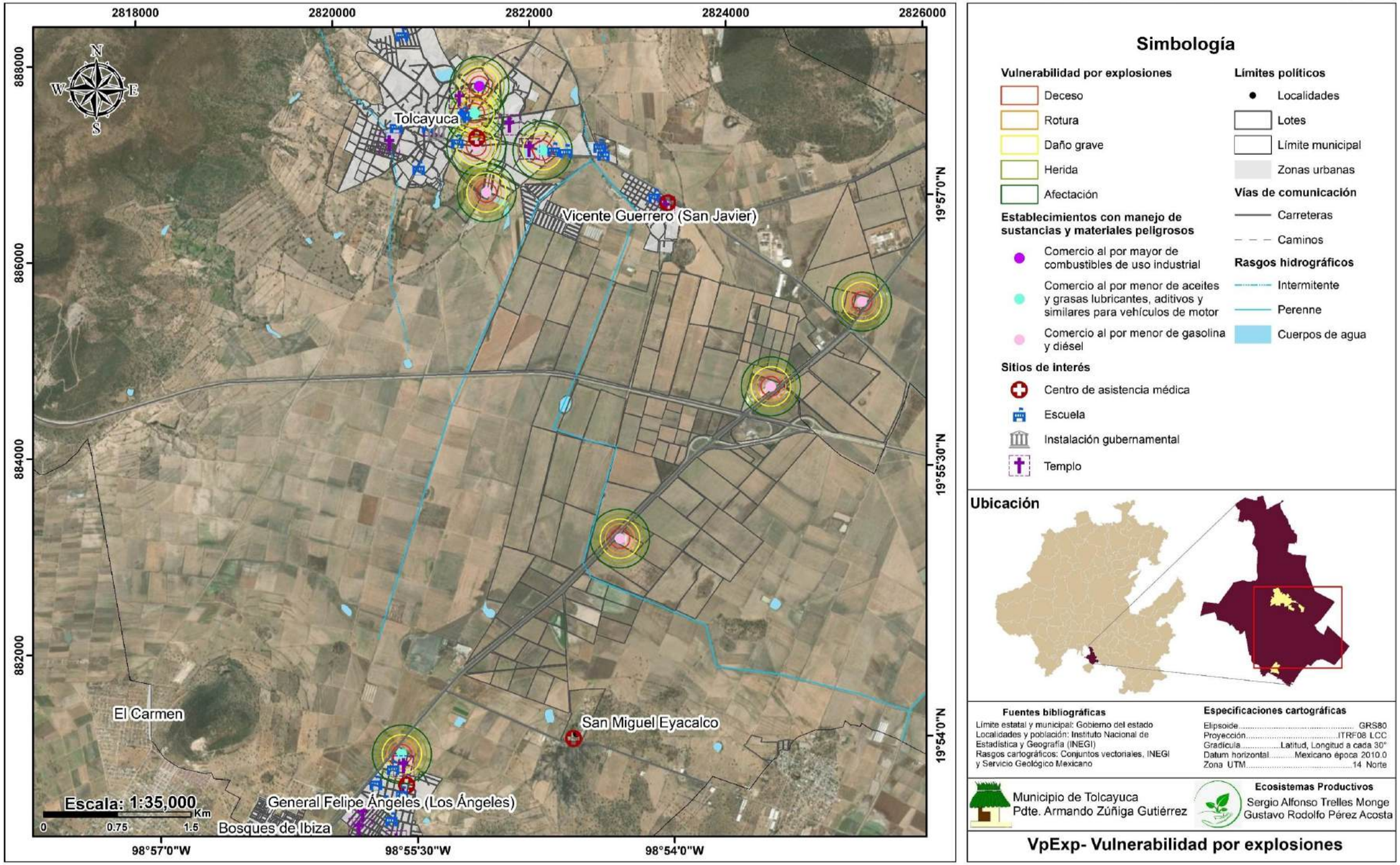
$$\mathrm{VS} = (\text{Habitantes por vivienda})\mathrm{x}(\text{Total de lotes})$$

$$VS = (4.2)x(5000) = \mathbf{2,010,000}$$

En el municipio hay un total de **2,010,000 personas vulnerables ante explosiones**.

Vulnerabilidad por explosiones	
Radio de afectación	9
Fenómeno	Explosiones
Unidad	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
	Comercio al por menor de gasolina y diésel
Sitios susceptibles	2 centro de asistencia médica
	10 escuelas
	1 instalación gubernamental
	15 templos
Nivel de vulnerabilidad	Muy alta

Mapa de vulnerabilidad por explosiones



Riesgo por explosiones

Las explosiones son los escapes súbitos y repentinos de gases al interior de un espacio cerrado, estos pueden estar acompañados de altas temperaturas, violentas sacudidas y estruendosos ruidos (CENAPRED, 2021).

De acuerdo con CENAPRED (2007) existen dos tipos de explosiones:

Explosión de vapor no confinado

Se puede definir como deflagración explosiva de una nube de gas inflamable que se halla en un espacio amplio, cuya onda de presión alcanza una sobrepresión máxima del orden de un bar en la zona de ignición. Estas explosiones son las más peligrosas y de consecuencias graves en la industria.

Explosión por expansión de líquido en ebullición

Son explosiones mecánicas en la que interviene un líquido en ebullición, que se incorpora rápidamente al vapor de expansión. Las explosiones BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) son casos especiales de estallido catastróficos, ocurridos en un recipiente a presión, en donde se escapa una súbita masa de líquido o gas licuado a presión sobrecalentado, hacia la atmosfera.

Metodología

Para generar el mapa de riesgo primero se obtuvo el peligro por explosiones, localizados con ayuda de la DENUE (Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas) las actividades industriales o servicios en los que se almacenan sustancias consideradas altamente riesgosas e inflamables de acuerdo a lo dispuesto en el anexo 19 (Criterios para la modelación de escenarios de accidentes CENAPRED, 2014). Se señaló un radio de afectación de 300 m para zonas que podrían ser afectadas por explosiones, que generalmente se ubican en sitios de venta y almacenamiento de gasolina, diésel, aceites y lubricantes.

Posteriormente se elaboró un mapa de riesgo por explosiones integrando las manzanas de las localidades y las zonas de peligro, que corresponden a los establecimientos que manejan sustancias y materiales peligrosos, cuya vulnerabilidad fue previamente identificada. El análisis del riesgo por explosiones se realizó mediante un estudio detallado, donde se evaluaron las áreas más vulnerables y con mayor riesgo dentro de la zona. En este proceso, se incluyeron las manzanas con alta vulnerabilidad y se delimitaron las zonas de peligro, estableciendo un radio de 300 metros alrededor de los puntos críticos. El objetivo fue determinar la probabilidad de que estas áreas se vean afectadas por posibles explosiones.

Resultados

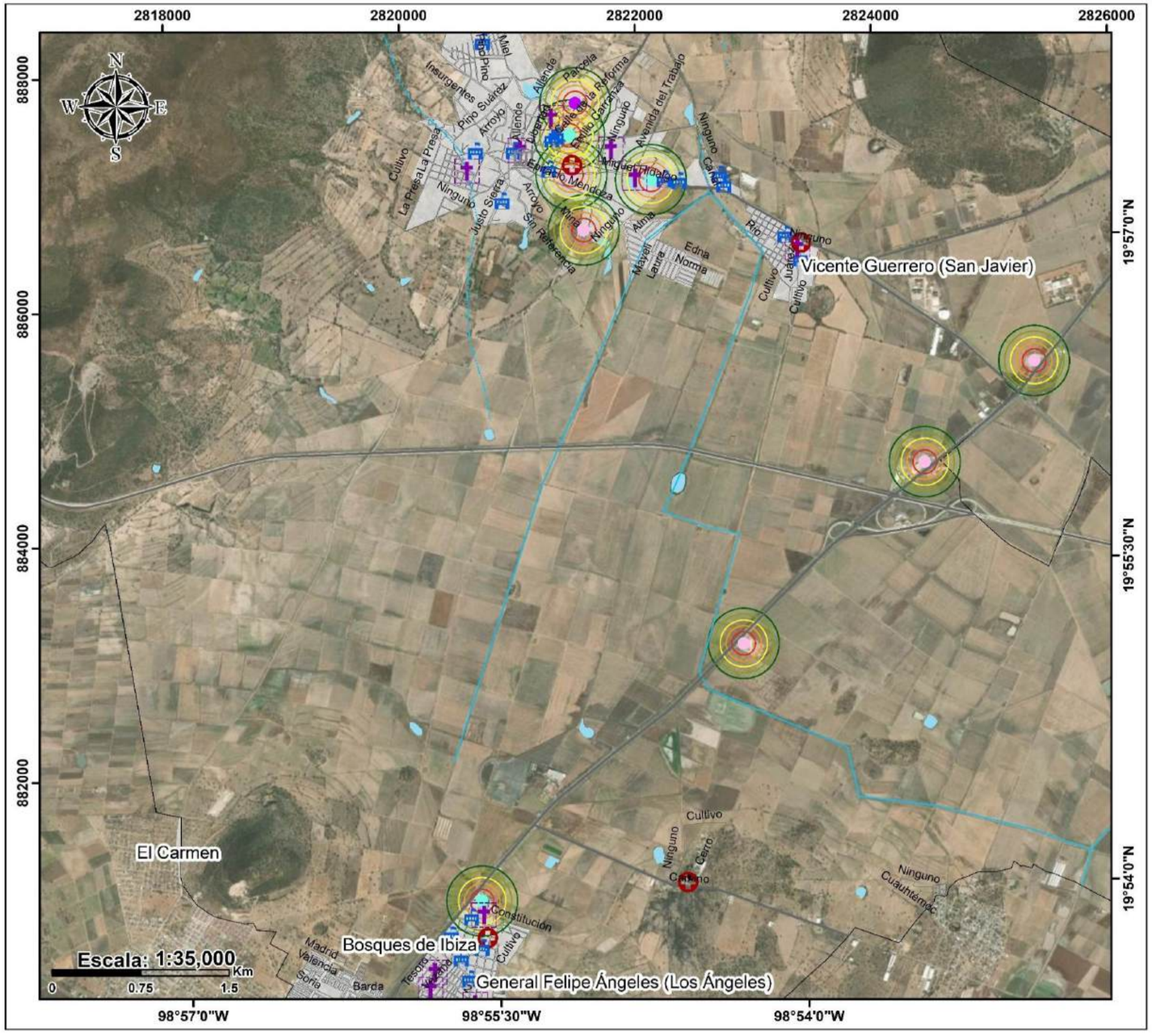
El análisis anterior permitió generar el mapa de riesgo que determina las áreas más propensas a explosiones, lo que facilita la toma de decisiones en término de prevención y mitigación. Con esta información, se pueden implementar medidas adecuadas de protección civil, así como planificar estrategias

de respuesta inmediata ante cualquier incidente.

Para identificar los lugares con un potencial de riesgo por explosiones en el municipio, se delimitó una zona de riesgo que incluye un total de 9 puntos críticos.

Explosiones	
Radios de afectación	9
Fenómeno	Explosión
Unidad	Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor.
	Comercio al por menor de gasolina y diésel.
	Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial.
Sitios susceptibles	6 escuelas 4 templos 2 centros de salud
Nivel de riesgo	Muy alto

Mapa de riesgo por explosiones



Simbología

Riesgo por explosiones
- Muy alto
- Alto
- Medio
- Bajo
- Muy bajo

Establecimientos con manejo de sustancias y materiales peligrosos
- Comercio al por mayor de combustibles de uso industrial
- Comercio al por menor de aceites y grasas lubricantes, aditivos y similares para vehículos de motor
- Comercio al por menor de gasolina y diésel

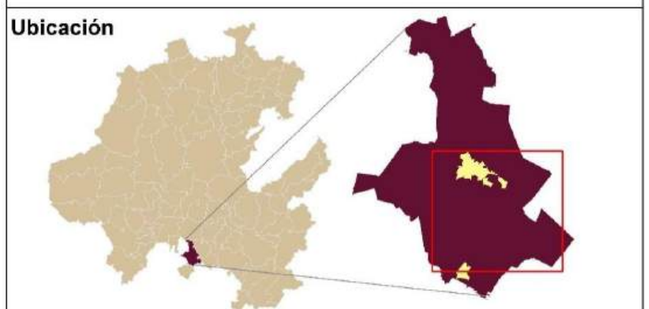
Sitios de Interés
- Centro de asistencia médica
- Escuela
- Instalación gubernamental
- Templo

Límites políticos
- Localidades
- Manzanas
- Límite municipal
- Zonas urbanas

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Rasgos hidrográficos
- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

RpExp- Riesgo por explosiones

Peligro por radiaciones

La radiación es la emisión o transmisión de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas. Puede manifestarse en diversas formas, como luz visible, rayos X, rayos gamma, radiación ultravioleta, radiación infrarroja, entre otras (OIEA, 2024).

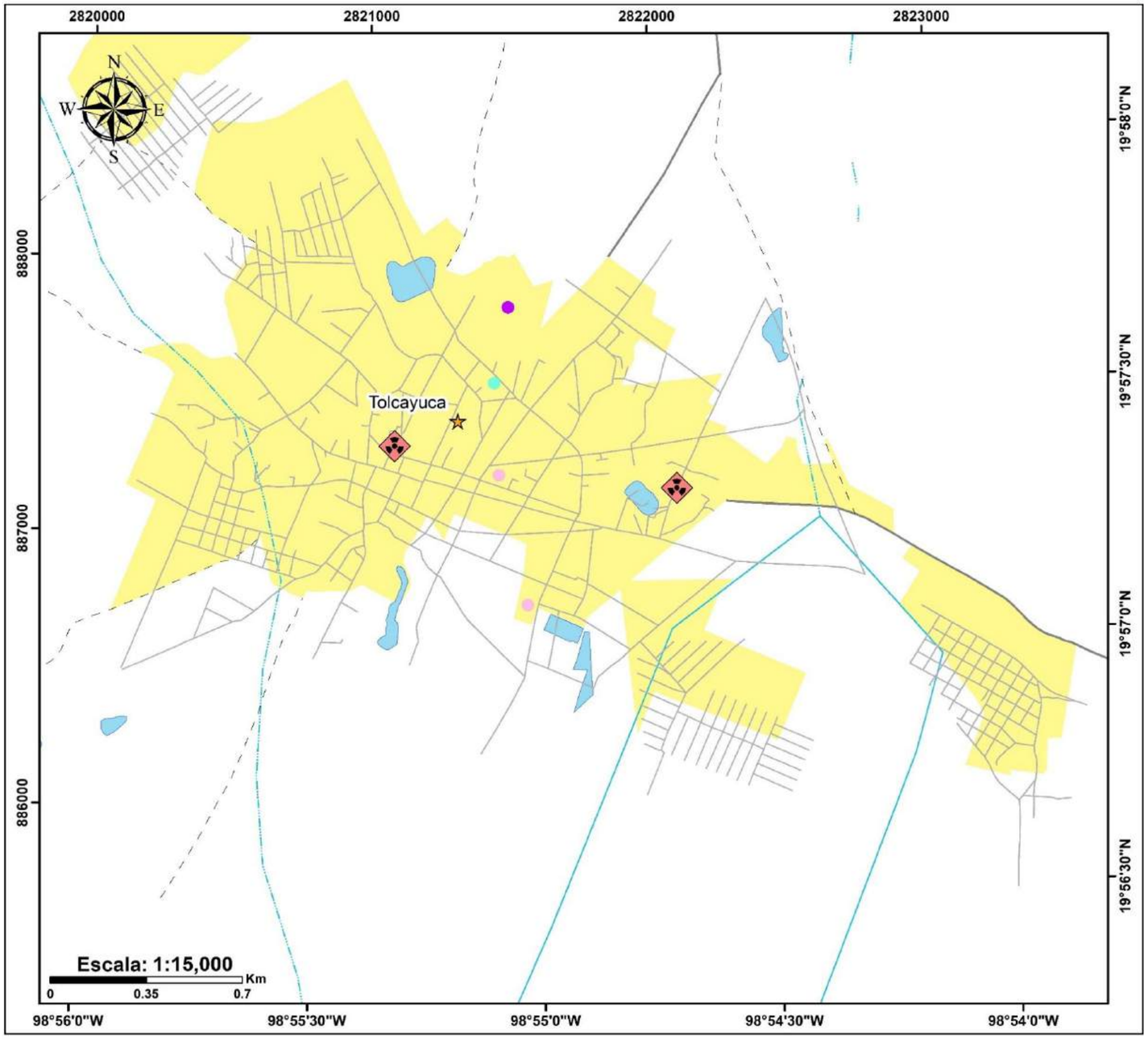
Metodología

Se identificaron los lugares donde se encuentran los laboratorios que hacen uso de radiación, los cuales puedan generar daño a la población y a la infraestructura debido a la ocurrencia de un accidente. Esto se realizó con ayuda del Directorio Estadístico Nacional de Unidades económicas (DENUE).

Resultados

Con la información del DENUE, se identificaron 2 laboratorios médicos y de diagnóstico del sector privado que podría representar un peligro de radiación para la población.

Mapa de peligro por radiaciones



Simbología

- Laboratorios médicos y de diágnostico del sector privado

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

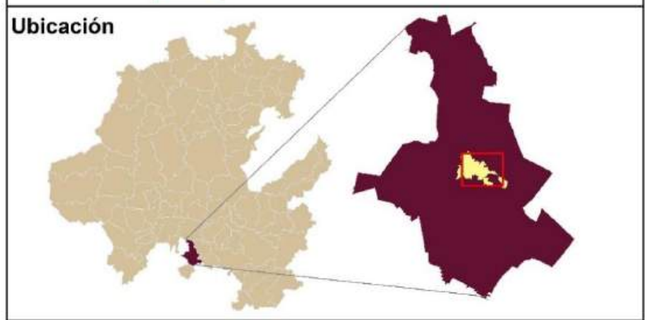
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos
- Calles

Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Perenne
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PpRad- Peligro por radiaciones

Peligro por ductos de combustible

El transporte de líquidos o gases combustibles, como petróleo, gasolina, diésel o gas natural, a través de una red de tuberías subterráneas o superficiales, es una técnica ampliamente utilizada debido a su eficiencia. Este método permite mover grandes volúmenes de combustible a largas distancias con costos operativos relativamente bajos, lo que lo convierte en una solución ideal para atender la demanda energética en diversas regiones. (Villaseñor, 2005)

En México, Petróleos Mexicanos (PEMEX) lidera la operación de ductos para el transporte de hidrocarburos. Sin embargo, con la reforma energética y la apertura del sector, empresas privadas han comenzado a participar en la construcción y operación de estas infraestructuras, siempre bajo la estricta regulación de organismos como la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Agencia de Seguridad, Energía y Ambiente (ASEA). Estas entidades garantizan que las operaciones cumplan con altos estándares de seguridad y eficiencia. (Transportation, 2024)

A pesar de ser considerado uno de los métodos más seguros y eficientes para el transporte de combustibles, el sistema de tuberías presenta una serie de riesgos inherentes que deben ser cuidadosamente gestionados. Aunque las redes de ductos están diseñadas con estrictos estándares de seguridad y se someten a rigurosos procesos de mantenimiento, diversos factores pueden comprometer su integridad. Entre estos factores se encuentran la corrosión interna y externa de los materiales, los defectos en la construcción inicial de las tuberías, y los daños ocasionados por terceros, tales como impactos de maquinaria, actos de vandalismo o actividades ilegales. Estos problemas pueden dar lugar a fugas de hidrocarburos, las cuales pueden tener consecuencias graves tanto a nivel ambiental como social.

Las fugas de hidrocarburos son eventos de alto impacto, ya que pueden provocar derrames significativos que afectan diversos ecosistemas, especialmente cuerpos de agua y suelos. La contaminación de estos recursos naturales no solo perjudica la biodiversidad, sino que también pone en riesgo la salud humana, al afectar la calidad del agua potable y los alimentos. La contaminación de suelos puede tener efectos duraderos, alterando el equilibrio ecológico y dificultando la recuperación de las áreas afectadas.

Un aspecto crítico es la acumulación de vapores inflamables que puede producirse en caso de una fuga. La presencia de estos vapores incrementa de manera considerable el riesgo de incendios o explosiones, situaciones que son especialmente peligrosas en zonas urbanas o áreas densamente pobladas.

Además de los riesgos derivados de fallos técnicos o naturales, existen actividades no autorizadas que agravan la vulnerabilidad de los ductos. Las excavaciones accidentales, los trabajos de construcción sin los debidos permisos o las tomas clandestinas de combustible son situaciones que incrementan significativamente la probabilidad de

accidentes. La manipulación ilícita o imprudente de las tuberías puede dañar su estructura, lo que no solo genera una fuga inmediata, sino que también compromete la seguridad general del sistema de transporte de combustibles, exponiendo a la población y al entorno a peligros adicionales. (Vaquero, 2023)

Ductos de gas natural

En el municipio de Tolcayuca se encuentran dos ductos de gas natural que se localizan al suroeste de la cabecera municipal. Esta proximidad a áreas habitadas representa un riesgo significativo para la población, ya que una eventual fuga o explosión podría generar graves consecuencias para la seguridad de los residentes.

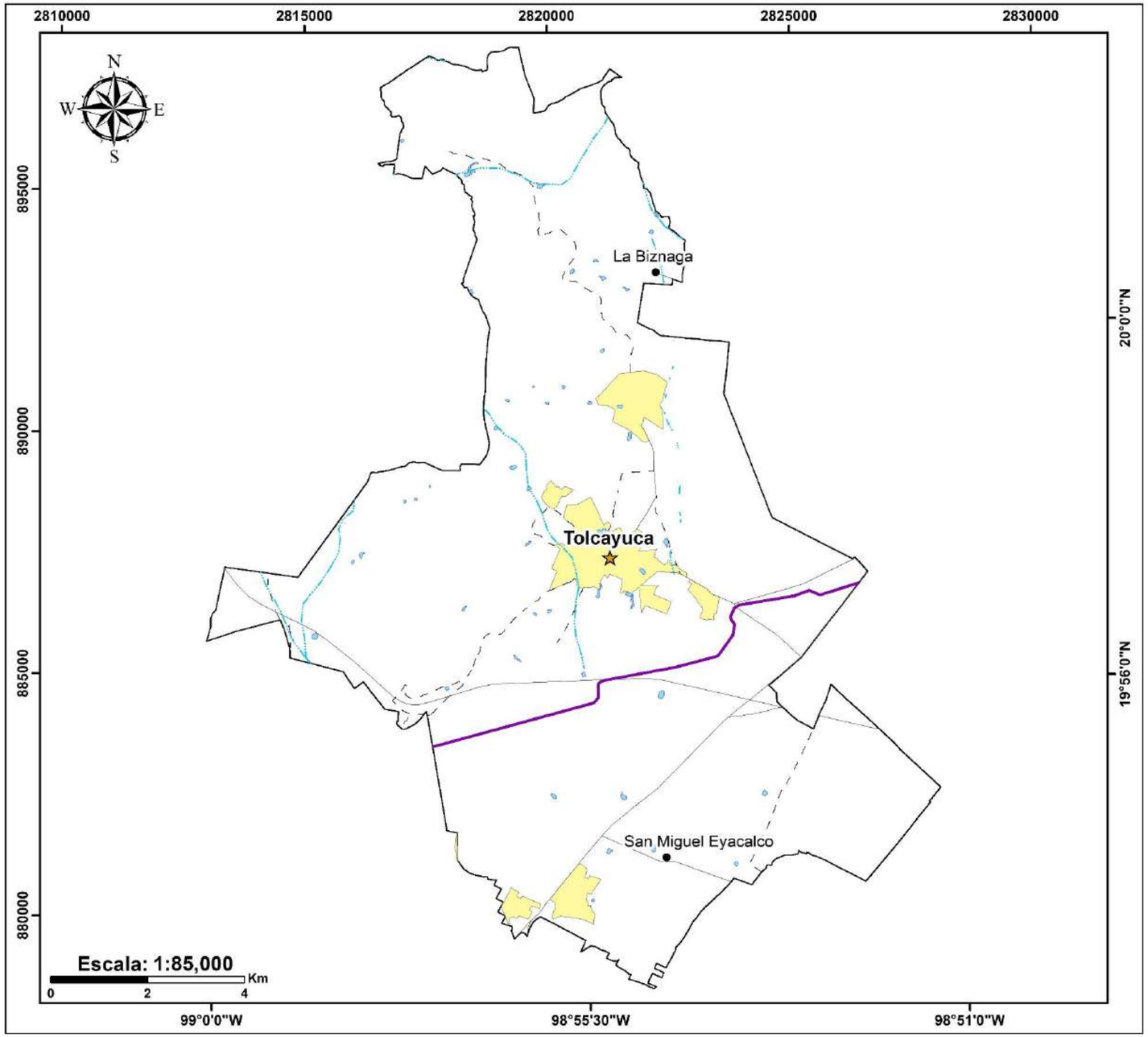
Se muestra en el mapa una marea de fuego de 100 m, lo cual representa una estimación del área en la que las llamas podrían ser lo suficientemente intensas como para representar un peligro para las personas, estructuras o instalaciones cercanas y un radio de acción de 800 m en el cual se podrían presentar efectos peligrosos debido a la fuga de gas, incluso si el incendio no es inmediato o no se produce una explosión.

En la siguiente tabla muestra los ductos de Gas Natural que pasan por el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, así como también su longitud y el tramo.

Ductos de gas natural					
Ducto	Tipo	Longitud	Tramo	Permiso	Zona
-	-	263	TUXPAN-TULA	-	No Aplica
-	-	283	TUXPAN-TULA	G/19897/TRA2017	No Aplica

Ductos de gas natural en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo.

Mapa de ductos de gas natural



Simbología

Ductos de gas natural

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

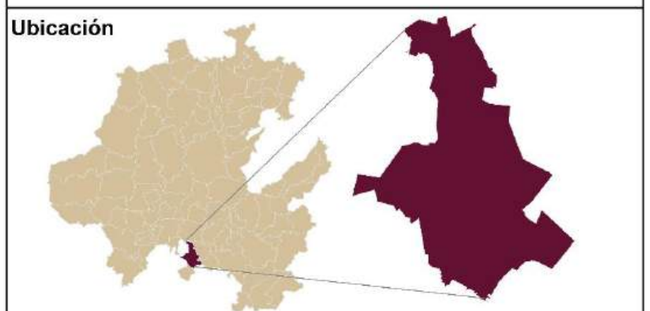
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

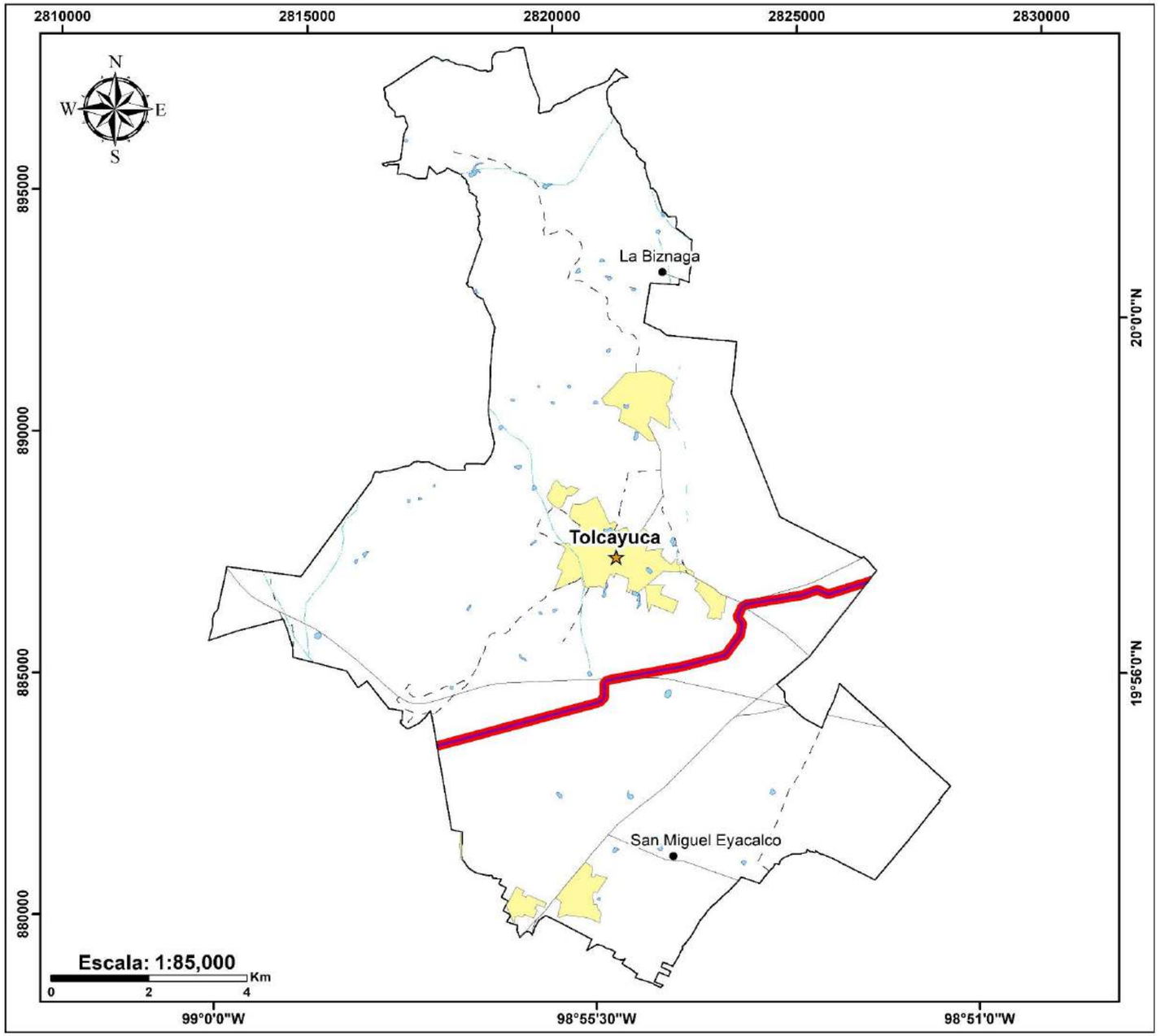
Elipsoide GRS80
Proyección ..... ITRF08 LCC
Gradícula ..... Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal ..... Mexicano época 2010.0
Zona UTM ..... 14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

DGN - Ductos de gas natural

Mapa de marea de fuego por ductos de gas natural



Simbología

Marea de fuego por ductos de gas natural

- Radio de afectacción de 100 m
- Ductos de gas natural

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

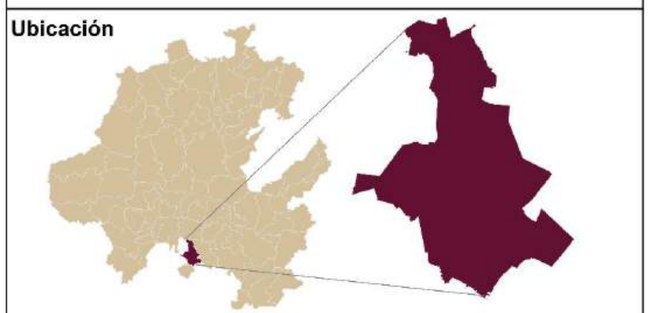
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

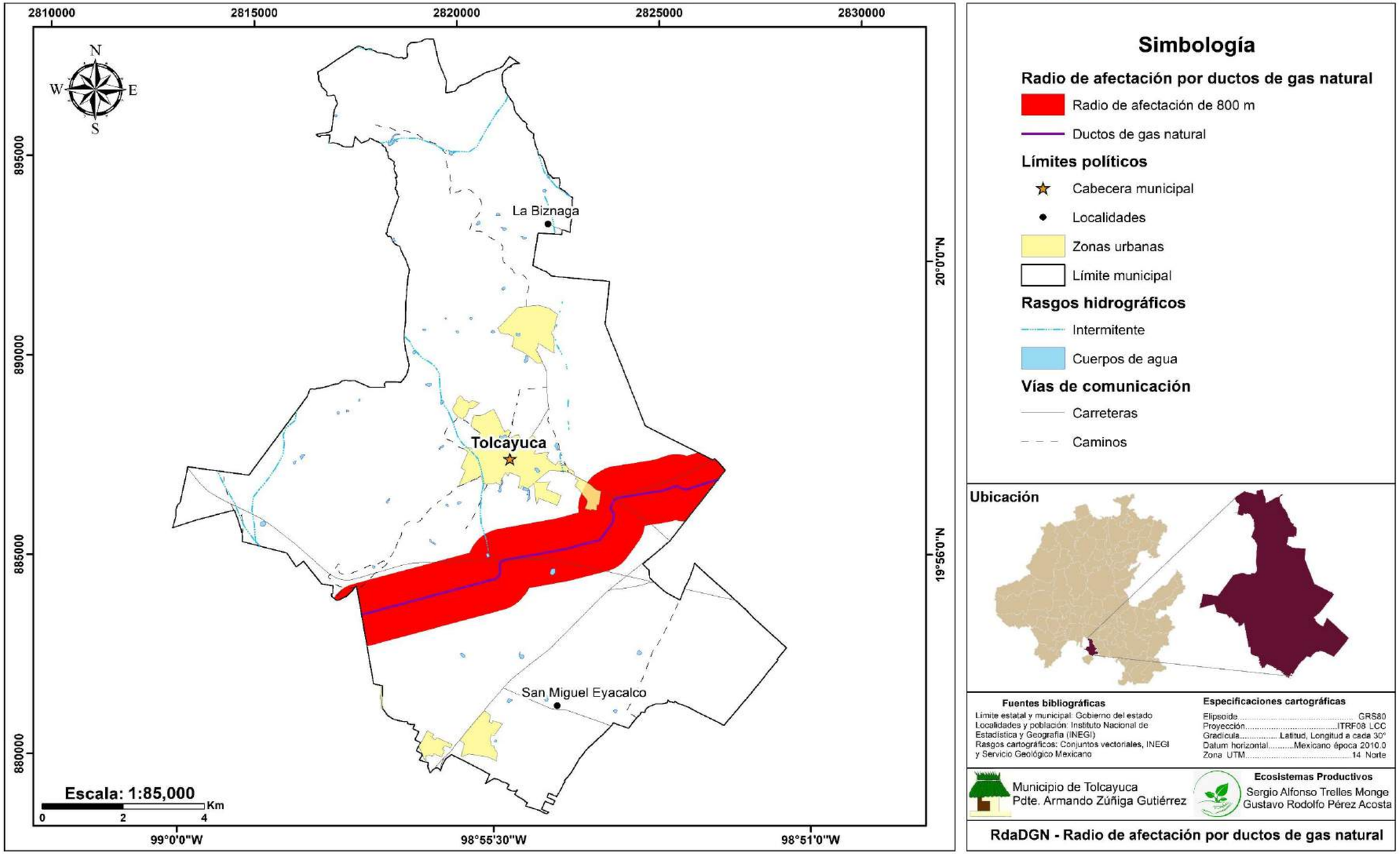
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MdFDGN - Marea de fuego por ductos de gas natural

Mapa de radio de afectación por ductos de gas natural



Ductos de gas LP

En este apartado se llevó a cabo un análisis de los datos proporcionados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), empresa responsable de la administración, operación y mantenimiento de la infraestructura relacionada con del transporte de gas LP por ductos en México. (De Energía, s. f.)

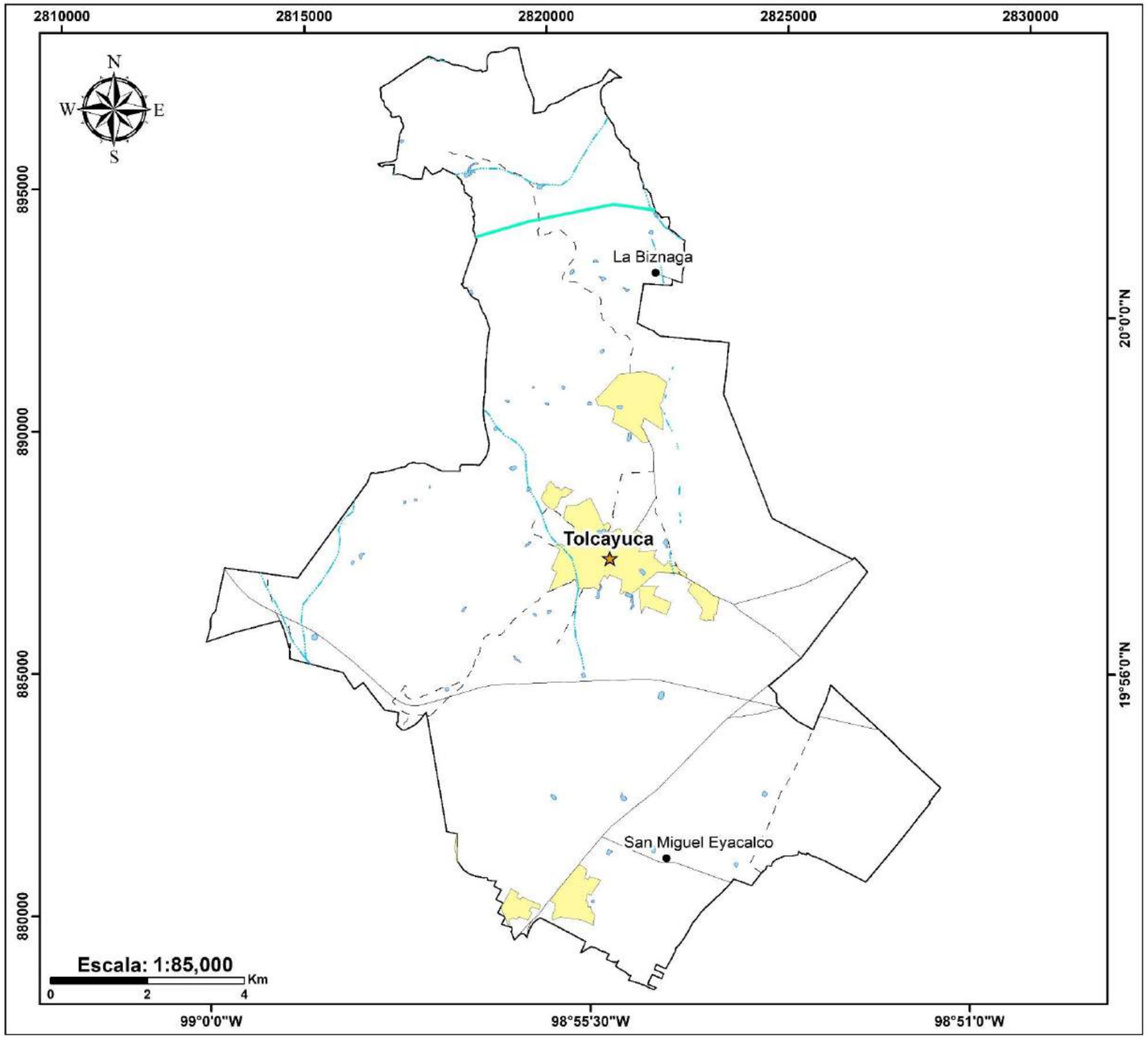
En el municipio de Tolcayuca se localizan dos ductos de gas LP, en la parte norte del municipio, lo que conlleva a que no se encuentre ninguna zona habitada cerca del ducto.

Por otra parte, en el mapa elaborado para el transporte de gas LP, se representa una proyección denominada "marea de fuego", la cual tiene un radio de afectación estimado de 100 metros. Esta representación permite visualizar el alcance potencial de un incidente asociado con la inflamación de los hidrocarburos transportados. Adicionalmente, se delimita un área de afectación más amplia, con un radio de 800 metros, que abarca la zona potencialmente comprometida en caso de un evento adverso.

Ductos de gas LP			
Empresa	Nombre	Condición	Longitud (km)
Gasomex	Tuxpan - Atotonilco	En operación	283
Gasomex	Tuxpan - Atotonilco	-	283

Ductos de gas LP en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo

Mapa de ductos de gas LP



Simbología

Ductos de gas LP

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

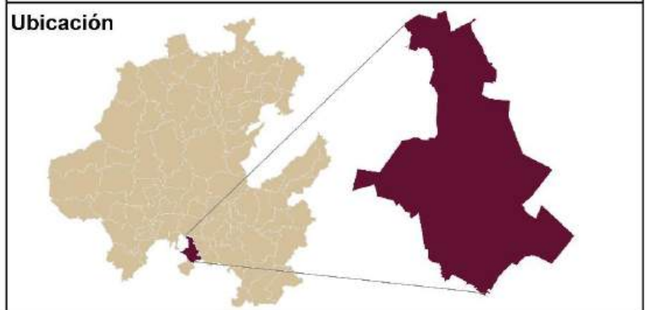
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

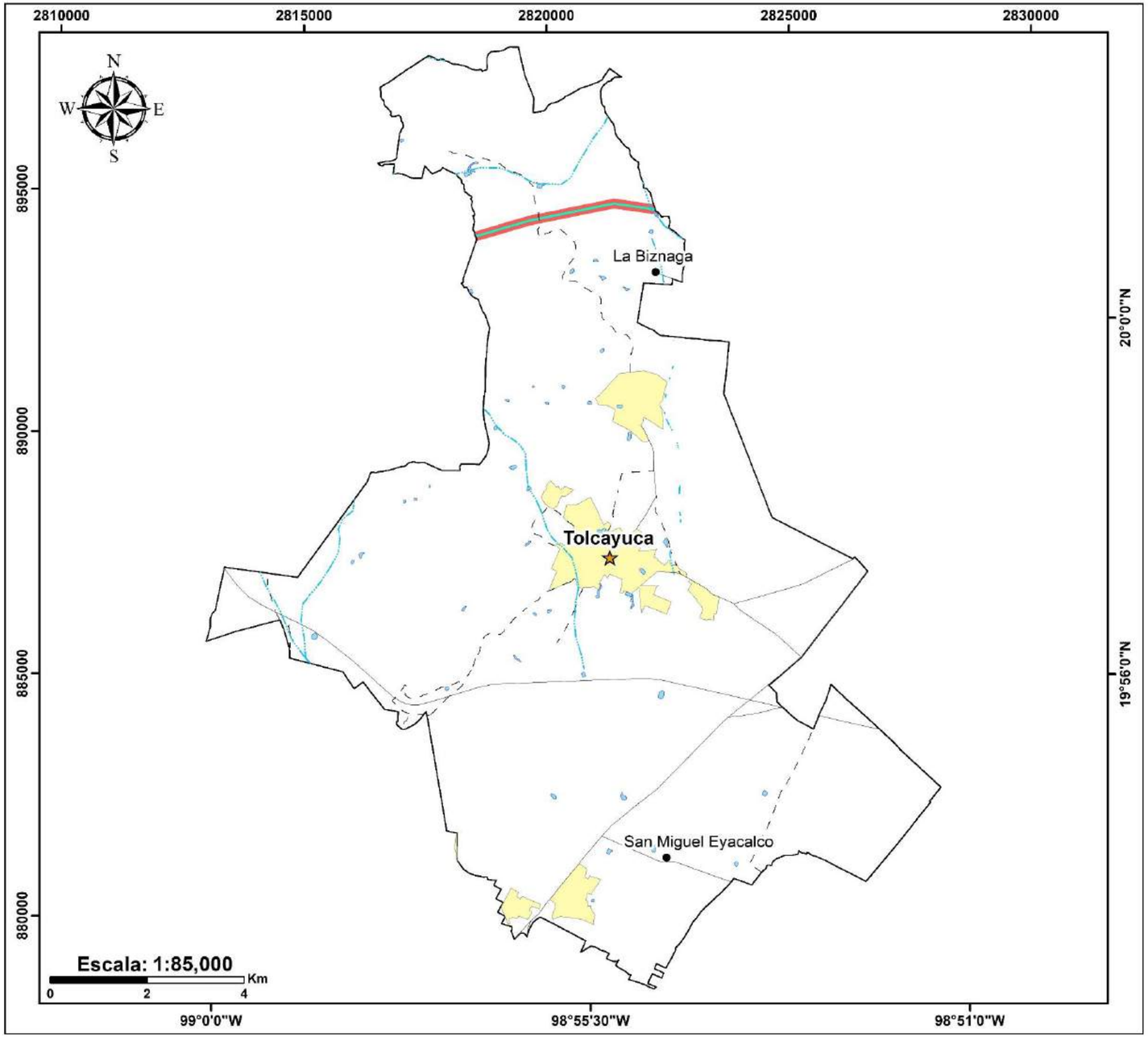
Elipsoide GRS80
Proyección ..... ITRF08 LCC
Gradícula ..... Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal ..... Mexicano época 2010.0
Zona UTM ..... 14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

GgLP - Ductos de gas LP

Mapa de marea de fuego por ductos de gas LP



Simbología

Marea de fuego por ductos de gas LP

- Radio de afectación de 100 m
- Ductos de gas LP

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

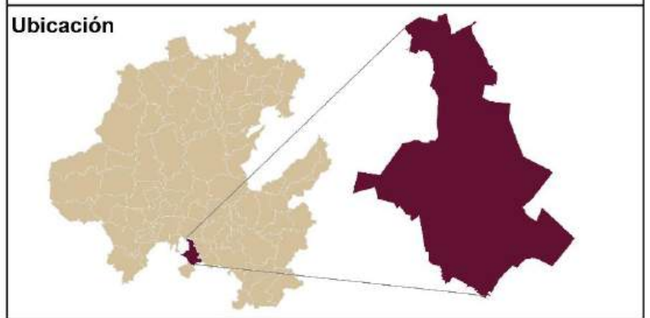
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

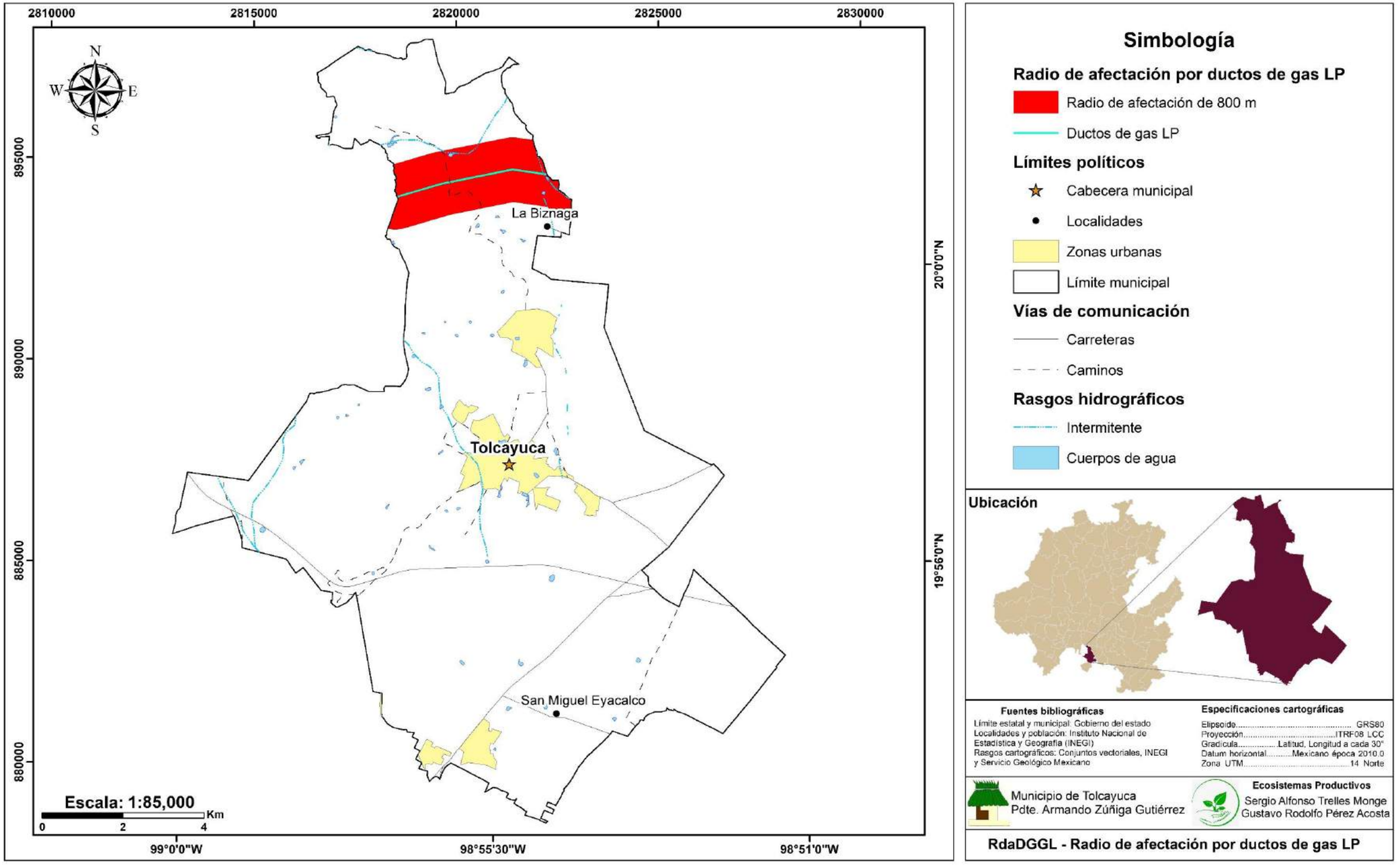
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

MdFDGGL - Marea de fuego por ductos de gas LP

Mapa de radio de afectación por ductos de gas LP



Autotransporte de sustancias peligrosas

El transporte de sustancias peligrosas por carretera es una actividad que conlleva riesgos significativos tanto para la seguridad pública como para el medio ambiente. En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, esta actividad ha incrementado debido a su ubicación estratégica y la afluencia de mercancías de diversas industrias.

El autotransporte de sustancias peligrosas implica el traslado de materiales que, por su naturaleza, pueden representar un riesgo para la salud humana, la seguridad pública o el medio ambiente. Estas sustancias incluyen productos químicos, materiales inflamables, explosivos, tóxicos, radiactivos y corrosivos (Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2023).

Entre los peligros más destacados se encuentran:

- Accidentes de tráfico: Los vehículos que transportan sustancias peligrosas están propensos a accidentes que pueden resultar en derrames, explosiones o incendios, poniendo en peligro a los habitantes y al medio ambiente (García et al., 2020).
- Contaminación ambiental: Los derrames de sustancias químicas pueden contaminar el suelo, el agua y el aire, afectando negativamente a la flora y fauna local, así como a la salud humana (Martínez, 2019).
- Riesgo para la salud pública: La exposición a materiales tóxicos puede causar enfermedades agudas y crónicas, afectando a los residentes del área afectada (Organización Mundial de la Salud, 2021).

Para garantizar la seguridad, las sustancias peligrosas se dividen en diferentes clases según su tipo de riesgo, lo que facilita su manejo y la adopción de medidas específicas de protección. Además, el transporte debe cumplir con estrictos requisitos de señalización, como etiquetas y paneles de identificación en los vehículos, que informan a los conductores y a los servicios de emergencia sobre los riesgos involucrados. Los vehículos que transportan estas sustancias deben estar equipados con dispositivos de seguridad, como extintores, equipos de protección personal y materiales para responder ante derrames o fugas.

El personal encargado del transporte de estas mercancías debe recibir formación especializada para identificar los peligros, seguir protocolos de seguridad y actuar adecuadamente en caso de emergencia. Esta capacitación es esencial, ya que el manejo adecuado de las sustancias peligrosas puede marcar la diferencia entre un incidente menor y un desastre. Asimismo, las rutas para el transporte de estas mercancías suelen ser planificadas cuidadosamente, teniendo en cuenta factores como el tipo de material que se transporta y las condiciones de las carreteras, para minimizar el riesgo de accidentes.

El cumplimiento de todas estas medidas es crucial para prevenir accidentes que puedan

poner en peligro a las personas, a los bienes materiales y al entorno natural. El transporte de sustancias peligrosas, aunque vital para el funcionamiento de muchas actividades económicas, exige un compromiso constante con la seguridad y la responsabilidad, tanto de los transportistas como de las autoridades que supervisan estas operaciones.

Metodología

Para la elaboración del mapa de autotransporte de sustancias peligrosas se ubicaron las vías por donde transitan o pueden transitar vehículos que transportan sustancias o materiales peligrosos (INEGI-IMT, 2015).

Posteriormente se identificaron las sustancias y materiales peligrosos transportados y las posibles rutas de evacuación.

Resultados

El mapa muestra la distribución y rutas de autotransporte de sustancias peligrosas en el municipio de Tolcayuca. El mapa detalla las rutas críticas por donde se transportan sustancias peligrosas, lo que permite identificar áreas de riesgo potencial para la población y el medio ambiente, especialmente en zonas cercanas a localidades densamente pobladas.

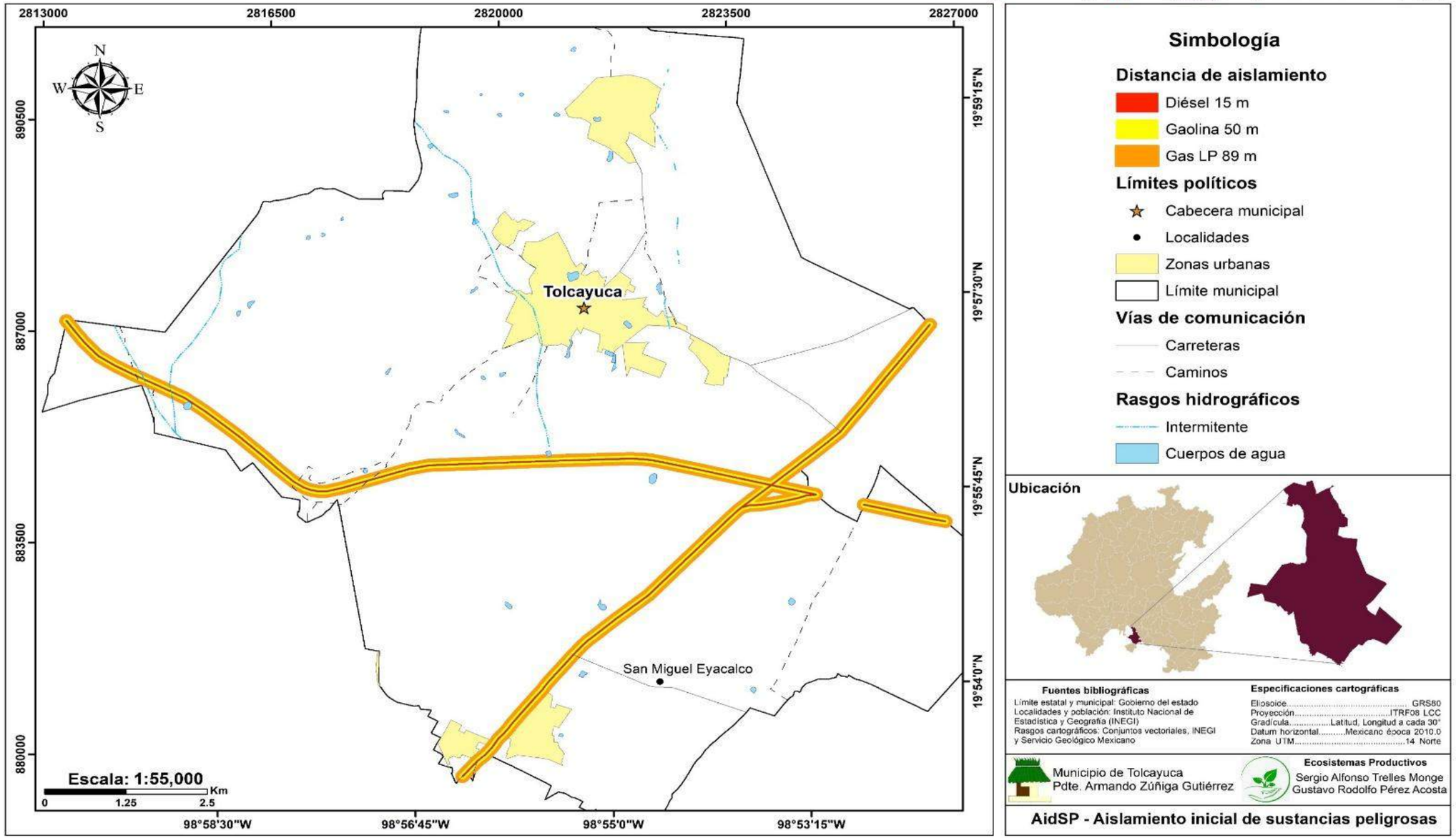
Se observa que la mayor concentración de rutas se encuentra en los alrededores de la cabecera municipal, donde convergen los caminos principales.

La NOM-002-SCT-SEMAR-ARTF/2023 proporciona un listado detallado de sustancias y materiales peligrosos clasificados en diversas categorías, incluyendo explosivos, gases, líquidos inflamables, sólidos inflamables, sustancias oxidantes, sustancias tóxicas e infecciosas, materiales radiactivos, sustancias corrosivas y otras sustancias peligrosas.

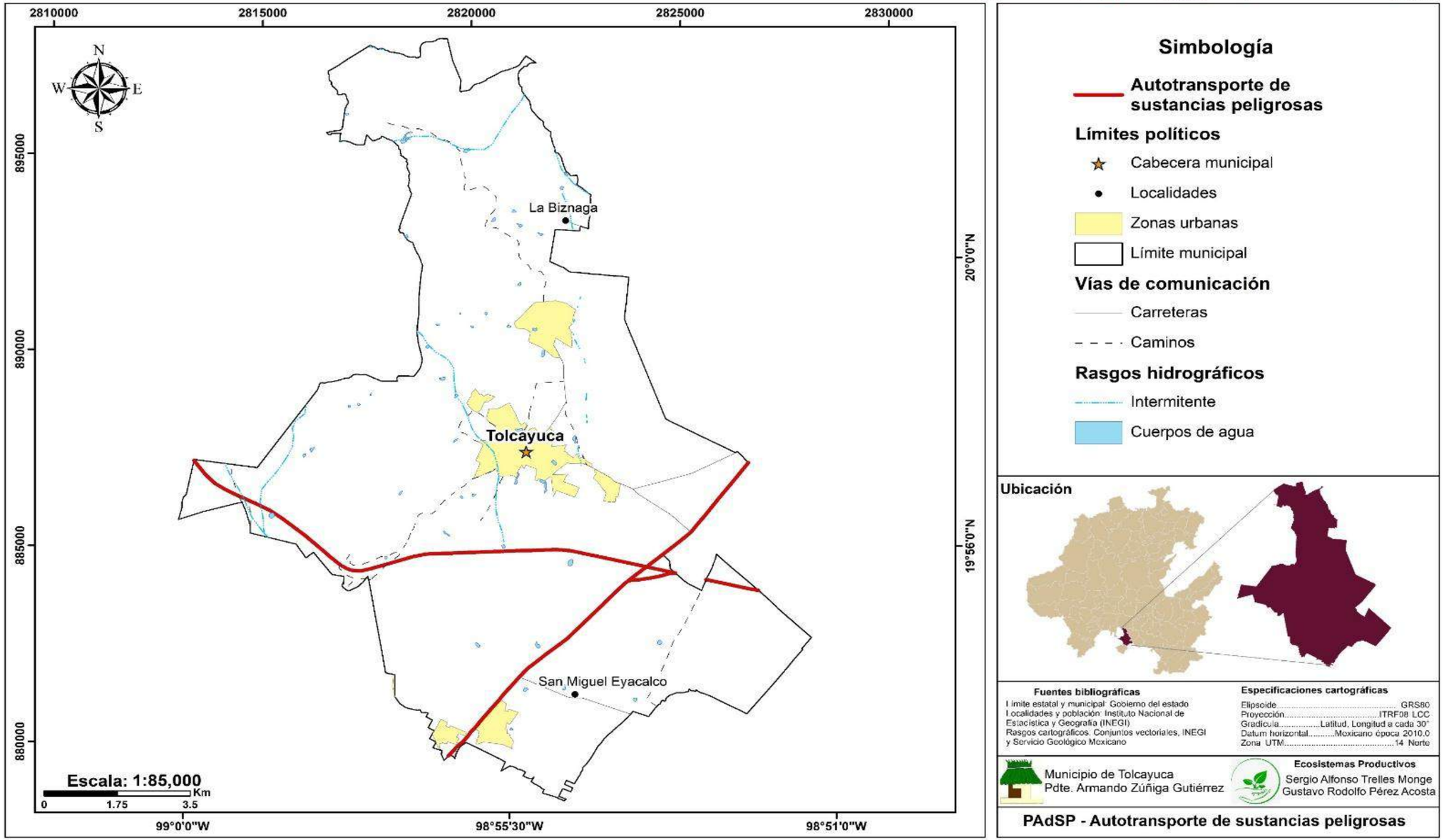
En el contexto de Tolcayuca, Hidalgo, es común el transporte de las siguientes sustancias peligrosas:

Sustancia	Clasificación según la NOM	Uso principal	Riesgos asociados	Distancia de aislamiento inicial (Metros)	Acción protectora	
					Día (Kilómetros)	Noche (Kilómetros)
Gasolina (UN 1203)	Líquidos inflamables (Clase 3)	Combustible para vehículos y maquinaria	Inflamable; riesgo de incendio o explosión.	50	0.3	0.5
Diésel (UN 1202)	Líquidos inflamables (Clase 3)	Combustible para maquinaria	Inflamable; riesgo de contaminación ambiental en caso de derrame.	15	0.3	0.5
Gas Licuado de Petróleo (UN 1075)	Gases inflamables (Clase 2.1)	Fuente de energía	Inflamable; riesgo de explosión en condiciones de fuga y acumulación.	89	0.2	0.5
Cloro (UN 1017)	Gases tóxicos (Clase 2.3)	Tratamiento de agua y agente blanqueador	Tóxico por inhalación; puede formar compuestos corrosivos con agua.	60	0.3	1.5
Acrilonitrilo (UN 1093)	Líquido inflamable (Clase 3)	Fabricación de polímeros y fibras sintéticas	Inflamable; riesgo de incendio o explosión.	30	0.2	0.6
Alcohol metílico (UN 1230)	Líquido inflamable (Clase 3)	Industria química y energética	Inflamable; riesgo de explosión en condiciones de fuga y acumulación.	30	0.2	0.3

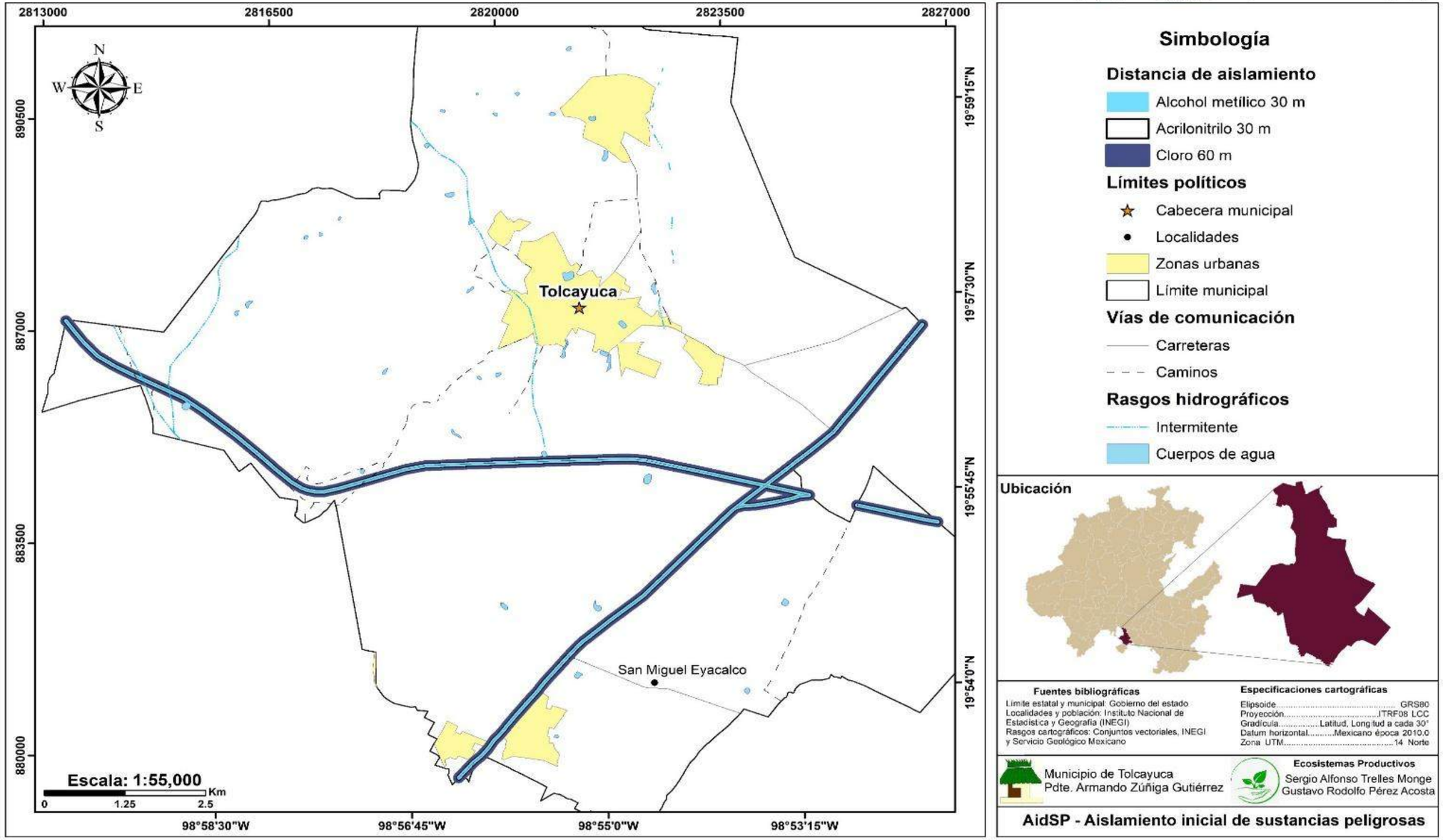
Mapa de aislamiento inicial por sustancias peligrosas



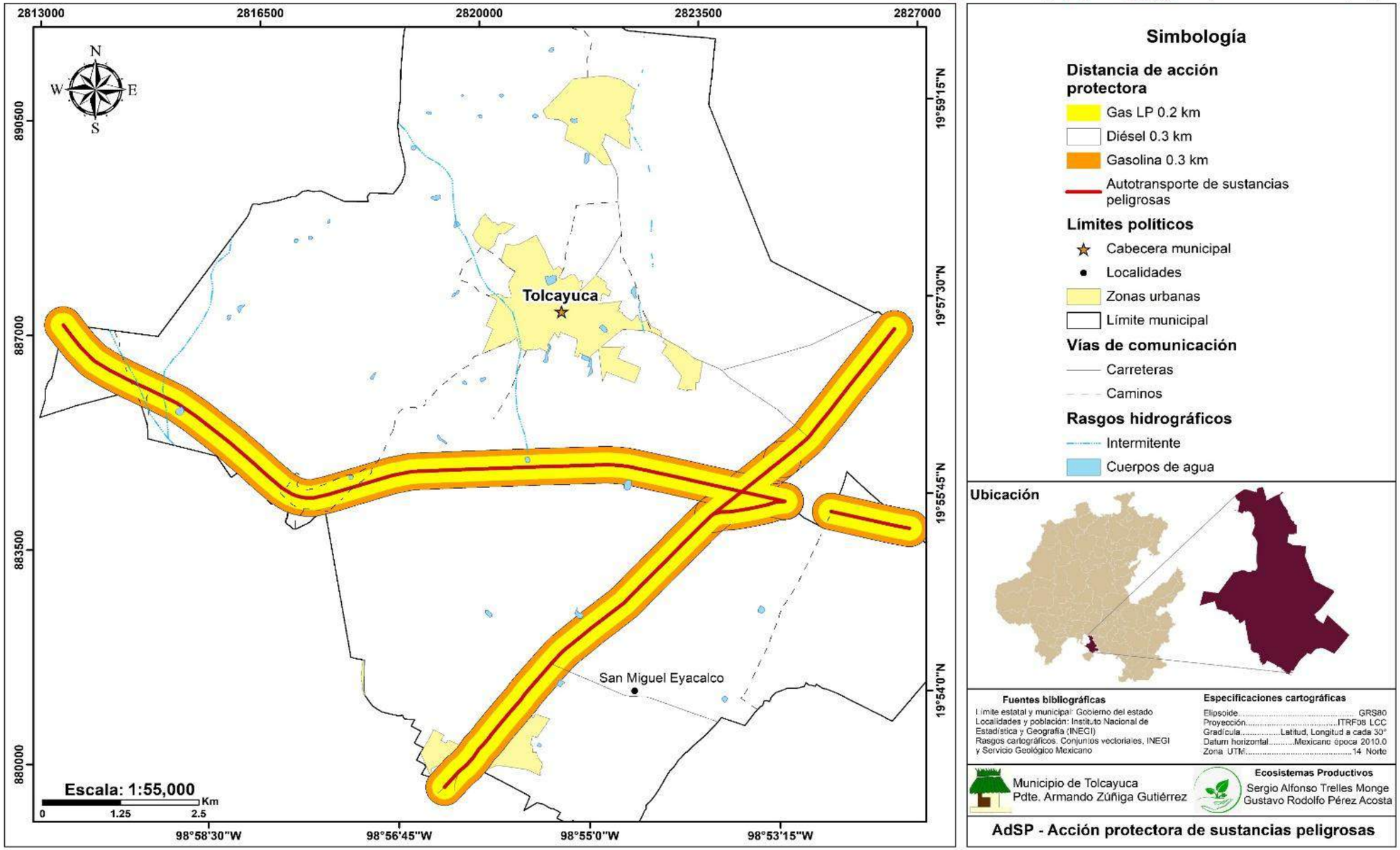
Mapa de peligro por autotransporte de sustancias peligrosas



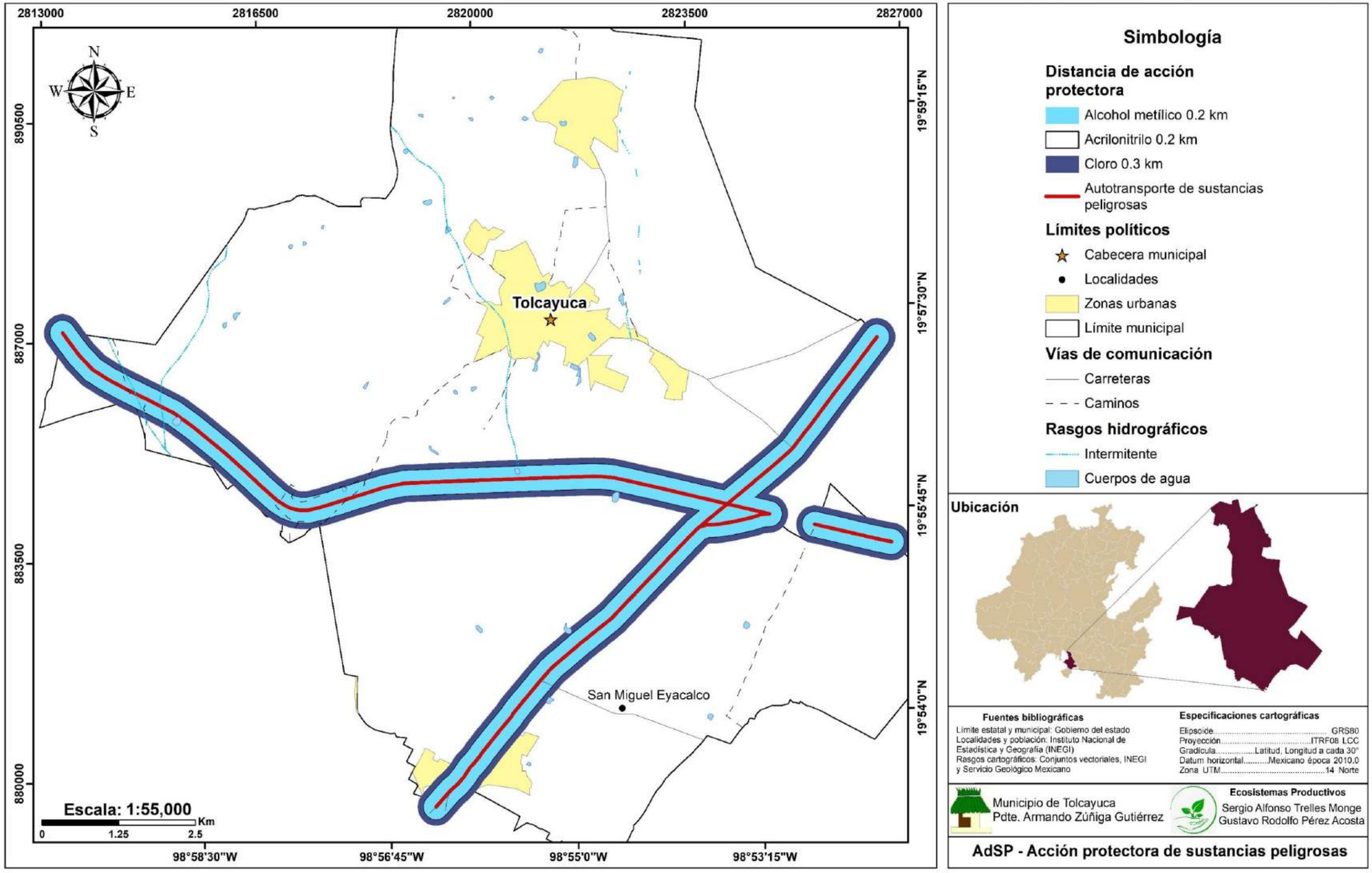
Mapa de aislamiento inicial por sustancias peligrosas



Mapa de acción protectora por sustancias peligrosas



Mapa de acción protectora por sustancias peligrosas



CAPÍTULO VIII. FENÓMENOS SANITARIO-ECOLÓGICOS

Fenómenos sanitarios-ecológicos

Los fenómenos sanitario-ecológico como un agente perturbador que se genera por la acción patógena de agentes biológicos que afectan a la población, a los animales y a las cosechas, causando su muerte o alteración de la salud. (Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED], 2017). Los fenómenos sanitarios ecológicos son causados por la interacción de varios factores. Entre ellos se encuentran los factores sociales como el crecimiento poblacional, la migración, el deterioro urbano los cambios en la demanda del consumidor y el mal manejo de residuos. En el ámbito agrícola, la producción intensiva, la explotación de fauna silvestre y el uso inapropiado de plaguicidas que afectan el medio ambiente y promueven enfermedades. (Centro Nacional de Prevención de Desastres [CENAPRED], 2017)

Una epidemia se refiere al aumento inusual del número de casos de una enfermedad determinada en una población específica en un periodo determinado. Mientras que la pandemia se refiere a una enfermedad ampliamente diseminada que es presentada al mismo tiempo en varios países o en todo el mundo.

Contaminación del suelo

La contaminación del suelo es el proceso mediante el cual el suelo se ve alterado y deteriorado debido a la introducción de sustancias o agentes contaminantes, como productos químicos, desechos industriales, pesticidas, metales pesados, y residuos orgánicos o inorgánicos. Estas sustancias, al ser liberadas en el ambiente, afectan la calidad del suelo, alterando su capacidad para sustentar vida y, en muchos casos, se infiltran en el agua subterránea, lo que puede tener efectos perjudiciales a largo plazo.

La contaminación del suelo puede ser causada por diversas actividades humanas, como la agricultura intensiva, el vertido de desechos industriales, la deforestación, la acumulación de residuos urbanos, el uso indiscriminado de pesticidas y fertilizantes, entre otras. Las actividades mineras y la quema de residuos también contribuyen significativamente a la degradación del suelo.

No solo impacta negativamente a la naturaleza y la biodiversidad, sino que también pone en riesgo la salud humana, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los recursos naturales. Combatirla requiere un enfoque integral que incluya la regulación de actividades industriales, prácticas agrícolas sostenibles, la gestión responsable de residuos y la educación ambiental.

Basurero municipal

El basurero municipal de Tolcayuca, ubicado en la región norte de Hidalgo, es un espacio de disposición final de residuos sólidos urbanos que ha estado generando una serie de problemas ambientales y sociales en los últimos años. Aunque este sitio ha sido fundamental para el manejo de los desechos de la población, las condiciones en las que se encuentra y las problemáticas derivadas de su operación han planteado grandes retos tanto para las autoridades locales como para los habitantes de la región.

Uno de los principales problemas del basurero municipal es la falta de infraestructura adecuada para una gestión eficiente de los residuos. El sitio, que debería contar con celdas de disposición controlada, sistemas de compactación de basura, así como medidas para prevenir la contaminación de suelos y cuerpos de agua, no ha recibido la atención necesaria en términos de modernización. El basurero se encuentra en condiciones precarias, con una gestión deficiente en cuanto a la separación de residuos y la disposición adecuada de materiales peligrosos, lo que contribuye a la contaminación ambiental.

La acumulación de basura en el lugar ha generado impactos negativos en la calidad del aire y en la salud de los habitantes cercanos. Los residuos, en su mayoría plásticos, metales y materiales orgánicos, no son tratados adecuadamente, lo que provoca la liberación de gases tóxicos como el metano, un potente gas de efecto invernadero, además de malos olores que afectan a las comunidades aledañas. Esta situación es particularmente grave cuando se presentan periodos de calor, que favorecen la descomposición de los residuos y aumentan la emisión de contaminantes.

Otro problema crítico es la falta de control sobre los lixiviados, que son los líquidos generados por la descomposición de los desechos sólidos. Estos lixiviados pueden contaminar las fuentes de agua cercanas si no se gestionan de manera correcta. En Tolcayuca, no se ha implementado un sistema efectivo para recolectar y tratar estos lixiviados, lo que pone en riesgo los acuíferos de la región y afecta la salud de los ecosistemas locales.

Desde el punto de vista social, la situación del basurero también ha afectado a las personas que trabajan en el lugar, en su mayoría personas de escasos recursos que se dedican a la recolección de materiales reciclables. Estas personas, conocidas como "recicladores", se exponen a riesgos sanitarios y laborales, al no contar con equipo adecuado para realizar su trabajo. Además, la falta de una estrategia formal de reciclaje en el municipio impide que

estos materiales sean aprovechados de manera más eficiente.

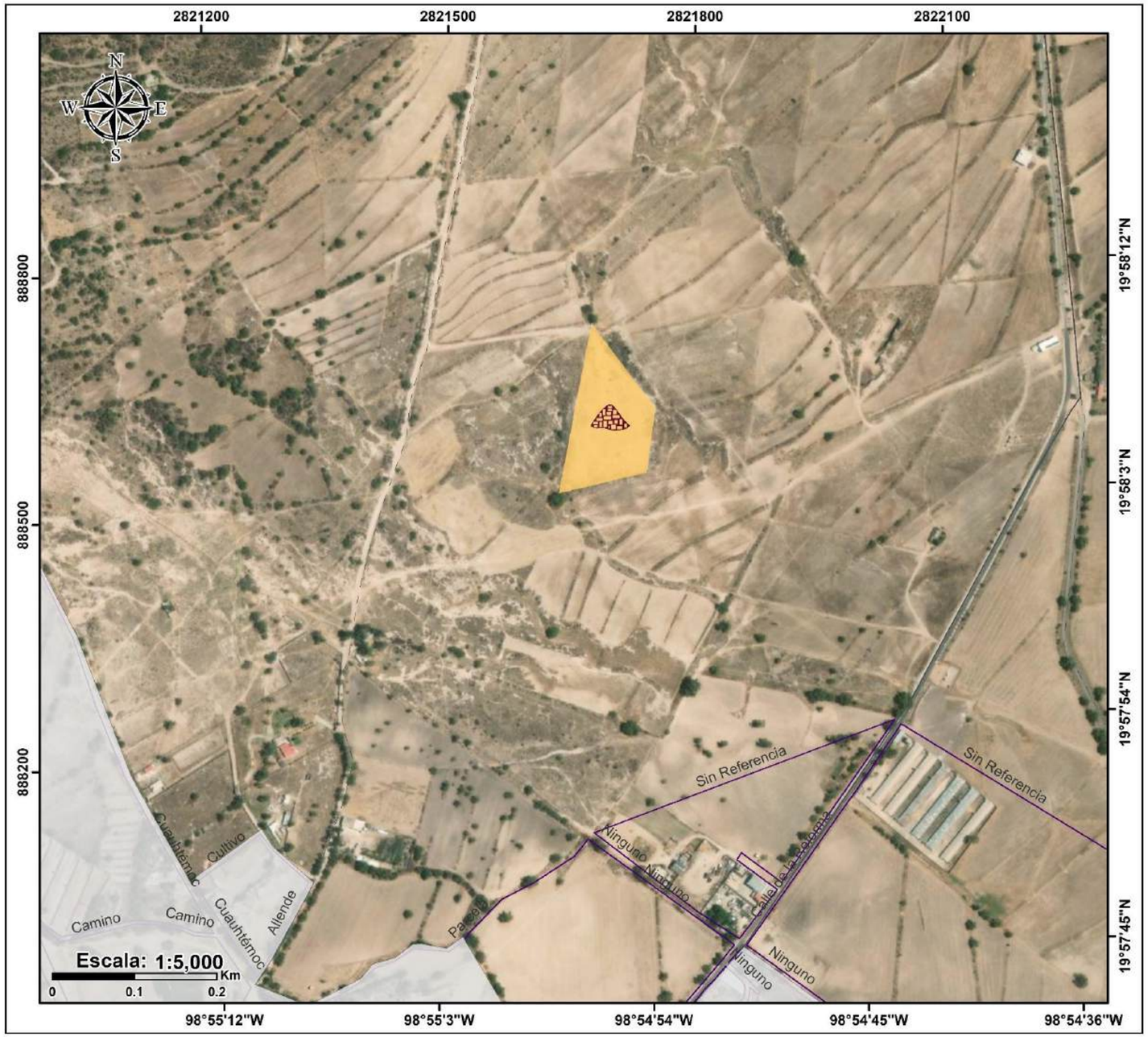
Durante el recorrido en campo, observamos las condiciones en las que se encuentra el basurero municipal de Tolcayuca, incluso en el camino para llegar al basurero, se encuentras desechos de los mismo, ya que no hay un control para estos residuos. De esta forma observamos una severa contaminación de aire alrededor de la zona, afectando a las localidades cercanas y a los trabajadores del mismo.

Al no haber un control del basurero, han ocurrido incendios a menudo, por un mal manejo de los residuos y al no contar con las medidas necesarias para evitar estos riesgos.

A nivel municipal, se han hecho esfuerzos por mejorar la situación, pero estos no han sido suficientes para abordar los problemas estructurales del basurero. La falta de presupuesto y la necesidad urgente de alternativas de gestión integral de residuos han sido factores limitantes.

En conclusión, el basurero municipal de Tolcayuca enfrenta graves problemas de infraestructura, salud pública y medio ambiente que requieren de atención inmediata. La solución a estos problemas debe basarse en una gestión más eficiente de los residuos, la creación de políticas públicas que promuevan el reciclaje y la disposición adecuada de materiales, y un trabajo conjunto entre autoridades locales, ciudadanos y expertos en manejo ambiental para mitigar los impactos negativos de este basurero.

Mapa de basurero municipal



Simbología

Sanitario ecológicos

- Basurero municipal
- Poligono del depósito

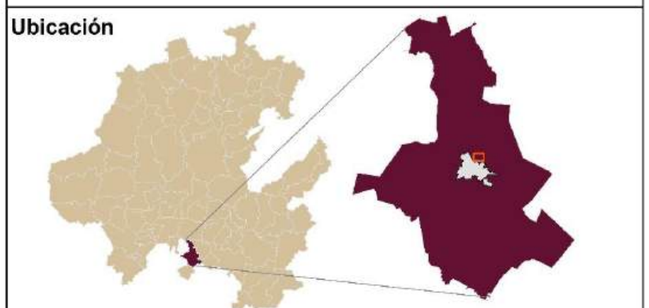
Límites políticos

- Localidades
- Manzanas

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Bm - Basurero municipal

Depósitos clandestinos

En el municipio de Tolcayuca, Hidalgo, los depósitos clandestinos de basura se han convertido en una de las principales preocupaciones ambientales y sociales en los últimos años. A pesar de los esfuerzos por gestionar los residuos de manera adecuada a través del basurero municipal, la presencia de estos vertederos ilegales se ha incrementado, lo que agrava la situación en términos de contaminación y salud pública. Los depósitos clandestinos, dispersos principalmente en áreas rurales y periféricas, son vertederos improvisados que la población utiliza para deshacerse de residuos de manera irresponsable.

Otro aspecto relevante es que estos vertederos ilegales no solo afectan al medio ambiente, sino que también representan un riesgo para la salud pública. La acumulación de desechos orgánicos no controlados favorece la proliferación de roedores, insectos y otras especies que pueden transmitir enfermedades. Esto es particularmente grave en áreas donde la recolección de basura es irregular o donde las personas tienen acceso limitado a servicios de salud, lo que aumenta el riesgo de brotes sanitarios.

Durante el recorrido en el municipio, encontramos varios depósitos clandestinos en diferentes zonas, en donde habitantes alrededor desechan basura, llantas, electrodomésticos, escombro, entre otros, los que genera un gran impacto en el ambiente por contaminación de suelo y aire, además de afectar a las personas que habitan cerca de estos depósitos.

En este primer ejemplo, observamos este depósito clandestino en donde las personas que habitan en esta localidad desechan su basura de forma ilegal en esta zona, provocando un riesgo para todos, ya que se observan casas alrededor de este depósito y es una de las calles principales para escuelas, templos, etc.

Posteriormente en este segundo depósito clandestino en el Fraccionamiento Lomas del Álamo, podemos apreciar desechos orgánicos e inorgánicos, aun costado de viviendas, en donde de igual forma, es un lugar muy

transcurrido, afectando a las personas, flora y fauna de la zona

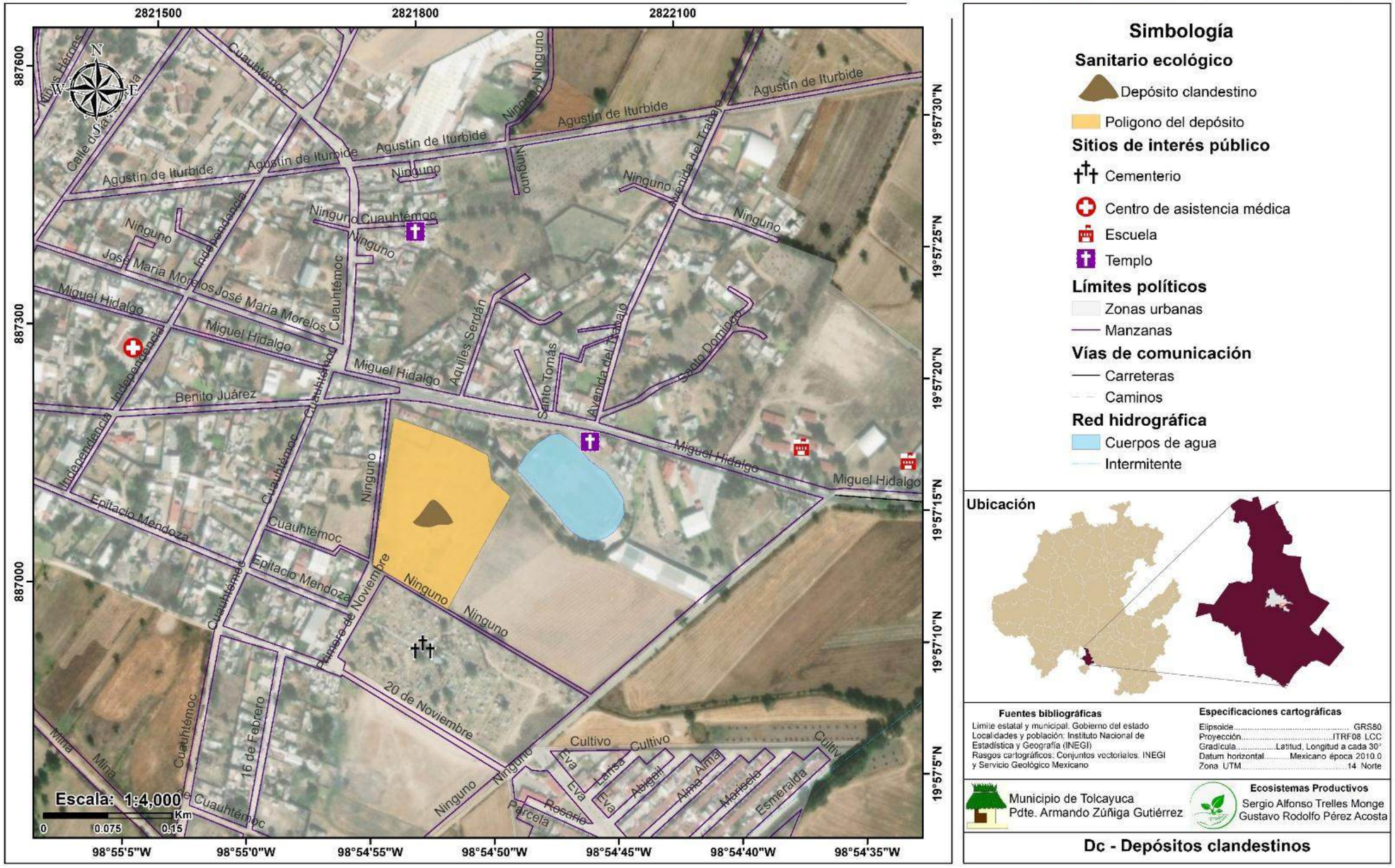
A pesar de que en Tolcayuca se han realizado esfuerzos por mejorar la recolección de residuos y establecer medidas para la disposición adecuada de la basura, la falta de infraestructura suficiente para la gestión integral de residuos sigue siendo un obstáculo. Además, la presencia de los vertederos clandestinos refleja una carencia de políticas públicas efectivas que promuevan la cultura del reciclaje y el manejo responsable de los residuos desde el hogar.

En este tercer caso, en la localidad General Felipe Ángeles, encontramos otro depósito clandestino aun costado de viviendas y de sitios de interés público, afectando a personas, flora, fauna, provocando contaminación de aire y suelo, al no ver un control con los desechos y la falta de responsabilidad de los habitantes, esto representa una amenaza para el medio ambiente, salud pública y el bienestar de las comunidades. Además, la falta de sanciones claras o de monitoreo efectivo por parte de las autoridades municipales ha generado que esta situación persista sin control

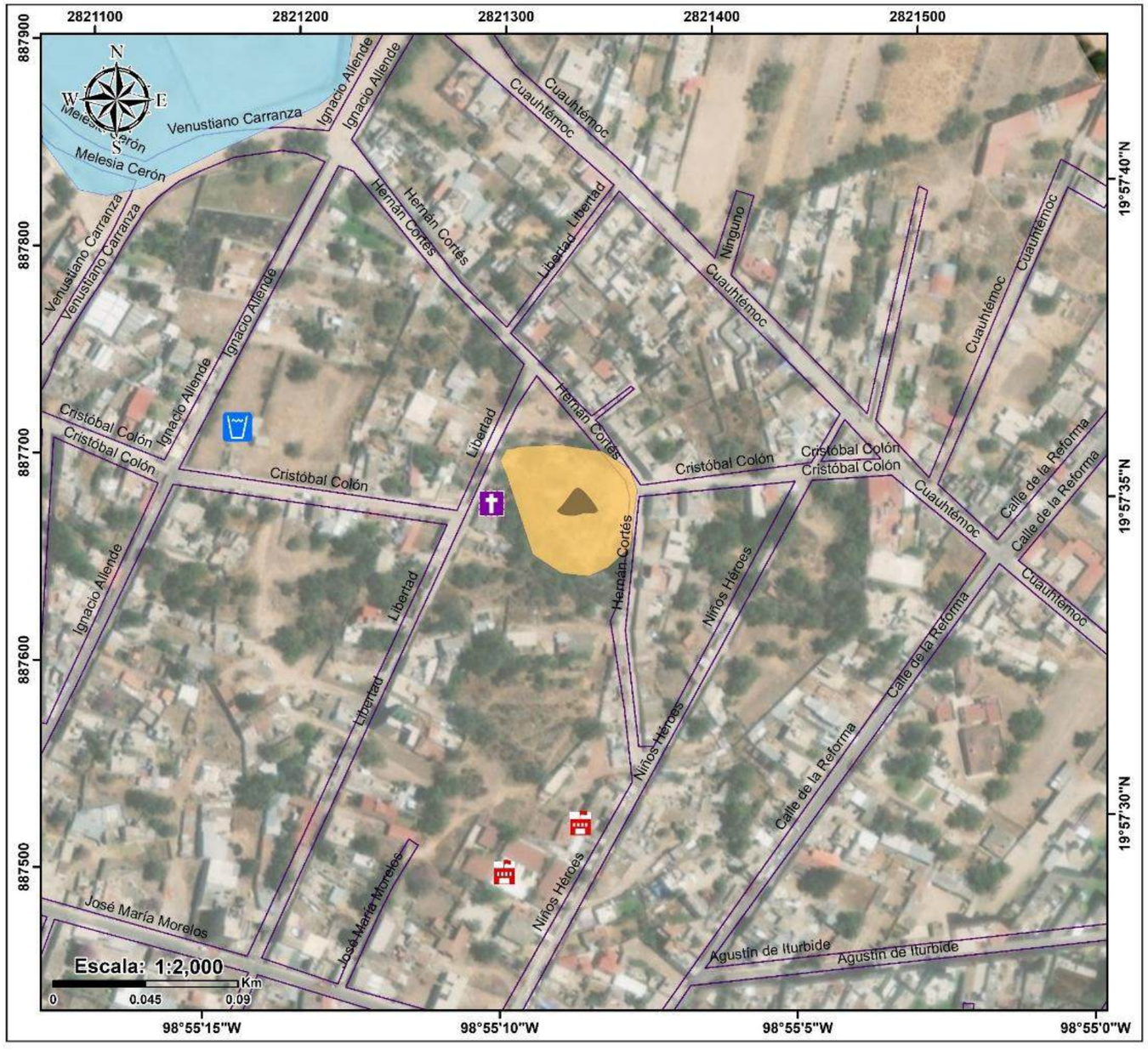
Es fundamental que las autoridades locales implementen estrategias para promover la separación de residuos, el reciclaje y el uso de tecnologías más sostenibles. Asimismo, se deben fortalecer las acciones de supervisión y sanción para aquellos que continúan utilizando estos vertederos ilegales, y se deben fomentar programas que incentiven el manejo adecuado de los residuos a nivel doméstico y empresarial.

En la siguiente imagen observamos como cuarto depósito clandestino en la zona sureste de la cabecera, en donde han utilizado esta zona como tiradero de todo tipo de residuos orgánicos e inorgánicos, se encuentra a pocos metros de viviendas habitadas y de un panteón, por lo que presenta un riesgo para los habitantes, así como los animales que viven en esta zona. Las condiciones en las que se encuentran estos depósitos son alarmantes. En muchos casos, los residuos no están debidamente compactados ni cubiertos, lo que favorece la dispersión de materiales y aumenta el riesgo de que estos desechos lleguen a cuerpos de agua cercanos.

Mapa de depósitos clandestinos, cabecera municipal zona sureste



Mapa de depósitos clandestinos, cabecera municipal zona norte



Simbología

Sanitario ecológico

- Depósito clandestino
- Poligono del depósito

Sitios de interés público

- Escuela
- Tanque de agua
- Templo

Límites políticos

- Localidades
- Manzanas

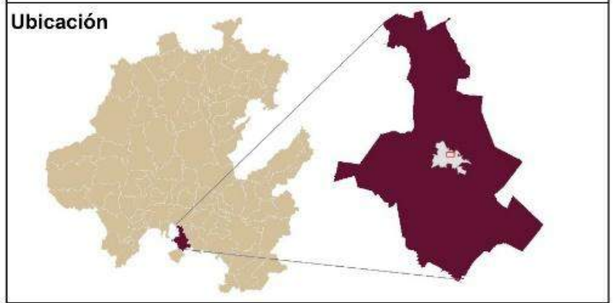
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Limite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales. INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

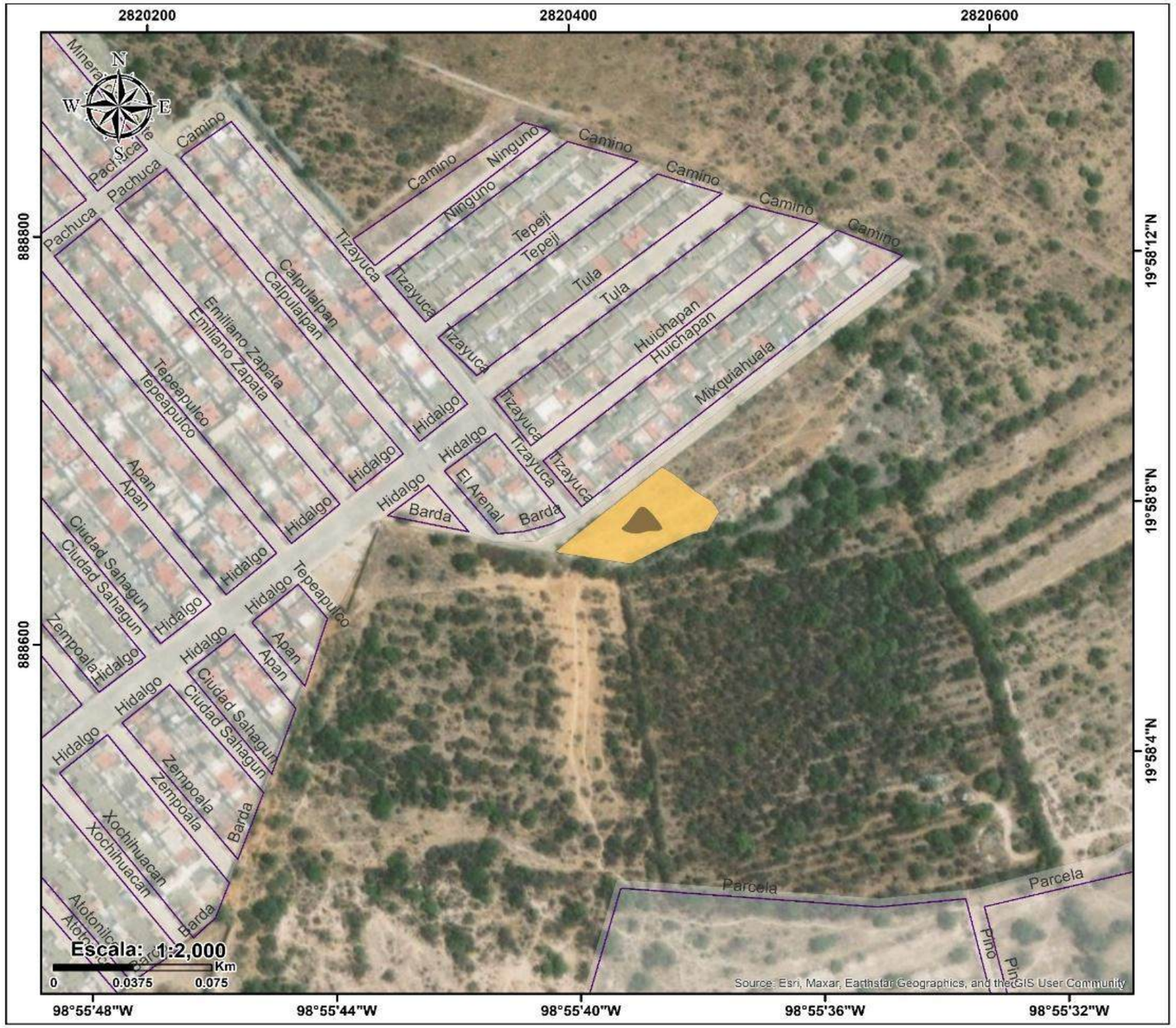
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Dc - Depósitos clandestinos

Mapa de depósitos clandestinos, Fraccionamiento Lomas del Alamo



Simbología

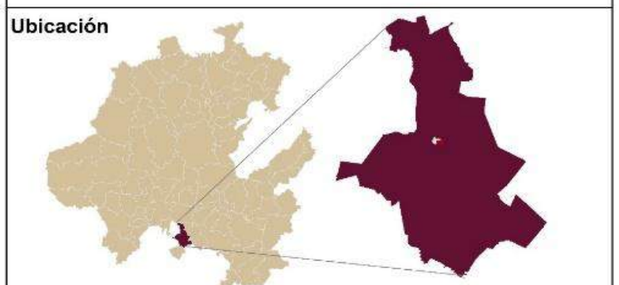
Sanitario ecológicos

- Depósito clandestino
- Poligono del depósito

Límites políticos

- Localidades
- Manzanas

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Limite estatal y municipal. Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales. INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

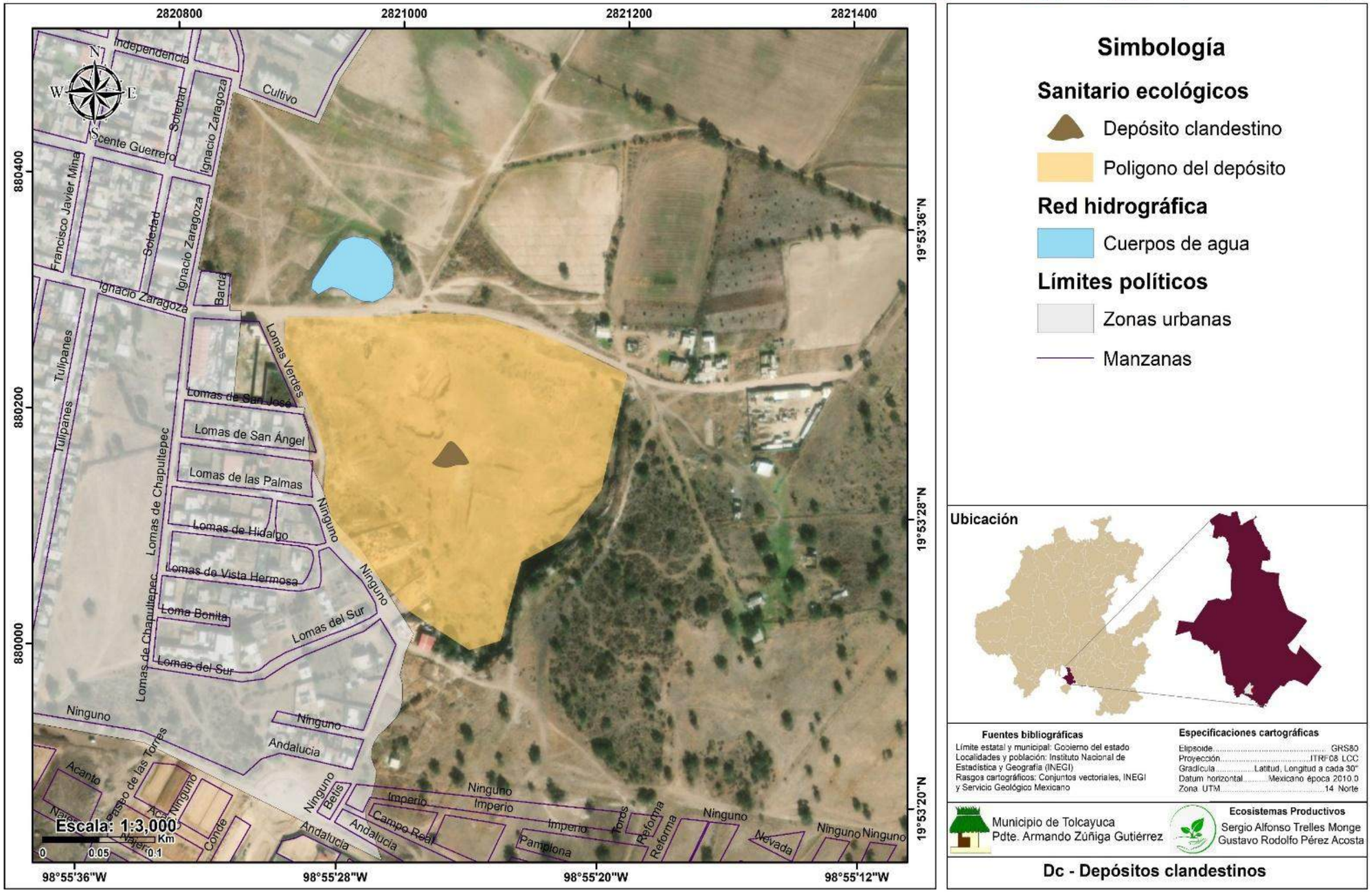
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Dc - Depósitos clandestinos

Mapa de depósitos clandestinos, General Felipe Ángeles



Simbología

Sanitario ecológicos

- Depósito clandestino
- Poligono del depósito

Red hidrográfica

- Cuerpos de agua

Límites políticos

- Zonas urbanas
- Manzanas

Ubicación

Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

Dc - Depósitos clandestinos

Pandemias

COVID-19

El Covid-19 es una enfermedad infecciosa ocasionada por el coronavirus tipo 2, causante del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2) que apareció en China a finales del 2019 y se extendió por el mundo.

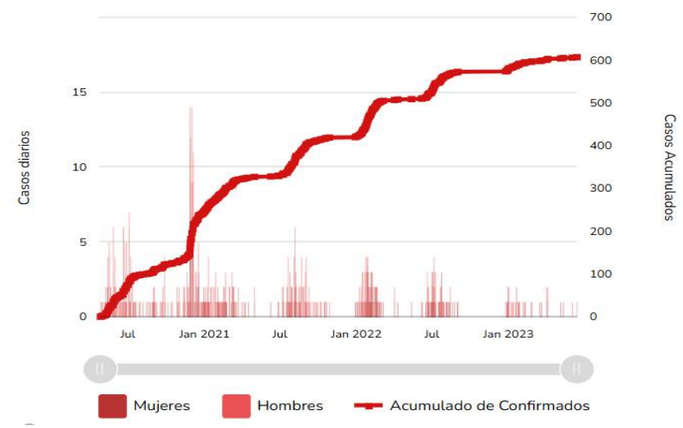
Este virus puede provocar una amplia variedad de síntomas, que van desde leves hasta graves, y afecta principalmente a los pulmones.

En Tolcayuca, al igual que en muchos otros municipios de Hidalgo, se implementaron medidas de prevención, tales como el uso obligatorio de cubrebocas, el distanciamiento social, restricciones en la movilidad y el cierre temporal de negocios no esenciales, todo con el propósito de frenar la propagación del virus. Así mismo, se han llevado a cabo campañas de vacunación masiva para inmunizar a la población contra el COVID-19, con el objetivo de disminuir la gravedad de los casos, así como prevenir hospitalizaciones y muertes.

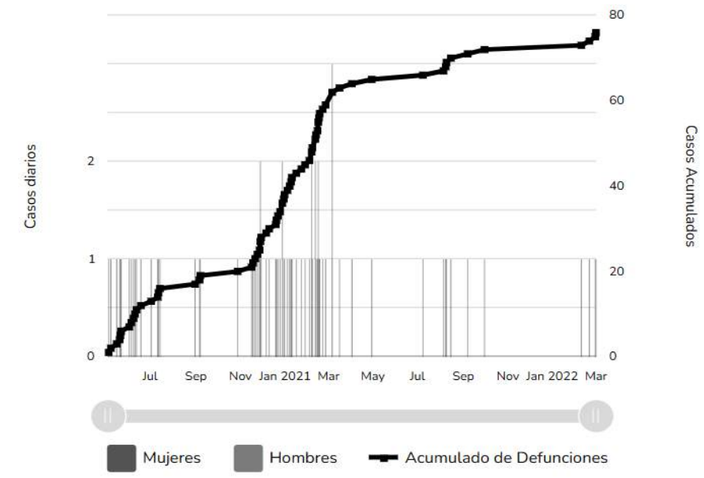
En el municipio de Tolcayuca se registró un número relativamente medio de los casos confirmados por COVID-19. (Gobierno de México, 2023).

De acuerdo con los datos expuestos por CONACYT (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnológicas) sobre la información general del estado de Hidalgo, se registraron un total de:

- 608 casos confirmados



Gráfica de casos totales confirmados en Tolcayuca, Hidalgo.



Gráfica de defunciones en Tolcayuca, Hidalgo.

Las cifras anteriores expuestas contemplan un periodo de febrero 2020 a junio 2023. Esto ha ejercido presión sobre el sistema de salud, incluyendo hospitales, personal, suministros médicos. Durante el curso de la pandemia en nuestro país se han identificado diferentes olas, las cuales han tenido diferente comportamientos clínicos y epidemiológicos, establecidos por periodos desde el principio de la pandemia hasta la actualidad. Se ha identificado que el número de contagios presentó un aumento considerable a partir de la SE 49 de 2022, iniciando la sexta ola.

- 1ª ola COVID-19 (SE* 8 a SE 39 de 2020).

- 2ª ola COVID-19 (SE 40 de 2020 a SE 15 de 2021).
- 3ª ola COVID-19 (SE 23 a SE 42 de 2021).
- 4ª ola COVID-19 (SE 51 de 2021 a la SE 9 de 2022).
- 5ª ola COVID-19 (SE 22 de 2022 a la SE 33 de 2022).
- 6ª ola COVID-19 (SE 49 de 2022 a la SE 4 de 2023).

Comparación de la semana epidemiológica Covid-19, 2021-2023 de Tolcayuca, Hidalgo.

Años	Casos confirmados	Defunciones
2021	254	40
2022	427	76
2023	608	76

Tolcayuca es uno de los municipios que a nivel estatal presentaron menos de 1000 pacientes confirmados.

Tasa de incidencia anual y mortalidad por cada 10,000 habitantes durante la pandemia de Covid-19

La incidencia y la prevalencia son las medidas de frecuencia más significativas y pueden obtenerse cuando se estudia la morbilidad y mortalidad de las enfermedades; en la epidemiología descriptiva son fundamentales e implica estudiar cómo se distribuye la enfermedad en la población, en particular, la incidencia según la persona, lugar y el tiempo.

La morbilidad es el índice de personas enfermas en un lugar y tiempo determinado, es un dato útil para estudiar procesos de evolución y control de las enfermedades.

Metodología.

El cálculo de la tasa de incidencia anual por cada 10,000 habitantes se efectúa considerando;

(Número de casos / población total) × 1,000= tasa de incidencia por cada 1,000 habitantes.

Teniendo en cuenta que para el municipio de Tolcayuca:

$$((608)/(21{,}362)) \times 10{,}000=TI$$

$$TI= 284.61$$

Se tiene que el valor de la tasa de incidencia de casos confirmados por Covid-19 durante la pandemia fue de 608 casos confirmados por cada 10,000 habitantes en el municipio de Tolcayuca.

El cálculo de la tasa de mortalidad por cada 10,000 habitantes se efectúa considerando;

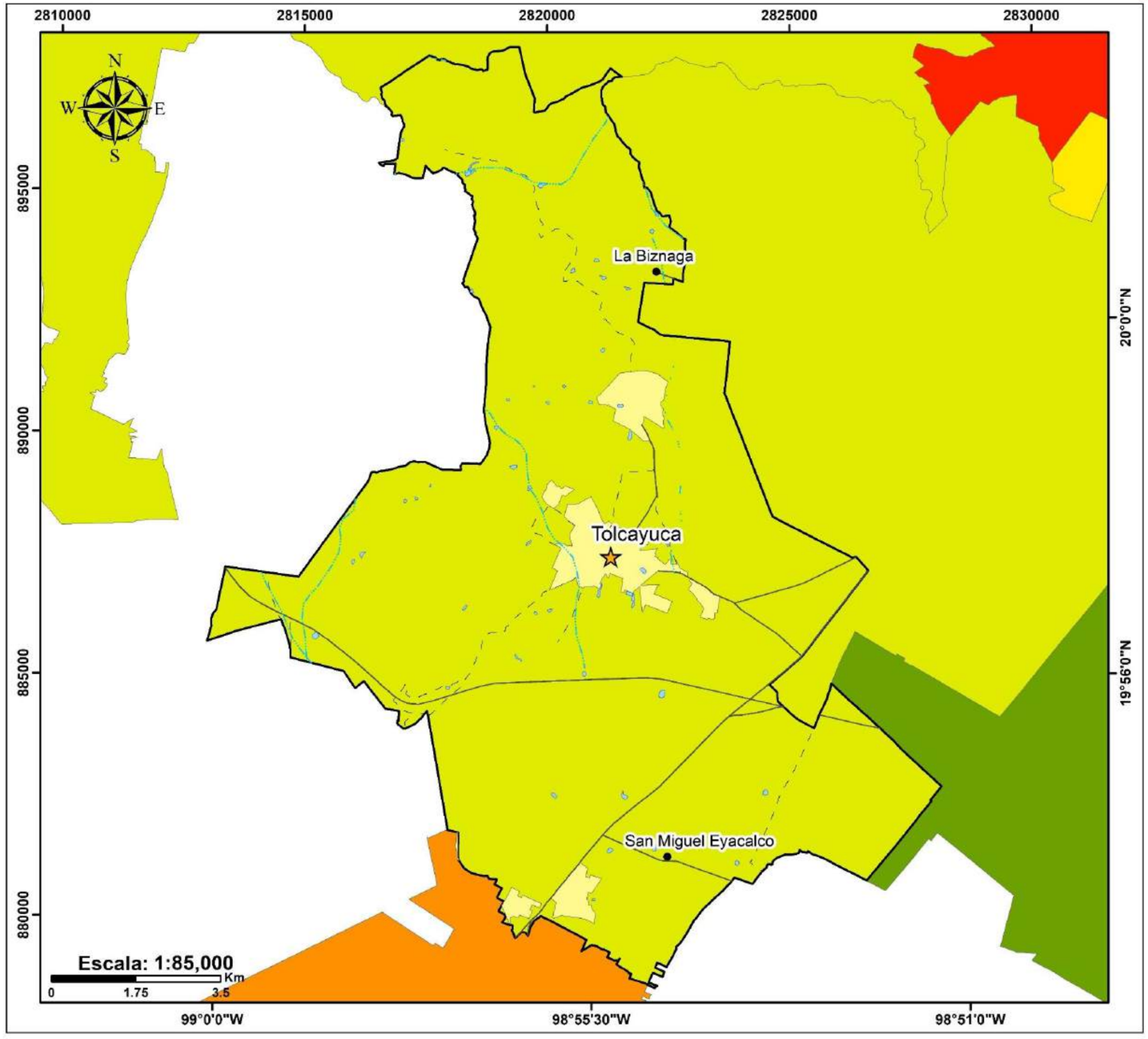
(Número de defunciones / población total) × 100,000= tasa de incidencia por cada 10,000.

$$((76)/(21{,}362)) \times 10{,}000=TM$$

$$TM= 26.54$$

Se tiene que el valor de la tasa de mortalidad por casos de Covid-19 durante la pandemia fue de 76 defunciones por cada 10,000 habitantes en el municipio de Tolcayuca.

Mapa de casos confirmados por covid-19



Simbología

Casos municipales confirmados

608

COVID19

- 0 - 100
- 100 - 200
- 200 - 300
- 300- 500
- 500 - 1300
- 1300 - 2900
- 2900 - 6500
- 6500 - 10600
- 10600 - 15500
- 15500- 32900

Límites políticos

- Cabecera municipal
- Localidades
- Zonas urbanas
- Límite municipal

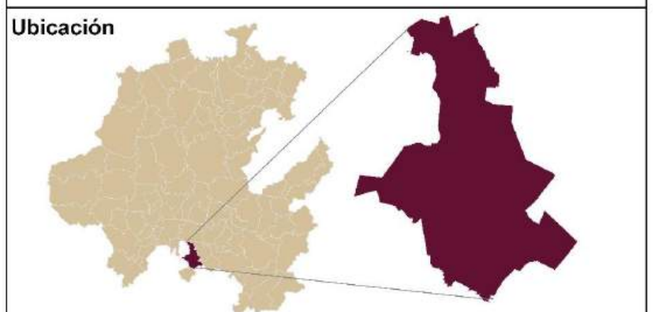
Rasgos hidrográficos

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PCOVID - Pandemia covid

CAPÍTULO IX. FENÓMENOS SOCIO-ORGANIZATIVOS

Fenómenos socio-organizativo

Los fenómenos socio-organizativos se basan en aspectos políticos, sociales, económicos y demográficos del territorio del estado de Hidalgo. Estos fenómenos se refieren a los eventos que afectan a la población de una región específica, generando daños tanto a sus bienes como a su integridad física. Estos sucesos generalmente son consecuencia de variables socioeconómicas. De acuerdo con la definición del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), un fenómeno socio-organizativo se considera como "una calamidad provocada por errores humanos o acciones premeditadas, que ocurren en el contexto de concentraciones masivas o desplazamientos poblacionales".

Eventos masivos

Los eventos masivos se entienden como un fenómeno originado por la actividad humana, relacionado con procesos de desarrollo (económico, político, social y cultural) en la sociedad. Estos eventos impactan el comportamiento de la población cuando interactúan en lugares con gran concentración de personas, lo que puede desencadenar conductas desordenadas (CENAPRED, 2021).

Nivel de análisis 1

Metodología

Para identificar los eventos masivos en el municipio, se llevaron a cabo recorridos de campo en las diferentes localidades con el propósito de recopilar información sobre actividades sociales (como bailes, carreras, entre otras) o religiosas. Se consideró la ubicación de los espacios donde se realizan estos eventos y se consultó a la población sobre las características de las celebraciones, tomando en cuenta aspectos como la fecha de la festividad, el número de personas que asisten, el área donde se efectúa el evento, las calles que se cierran y si durante el evento se realiza quema de pirotecnia. En este último caso, se delimitó una zona de influencia de 100 metros alrededor de los puntos donde se lleva a cabo la quema. Los datos recolectados fueron gestionados en una base de datos que incluye las coordenadas geográficas de los lugares con gran aforo, los cuales fueron luego proyectados geoespacialmente utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG).

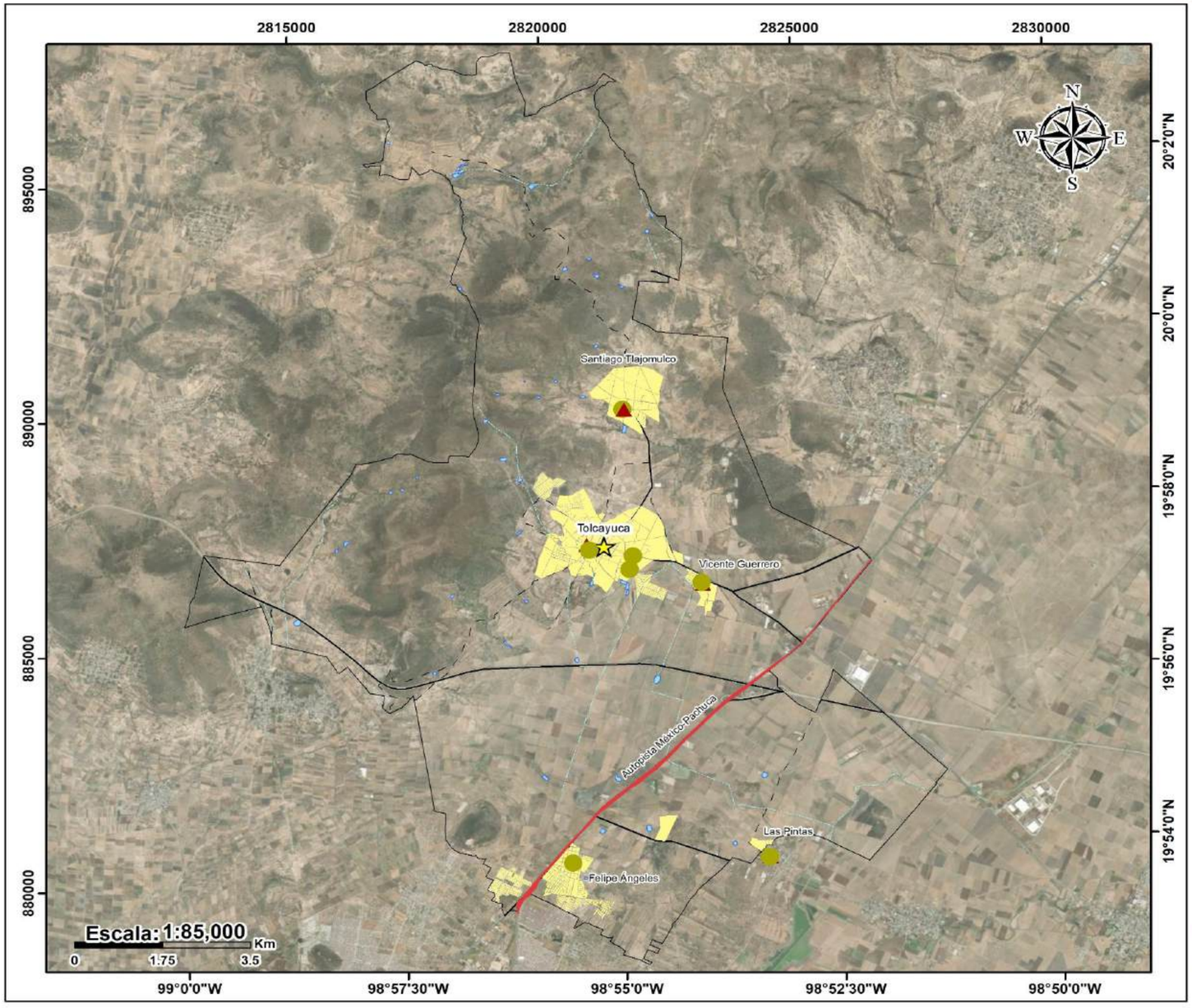
Resultados

A partir de los recorridos de campo para el reconocimiento de fenómenos socio organizativos, se identificaron un total de 14 eventos, de los cuales: ocho son culturales, y seis son religioso, sociales; las zonas destinadas para dichos eventos pueden observarse en el mapa general de eventos masivos del municipio de Tolcayuca; el único evento que no se origina dentro del municipio identificado como punto de peligro corresponde a las peregrinaciones que transitan por la autopista México Pachuca.

V.6.1 Eventos masivos Tolcayuca, Hidalgo

Localidad	Fecha
Celebraciones	
Tolcayuca, centro	24 junio
Tolcayuca, centro	15 septiembre
Tolcayuca, centro	15 y 16 septiembre
Tolcayuca, centro	1 y 2 de noviembre
Vicente Guerrero	15 agosto
Santiago Tlajomulco	25 julio
Felipe Ángeles	2 al 5 agosto
Las Pintas	28 octubre
Autopista México-Pachuca	30 noviembre al 12 de diciembre

Mapa general de eventos masivos



Simbología

Eventos masivos

- Eventos sociales
- Eventos religiosos

Zona de afectacion por peregrinaciones

- 10 km

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Limite municipal

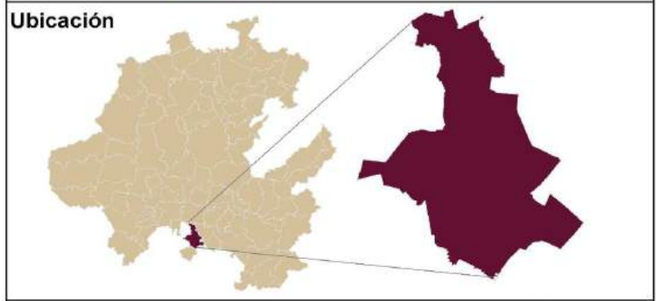
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos Tolcayuca

Fiesta patronal Santiago Tlajomulco

Al norte del municipio en la localidad de Santiago Tlajomulco se identifican dos zonas de festividades una religiosa y una cultural.

La fiesta patronal en Santiago Tlajomulco es un evento religioso en honor a Santiago apóstol, tiene lugar en la iglesia local el día 25 de julio, el evento alcanza un aforo aproximado de 300 personas.

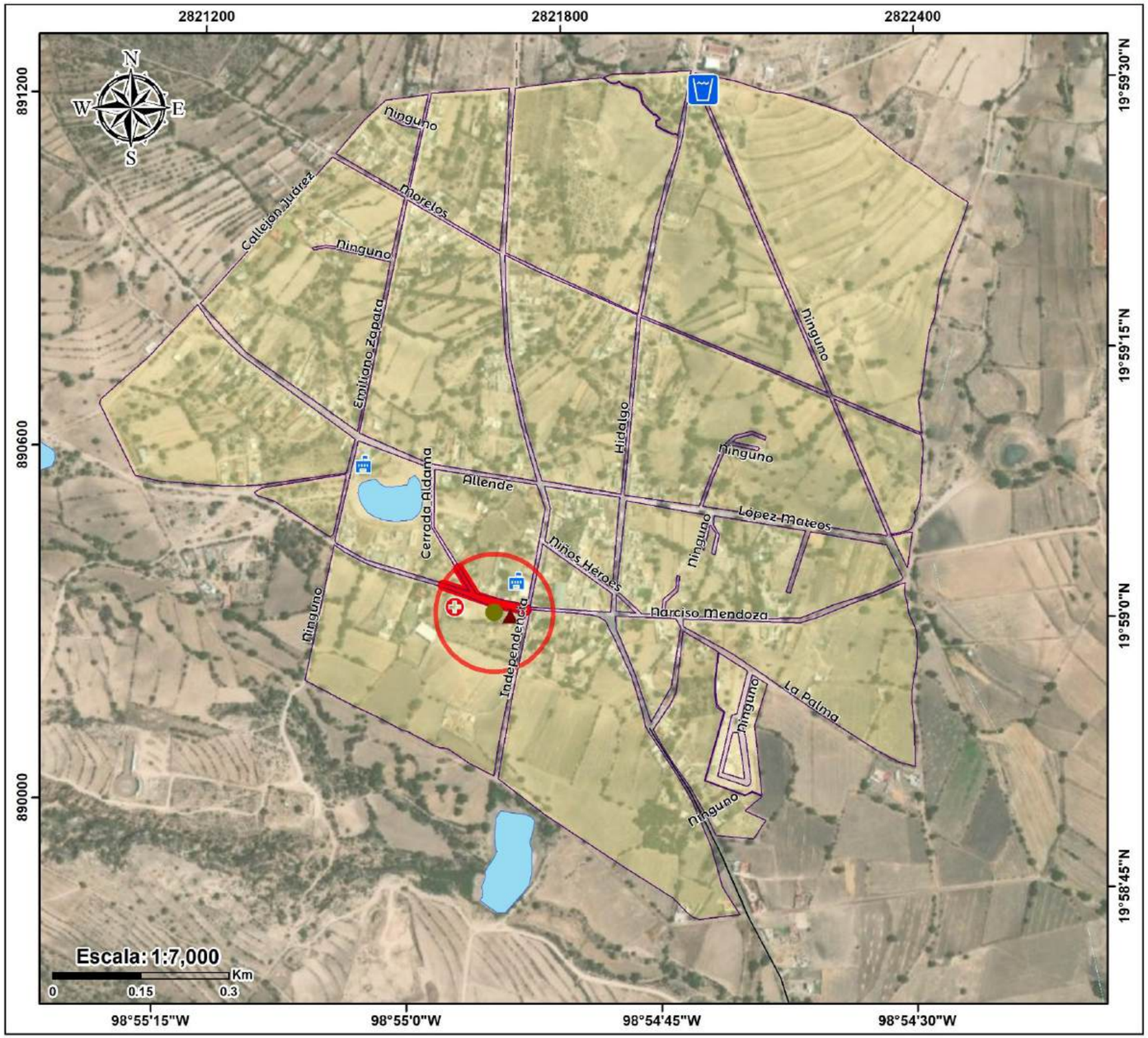
Una de las características principales de la zona, es otro evento masivo el baile popular de cierre de feria y la quema de fuegos pirotécnicos y castillos para dar realce a las festividades, siendo el principal atractivo que reúne a la población. Las quemas se llevan a cabo en la explanada cercana a la iglesia o en la cancha frente a ella, se muestra un radio de afectación de 100 m debido al uso de pirotecnia que dentro de su radio de afectación se encuentra un centro de asistencia médica, una escuela.

Santiago Tlajomulco centro

Iglesia en honor a Santiago Apóstol (localidad Santiago Tlajomulco)

Explanada y cancha donde se lleva a cabo la quema de pirotecnia y castillo (localidad Santiago Tlajomulco)

Mapa de eventos masivos Santiago Tlajomulco



Simbología

Eventos masivos

- Evento social
- Evento religioso

Radio de afectación en caso de explosión

- 100 m

Vialidades afectadas por eventos sociales

- Vialidades cerradas

Sitios de interés público

- Escuela
- Centro de Salud
- Tanque de Agua

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Limite municipal

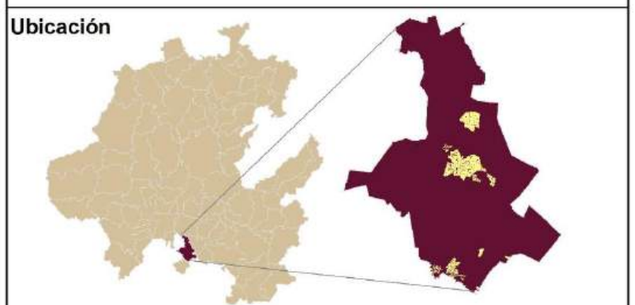
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos, zona norte

En la zona centro del municipio se exponen zonas con alta incidencia de personas, de los cuales dos están relacionados con motivos religiosos donde se hace quema de pirotecnia y tres sociales.

Fiesta patronal Tolcayuca

Uno de los eventos es la festividad patronal es el 24 de junio en honor a San Jan Bautista, durante los días de fiesta se reúnen alrededor de 9000 personas, en la plaza principal donde se cierran vialidades y se enciende pirotecnia (que puede llegar a afectar una escuela una instalación gubernamental) y en la unidad deportiva donde se realiza otro evento masivo el baile popular de cierre de feria donde se reúnen aproximado de 3000 personas.

Otro punto es el panteón municipal donde en festividades de día muertos tiene una afluencia aproximada de 500 personas.

Fiesta patronal Vicente Guerrero

En la localidad se lleva a cabo la fiesta patronal en honor a la Asunción de la Virgen María, el día 15 de agosto de cada año dónde el uso de pirotecnia como castillo y salva de cohetes son actividades para celebrar, la asistencia fluctúa entre 500 y 1000 personas, y en el radio de afectación por la pirotecnia se encuentra una escuela y una instalación deportiva, la festividad tiene otro evento masivo que se realiza en la plaza principal que es el baile popular de cierre de feria donde se concentran un aproximado de 1000 personas.

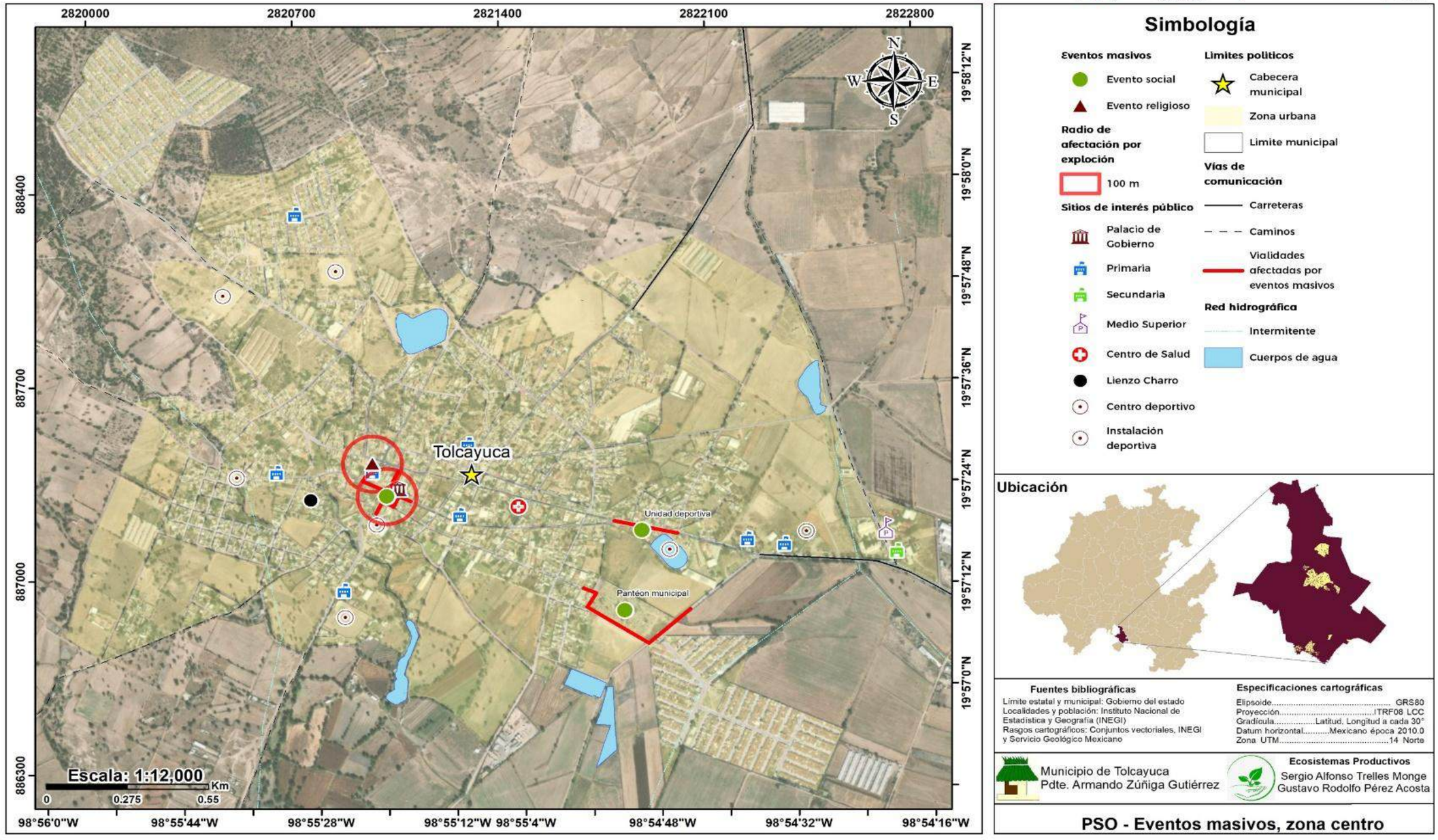
Municipio de Tolcayuca-Centro

Iglesia en honor a San Juan Bautista Tolcayuca, Hidalgo

Panteón municipal Tolcayuca

Iglesia en honor a la Asunción de la virgen maría (localidad Vicente Guerrero)

Mapa de eventos masivos Tolcayuca



Mapa de eventos masivos Vicente Guerrero

Simbología

Eventos masivos
- Eventos social
- Eventos religiosa

Área de afectación por explosión
- 100 m

Vialidades afectadas por eventos sociales
- Vialidades cerradas

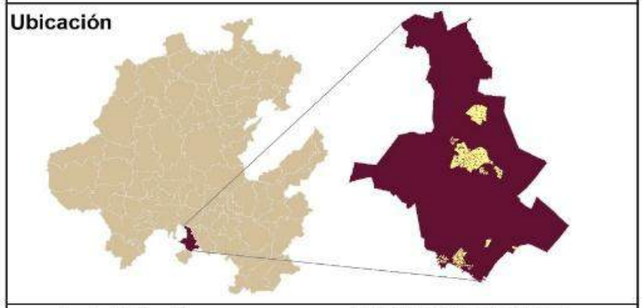
Sitios de interés público
- Instalación deportiva
- Centro de Salud
- Tanque de Agua
- Escuela

Limites politicos
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Limite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos, zona centro

Peregrinaciones Autopista México-Pachuca

Al igual que en muchas otras partes de la República Mexicana, el 12 de diciembre de cada año se dedica a la Virgen de Guadalupe. Las peregrinaciones son una de las principales actividades conmemorativas que se realizan, convirtiéndose en un factor de riesgo. La autopista México-Pachuca, que cruza el municipio con una longitud de 10 km de noreste a suroeste, representa un punto de peligro, ya que es la principal vía de acceso a la Ciudad de México para los peregrinos que se dirigen a la Basílica de Guadalupe.

En la zona sur, se registran dos eventos de importancia cultural y religiosa. El primero tiene lugar en la localidad de Felipe Ángeles del 2 al 5 de agosto, donde parte de las celebraciones incluye la quema de pirotecnia, y el aforo al evento es de alrededor de 1000 personas.

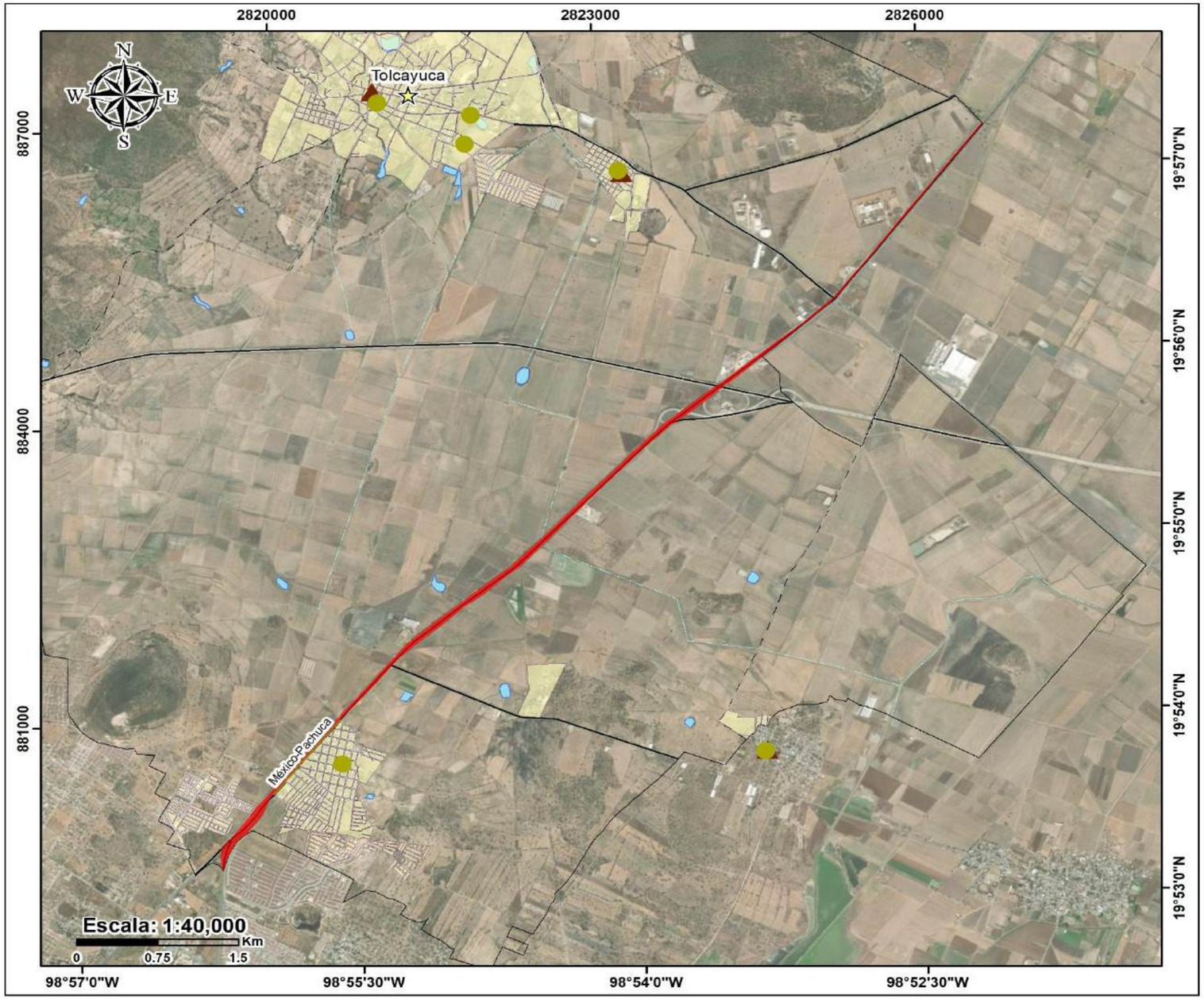
El segundo evento se realiza en la localidad de Las Pintas, aunque, con información del marco geoestadístico, esta localidad se encuentra fuera de los límites del municipio, la unidad de Protección Civil del municipio de Tolcayuca acude en caso de emergencias, en este evento también se lleva a cabo la quema de pirotecnia frente a la iglesia local. Dentro del área de influencia se identifican viviendas particulares.

Peregrinación autopista México-Pachuca

Iglesia en honor a San Judas Tadeo (localidad de Las PInitas)

Cancha donde se realiza baile y quema de castillo (Localidad Felipe Ángeles)

Mapa de eventos masivos autopista México-Pachuca



Simbología

Eventos masivos

- Eventos social
- Eventos religiosos

Zona de afectación por peregrinaciones

- 10 Km

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Limite municipal

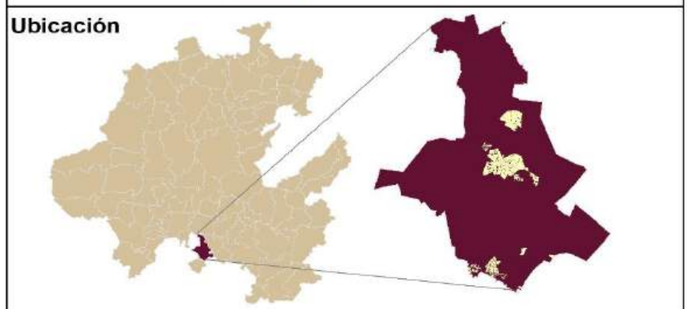
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobiemo del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

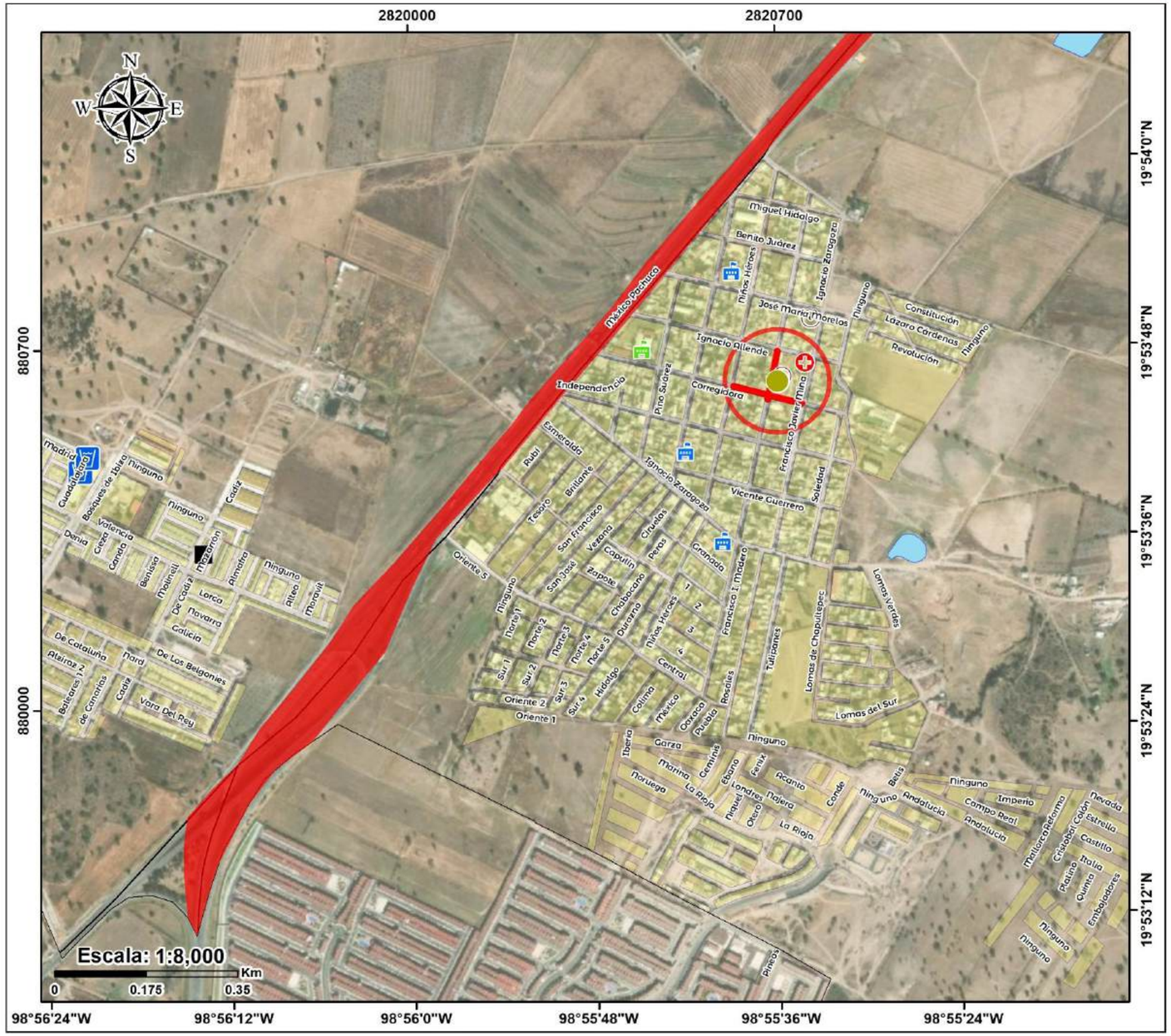
Elipsoide.....GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos, Autopista México-Pachuca

Mapa de eventos masivos Felipe Ángeles



Simbología

Eventos masivos
- Evento social
- Evento religioso

Radio de afectación en caso explosión
- 100 m

Vialidades afectadas por eventos masivos
- Vailidad cerrada

Zona de afectación por peregrinaciones
- 3 km

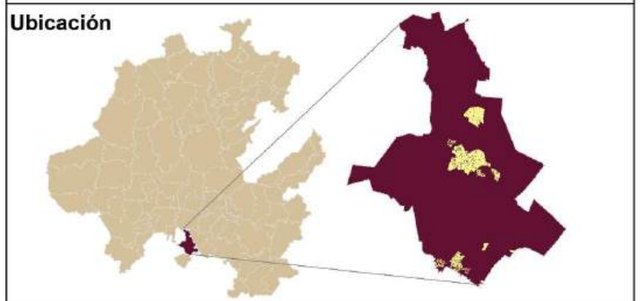
Sitios de interés público
- Primaria
- Secundaria
- Centro de Salud
- Instalación deportiva
- Parque
- Tanque de Agua

Limites politicos
- Zona urbana
- Limite municipal

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

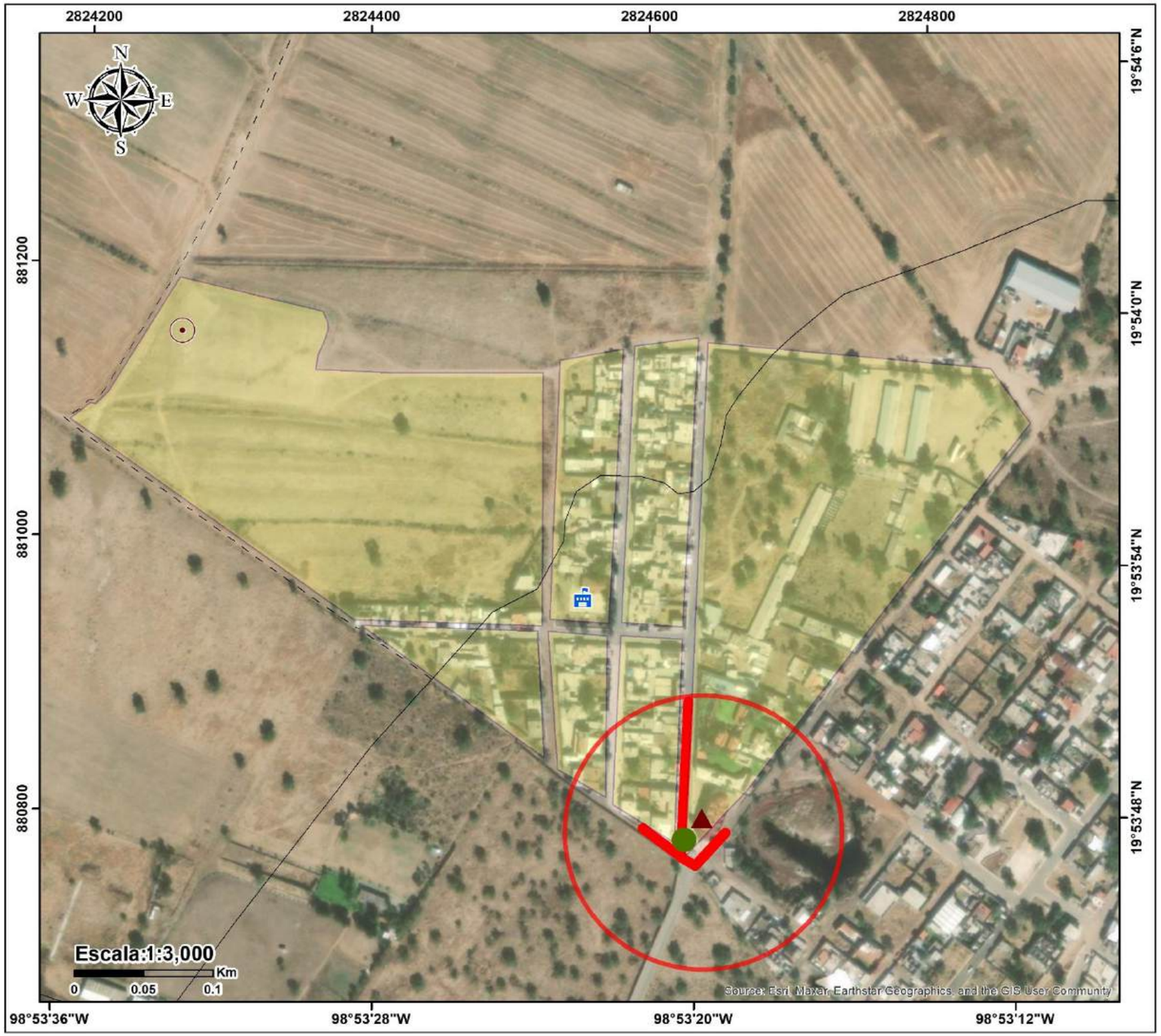
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos, zona sur

Mapa de eventos masivos Las Pintas



Simbología

Eventos masivos
- Eventos social
- Eventos religiosa

Radio de afectación por explosión
- 100 m

Vilaidades afectadas por evento social
- Vialidad cerrada

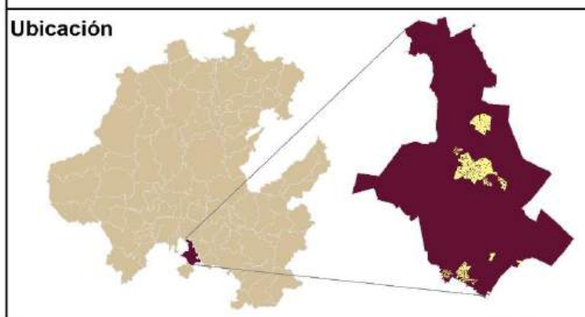
Sitios de interés público
- Instalación deportiva
- Escuela

Limites políticos
- Cabecera municipal
- Limite municipal
- Zona urbana

Vías de comunicación
- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica
- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Eventos masivos zona sur

Inconformidad social

La inconformidad social es el descontento o desacuerdo colectivo que surge dentro de una comunidad o grupo social frente a situaciones, decisiones o políticas que se consideran injustas, perjudiciales o contrarias a sus intereses, valores o derechos.

Este fenómeno puede manifestarse de diversas maneras, como protestas, huelgas, movilizaciones o debates públicos. Las causas suelen estar relacionadas con problemas como desigualdad, falta de servicios básicos, violación de derechos humanos.

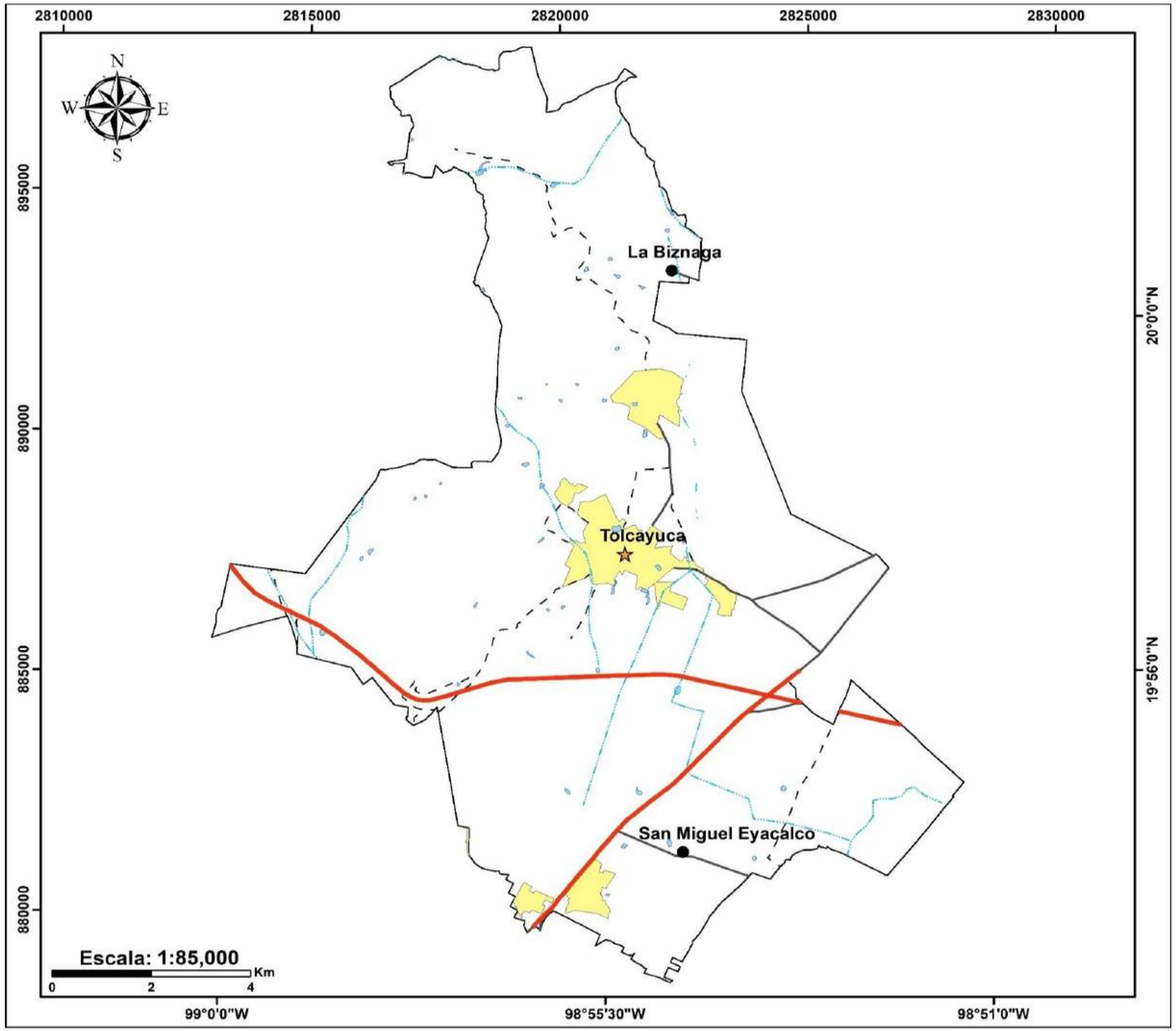
La inconformidad social es una expresión de participación ciudadana que, si bien puede generar tensiones, también es una herramienta clave para impulsar cambios y visibilizar problemáticas que requieren atención por parte de las autoridades o instituciones.

En el mapa de inconformidad social del municipio de Tolcayuca se identifican los lugares en donde se han manifestado los ciudadanos y en algunos casos en cierre vial de las carreteras principales que conectan con la cabecera municipal. Las manifestaciones registradas en estas áreas son un claro indicio del descontento en torno a temas prioritarios para la comunidad.

Algunas de las manifestaciones que se cuenta con un registro histórico son las siguientes:

En agosto de 2021, aproximadamente 200 unidades de carga se manifestaron con cierres intermitentes sobre la carretera México-Pachuca y Carretera ‘’km 400´´, según datos proporcionados por Protección civil del municipio, en protesta por un conflicto de límites territoriales entre Tizayuca y Tolcayuca.

Mapa de inconformidad social



Simbología

Inconformidad social

- Carretera Km 400
- Carretera Mexico-Pachuca

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Límite municipal

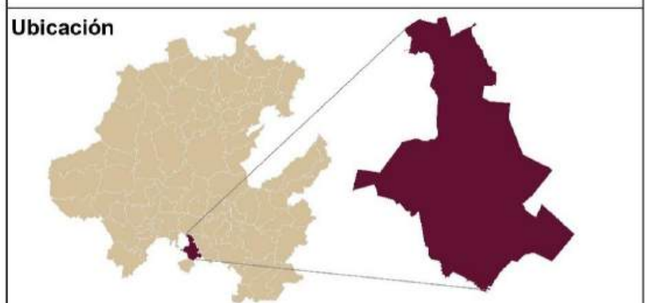
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Cuerpos de agua
- Intermitente

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

IncS-Inconformidad Social

Interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica

La interrupción y afectación de servicios básicos e infraestructura estratégica representan un desafío crítico para el funcionamiento de cualquier sociedad moderna. Los servicios básicos como el suministro de agua, electricidad, gas, telecomunicaciones y transporte, junto con infraestructuras estratégicas como hospitales, centros de distribución de alimentos, redes de comunicación y sistemas de seguridad, son esenciales para el bienestar de la población y el desarrollo económico. Cuando estos servicios y infraestructuras se ven interrumpidos o dañados, las consecuencias pueden ser devastadoras, afectando la calidad de vida, la estabilidad social y la economía.

Las causas de la interrupción de estos servicios pueden ser diversas. Los desastres naturales, como terremotos, inundaciones, huracanes o tormentas severas, son factores comunes que pueden destruir infraestructuras o interrumpir los suministros básicos durante largos períodos. Además, el sabotaje, ataques cibernéticos, fallos técnicos, deficiencias en el mantenimiento o incluso errores humanos pueden también ocasionar interrupciones. Estos eventos no solo crean disrupciones inmediatas, sino que sus efectos pueden perdurar, afectando la capacidad de las autoridades para responder de manera eficaz a las necesidades de la población.

La afectación de servicios básicos puede tener consecuencias inmediatas en la salud pública, la seguridad y el bienestar de las personas. La interrupción del suministro de agua, por ejemplo, puede generar crisis sanitarias, especialmente en áreas vulnerables, donde las personas dependen de estos servicios para satisfacer necesidades esenciales. La falta de electricidad o gas afecta tanto a los hogares como a las industrias, paralizando actividades económicas, interrumpiendo la educación y afectando la atención sanitaria. Además, los problemas en el transporte pueden retrasar el movimiento de personas y mercancías, afectando la economía y generando caos en las ciudades.

La infraestructura estratégica, como hospitales, sistemas de comunicación y plantas de energía, es particularmente vulnerable en situaciones de emergencia. Su afectación puede comprometer la capacidad de respuesta ante crisis, limitando la atención médica de urgencia, la distribución de recursos y las comunicaciones entre los servicios de emergencia.

En una crisis, la resiliencia de estas infraestructuras es crucial, ya que su correcto funcionamiento es la base para la gestión efectiva de la situación.

Ante estos riesgos, la prevención y la preparación son fundamentales. Los gobiernos y las empresas encargadas de los servicios básicos deben invertir en infraestructura robusta, tecnologías de monitoreo, planes de contingencia y protocolos de recuperación. Además, la colaboración entre diferentes sectores y niveles de gobierno es clave para

garantizar una respuesta rápida y eficaz ante la interrupción de servicios esenciales. Esto incluye la capacitación de personal, la creación de redes de comunicación de emergencia y la implementación de sistemas de respaldo para minimizar los efectos de cualquier interrupción.

Debido a la falta de registros ante estos fenómenos, impidió la elaboración de un mapa para su identificación.

Accidentes viales

La incidencia o accidente vial son considerados como una distorsión en la armonía del sistema del transporte automotor, que tiene como consecuencia daños materiales o personales. Los motivos por los cuales suceden estos siniestros pueden radicar en uno, dos o tres componentes del sistema (usuario, vehículo y vialidad). Generalmente, los accidentes de tránsito son atribuidos al factor humano y se señala al conductor o al peatón como causante de la distorsión (Matamoros Hidalgo, 2013).

Nivel de análisis: 1

Metodología

Para elaborar el mapa de incidencias viales, se lleva a cabo un análisis previo del registro de "Accidentes de Tránsito Terrestre en Zonas Urbanas y Suburbanas" (ATUS) del INEGI, considerando los registros mínimos de 5 años anteriores al año de elaboración del mapa, y la recopilación de los reportes de incidencias que haya registrado Protección Civil Municipal de Tolcayuca, con un mínimo de un año anterior a la elaboración de este atlas (2024). Se considera también la información que proporciona la población al momento de realizar los recorridos de campo en las localidades que conforman al municipio.

Resultados

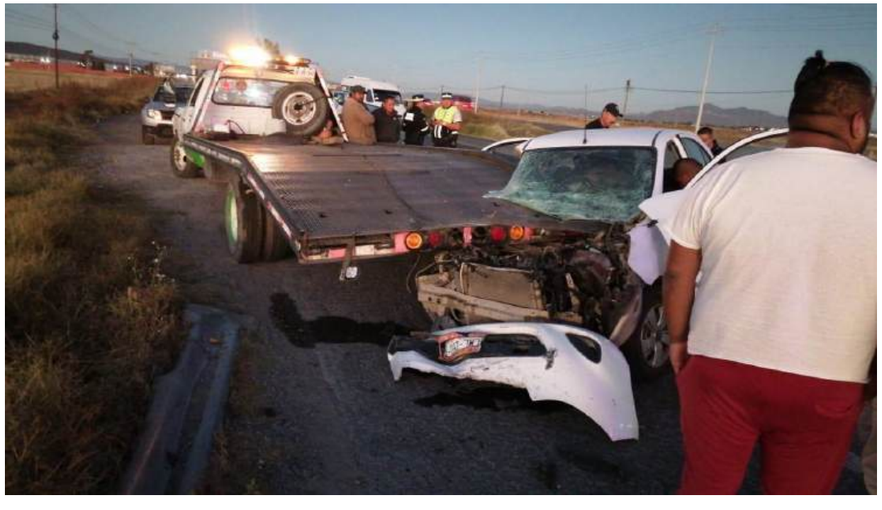
Considerando lo anterior se muestran al menos dos zonas altamente susceptibles a la ocurrencia de estos siniestros, que son generadas por vehículos motorizados que circulan a grandes velocidades y por conductores que están bajo la influencia de los efectos del alcohol; la primera zona se ubica en el crucero San Javier Tolcayuca, en la autopista México-Pachuca, aquí se han reportado accidentes de motociclistas y automóviles de acuerdo con los testimonios de la población, los conductores de motocicletas pasan a exceso de velocidad, algunos de ellos se derrapan y otros más se han llegado a impactar con otros vehículos.

La segunda zona se ubica en la localidad de Felipe Ángeles en la colindancia al municipio de Tizayuca en la autopista México-Pachuca sobre esta vialidad que conecta con el estado de México es una zona donde se concentran la mayor actividad vehicular se han reportado accidentes graves; vehículos a velocidades inapropiadas y derrapes de algunas motocicletas en temporada de lluvias.

Accidente vial Autopista México Pachuca. Fuente: Protección civil

Accidente vial Autopista México-Pachuca

Accidente vial Autopista México-Pachuca



Accidente vial autopista México- Pachuca

Accidente vial Autopista México-Pachuca

Mapa de accidentes viales autopista México-Pachuca zona norte

Simbología

Incidencia vial

- Zona altamente suceptible

Radio afectación por accidentes viales

- 50 m

Vialidades con incidencia recurrentes

- 10 Km

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Limite municipal

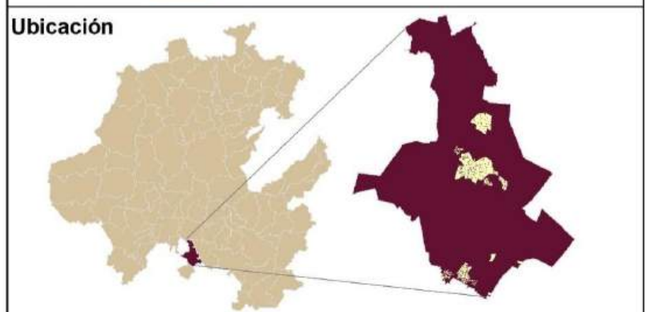
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

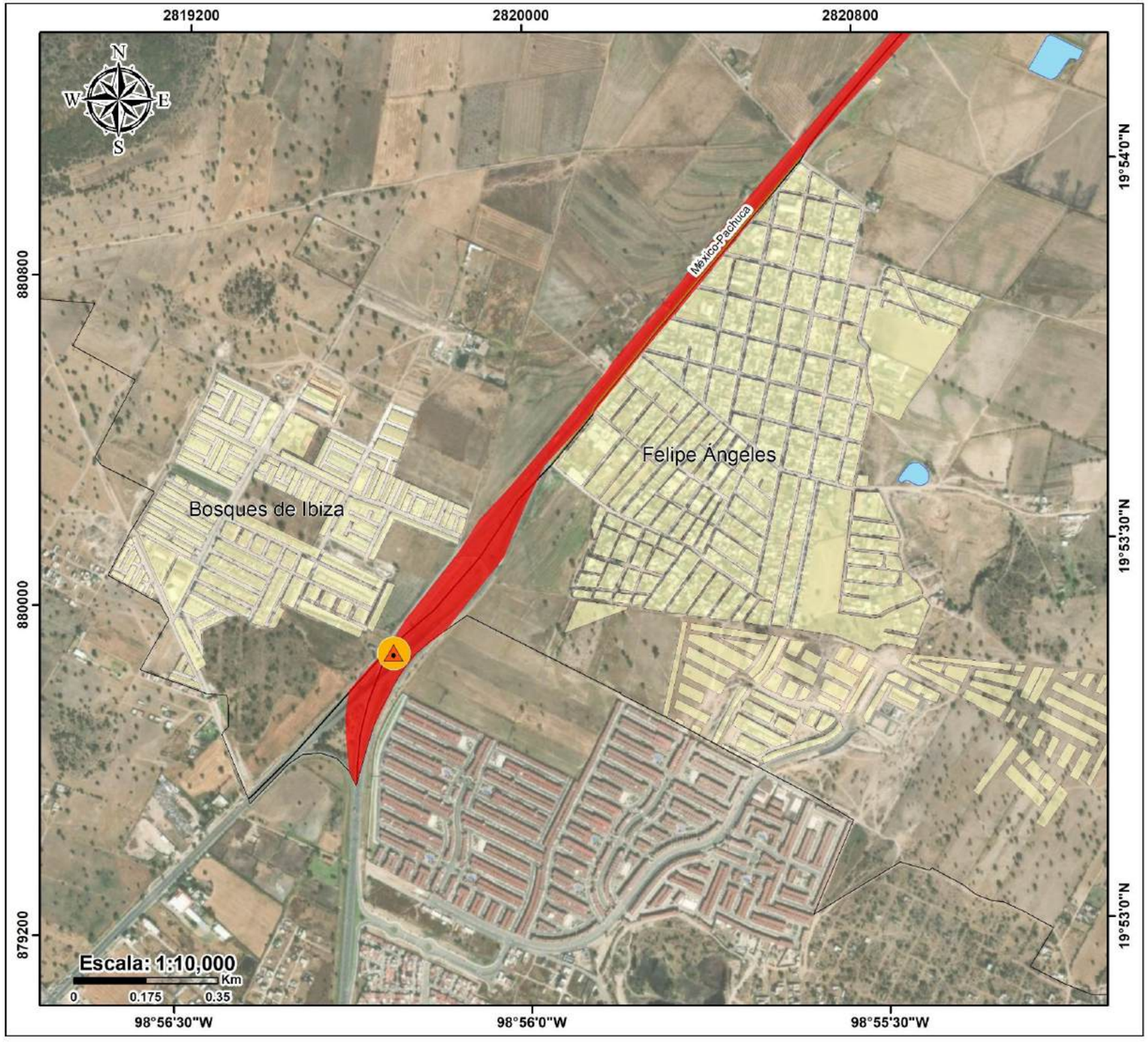
Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Accidentes viales, Autopista México-Pachuca

Mapa de accidentes viales autopista México-Pachuca zona sur



Simbología

Incidencia vial

- Zona altamente suceptible

Radio afectación por accidentes viales

- 50 m

Vialidades con incidencia recurrentes

- 10 Km

Limites politicos

- Cabecera municipal
- Zona urbana
- Limite municipal

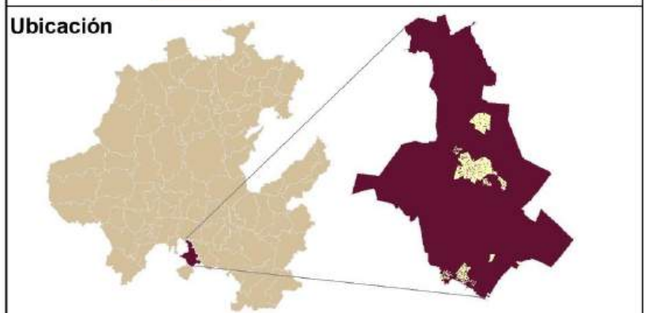
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Intermitente
- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

PSO - Accidentes viales, Autopista México-Pachuca

Accidentes aéreos

Un accidente aéreo es cualquier evento que involucra una aeronave en el que ocurre un daño significativo a la aeronave, una lesión o fatalidad a los ocupantes o personas en tierra, o ambos. Este tipo de accidente puede ocurrir durante cualquier fase del vuelo, desde el despegue hasta el aterrizaje, y puede ser causado por una variedad de factores, como errores humanos, fallos mecánicos, condiciones meteorológicas adversas, problemas con la navegación o incluso actos de sabotaje o terrorismo. Los accidentes aéreos son investigados por autoridades de aviación civil con el fin de determinar sus causas y prevenir futuros incidentes, mejorando así la seguridad aérea.

Los accidentes aéreos pueden ser causados por una variedad de factores, que incluyen errores humanos, fallos mecánicos, condiciones meteorológicas adversas, fallos en los sistemas de navegación, o incluso actos de sabotaje o terrorismo. En muchos casos, varios de estos factores pueden combinarse, lo que hace más difícil determinar la causa exacta del accidente. Sin embargo, los estudios y las investigaciones exhaustivas, como las realizadas por las autoridades aeronáuticas internacionales (como la OACI, la FAA o la EASA), suelen ser clave para identificar las causas subyacentes y establecer medidas para prevenir futuros accidentes.

La seguridad aérea no solo depende de lo que ocurre durante el vuelo, sino también de la planificación previa, como la verificación de rutas, condiciones meteorológicas, mantenimiento de aeronaves y formación de la tripulación. La falta de estas medidas puede aumentar el riesgo de accidentes. Aunque los accidentes aéreos son raros, su impacto es significativo, afectando tanto a las víctimas como a las comunidades. Esto ha impulsado esfuerzos constantes por mejorar la seguridad, aumentar la fiabilidad de las aeronaves y reducir riesgos. Gracias a la colaboración entre autoridades y la industria, las tasas de accidentes fatales han disminuido, pero la industria sigue trabajando en identificar riesgos y mejorar la seguridad en los vuelos.

De acuerdo con el municipio no se tienen antecedentes registrados ante este tipo de fenómenos.

Terrorismo y sabotaje

El terrorismo y el sabotaje son actos deliberados diseñados para causar daño, miedo o caos en la sociedad. Aunque ambos comparten el objetivo de generar impactos negativos, se diferencian en su naturaleza y motivaciones. El terrorismo, generalmente asociado con grupos extremistas o ideologías radicales, busca sembrar el pánico, alterar el orden social y político, y provocar cambios a través del uso de la violencia o la amenaza de violencia. Los atentados terroristas, como los que involucran explosivos, secuestros o ataques masivos, tienen un fuerte componente psicológico, ya que están destinados a influir en la percepción pública y en las decisiones gubernamentales.

El sabotaje, por otro lado, implica la destrucción o el daño intencional de instalaciones, equipos o infraestructuras para obstaculizar o interrumpir una actividad o proceso específico. A menudo, el sabotaje se utiliza en el contexto de protestas laborales, conflictos políticos o actividades militares, pero también puede ser llevado a cabo por individuos o grupos con objetivos más personales o económicos. Aunque el sabotaje puede no siempre tener las mismas implicaciones psicológicas que el terrorismo, su impacto puede ser igualmente significativo, causando pérdidas económicas, retrasos en proyectos o incluso poniendo en riesgo vidas humanas, dependiendo del contexto en que se dé.

Ambos fenómenos son desafíos significativos para la seguridad global, ya que afectan no solo a las víctimas directas, sino también al tejido social, económico y político de las naciones. Las medidas preventivas para contrarrestar el terrorismo y el sabotaje incluyen una combinación de vigilancia, inteligencia, diplomacia y políticas de seguridad, además de una cooperación internacional más estrecha para abordar las raíces profundas de estos actos, que a menudo están vinculados a conflictos geopolíticos, sociales o ideológicos. El impacto de estos actos puede tener efectos a largo plazo, alterando el curso de la historia y la seguridad de las naciones.

De acuerdo con lo anterior en el municipio no se tienen registros ante este tipo de eventos.

Incidencia delictiva

La incidencia delictiva es una medida estadística que permite conocer la cantidad y tipos de delitos que ocurren en una sociedad. No solo se limita a los delitos más graves como homicidios o robos, sino que incluye una amplia gama de actos delictivos, desde faltas menores hasta crímenes de alto impacto.

Se calcula en función de los datos proporcionados por:

Instituciones de seguridad pública.

Fiscalías y procuradurías.

Encuestas de victimización.

Metodología

La metodología empleada para el estudio de este fenómeno se basó en la recolección de datos provenientes del Observatorio Nacional Ciudadano seguridad Justica y Lealtad, específicamente del apartado de "Incidencia Delictiva". Se procedió a procesar esta información con el fin de contabilizar el número de incidencias delictivas reportadas en el municipio durante el año 2024.

Resultados

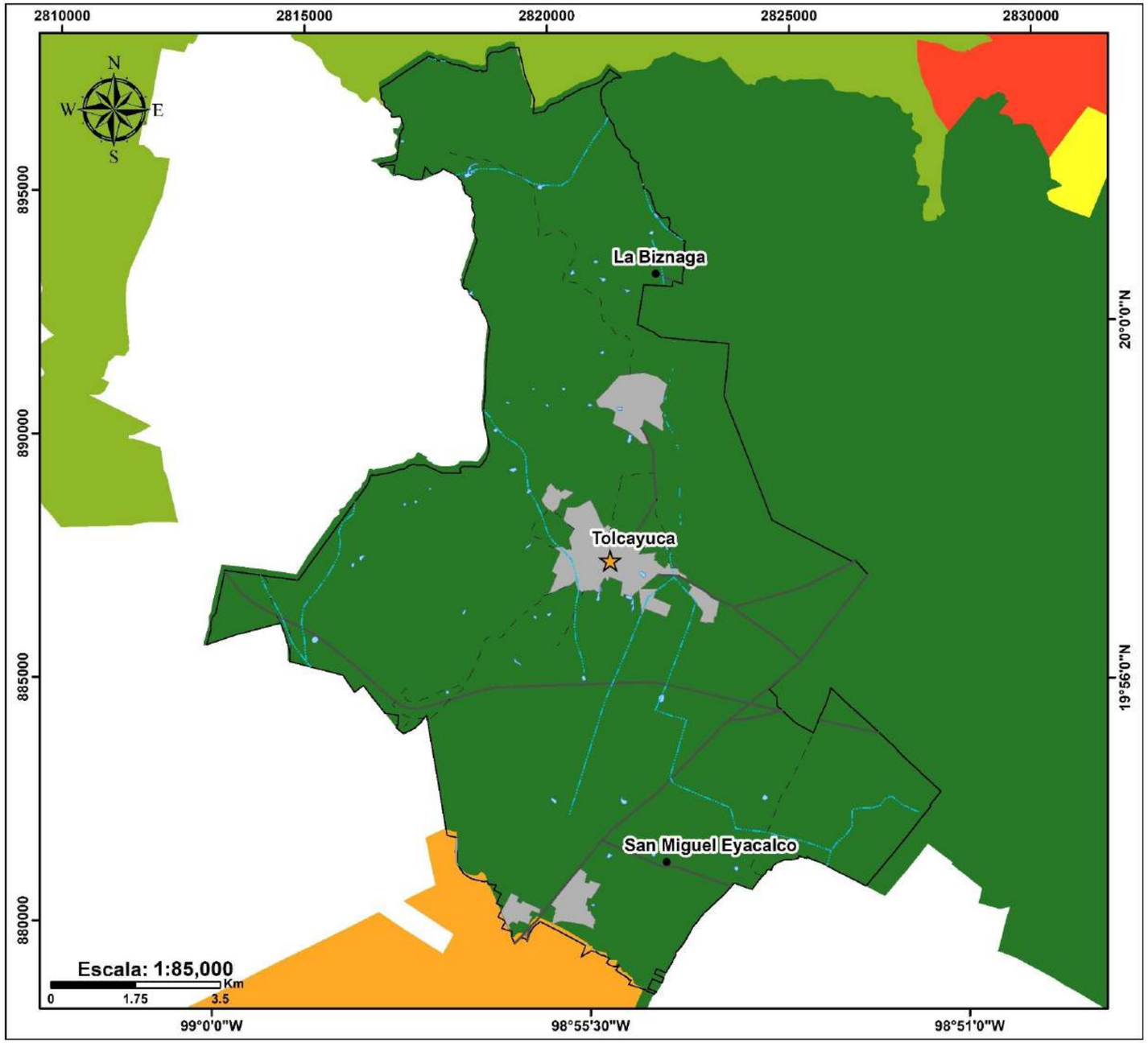
Como resultado, se generó un mapa que exhibe niveles de incidencia que van desde muy bajo hasta muy alto, en función del número de incidentes delictivos registrados durante el año 2024 en el estado de Hidalgo. En el municipio se tiene los siguientes datos

Incidencia		
Año	**Número de incidentes delictivos**	**Nivel**
2024	1113	Medio

La siguiente tabla presenta un registro histórico de los años 2015, 2018, 2020, 2023 y 2024, en el cual se detallan los delitos considerados como los más frecuentes en el municipio de Tolcayuca, Hidalgo. Además, se incluye la tasa de incidencia de estos delitos, expresada en número de casos ocurridos por cada 100,000 habitantes. Este registro permite analizar la evolución de la criminalidad en la región a lo largo del tiempo, proporcionando una referencia para evaluar tendencias y posibles cambios en la seguridad pública del municipio.

Tipo de delito	Tasa por cada 100,000 habitantes (2015)	Tasa por cada 100,000 habitantes (2018)	Tasa por cada 100,000 habitantes (2020)	Tasa por cada 100,000 habitantes (2023)	Tasa por cada 100,000 habitantes (2024)
Total de delitos	**524**	**886**	**751**	**1,071**	**1,113**
Homicidio doloso	6	23	11	11	11
Feminicidio	0	0	11	0	0
Homicidio culposos	12	17	34	16	43
Secuestro	0	6	6	0	5
Extorsión	18	6	0	0	5
Robo con violencia	49	175	102	304	161
Robo de vehículo	74	152	119	136	199
Robo a casa habitación	37	52	23	16	16
Robo de negocio	18	17	17	22	16
Robo a transeúnte total	0	0	0	0	21
3Robo en transporte publico	0	0	0	0	0
Violación	18	41	11	0	0
Violencia familiar	92	93	164	38	5
Trata de personas	0	0	0	0	0
Narcomenudeo	0	0	6	0	11
Lesiones dolosas	25	58	39	120	70

Mapa de incidencia delictiva



Simbología

Número de incidencia delictiva

- < 275 Muy bajo
- 276- 655 Bajo
- 656- 1540 Medio
- 1541- 4800 Alto
- > 4800 Muy alto

Límites político

- Localidades
- Cabecera municipal
- Zonas urbanas
- Límite municipal

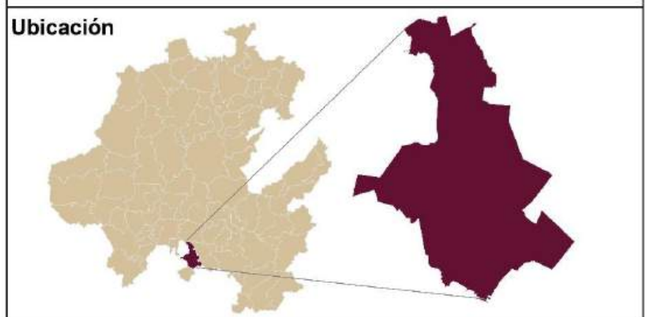
Vías de comunicación

- Carreteras
- Caminos

Red hidrográfica

- Cuerpos de agua
- Intermitente

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30°
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

ID- Incidencia Delictiva

Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social se refiere a la mayor exposición de ciertos grupos, como personas en pobreza, minorías étnicas o personas con discapacidad, a los efectos negativos de desastres o crisis. Esta vulnerabilidad está influenciada por factores socioeconómicos, políticos y culturales, y depende tanto de las características físicas de la comunidad como de sus capacidades sociales y nivel de integración.

La vulnerabilidad social refleja los factores clave que exponen a la población a choques o tensiones, así como su capacidad para enfrentar dichas crisis. Es un resultado de los impactos generados por el patrón de desarrollo actual, pero también refleja el grado de capacidad o incapacidad de los grupos sociales para hacer frente a estos desafíos, mitigarlos o incluso aprovecharlos, (Merlinsky, 2006).

Grado de vulnerabilidad social

Este fenómeno es el resultado directo del empobrecimiento, el crecimiento demográfico y la urbanización descontrolada. Además, la vulnerabilidad social frente a los desastres naturales se define como un conjunto de factores económicos, sociales y culturales que determinan la capacidad de un grupo social para hacer frente a la emergencia, así como para llevar a cabo su rehabilitación y recuperación ante un desastre. (CENAPRED, 2021)

Metodología

Tomando como referencia la metodología propuesta por el Centro Nacional de Desastres (CENAPRED), la estimación del grado de vulnerabilidad social asociada a desastres, en el municipio de Tolcayuca, se divide en tres partes:

1. La primera parte permite una aproximación al grado de vulnerabilidad en base a condiciones sociales y económicas (indicadores socioeconómicos), lo que proporciona un parámetro para medir las posibilidades de organización y recuperación después de un desastre. Dichos indicadores, pueden observarse en la tabla *Indicadores socioeconómicos*.
2. La segunda parte permite conocer la capacidad de prevención y respuesta de los órganos responsables de llevar a cabo las tareas de atención a la emergencia y rehabilitación. Este parámetro se evaluó mediante un cuestionario de 22 preguntas, aplicado al responsable de la Unidad de Protección Civil Municipal, basado en la metodología de CENAPRED.

El objetivo es valorar la capacidad de respuesta de la unidad ante emergencias y medidas preventivas, lo que complementa la evaluación del grado de vulnerabilidad.

3. La tercera, se enfoca a la percepción local ante posibles riesgos que se tengan en el municipio, lo que permitirá planear estrategias y planes de prevención ante estos.

Este parámetro fue evaluado mediante encuestas compuestas por 25 reactivos dirigidas a la población, lo que permite conocer la percepción sobre los riesgos en el municipio y, al mismo tiempo, contribuye a complementar el análisis del grado de vulnerabilidad.

Grado de vulnerabilidad social.

Valor final (VF)	Grado de vulnerabilidad social (GVS)	
0 a .20	Muy baja	
.21 a .40	Baja	
.41 a .60	Media	
.61 a .80	Alta	
.80 ó más	Muy alta	
Tolcayuca	VF: **0.4875**	GVS: **Media**

Reunión con la Unidad de Protección Civil municipal, donde se aplicó encuesta de capacidad de respuesta.

De acuerdo con lo anterior y la metodología de CENAPRED aplicada, en la tabla *Grado de vulnerabilidad social* se observan los resultados obtenidos para el municipio de Tolcayuca.

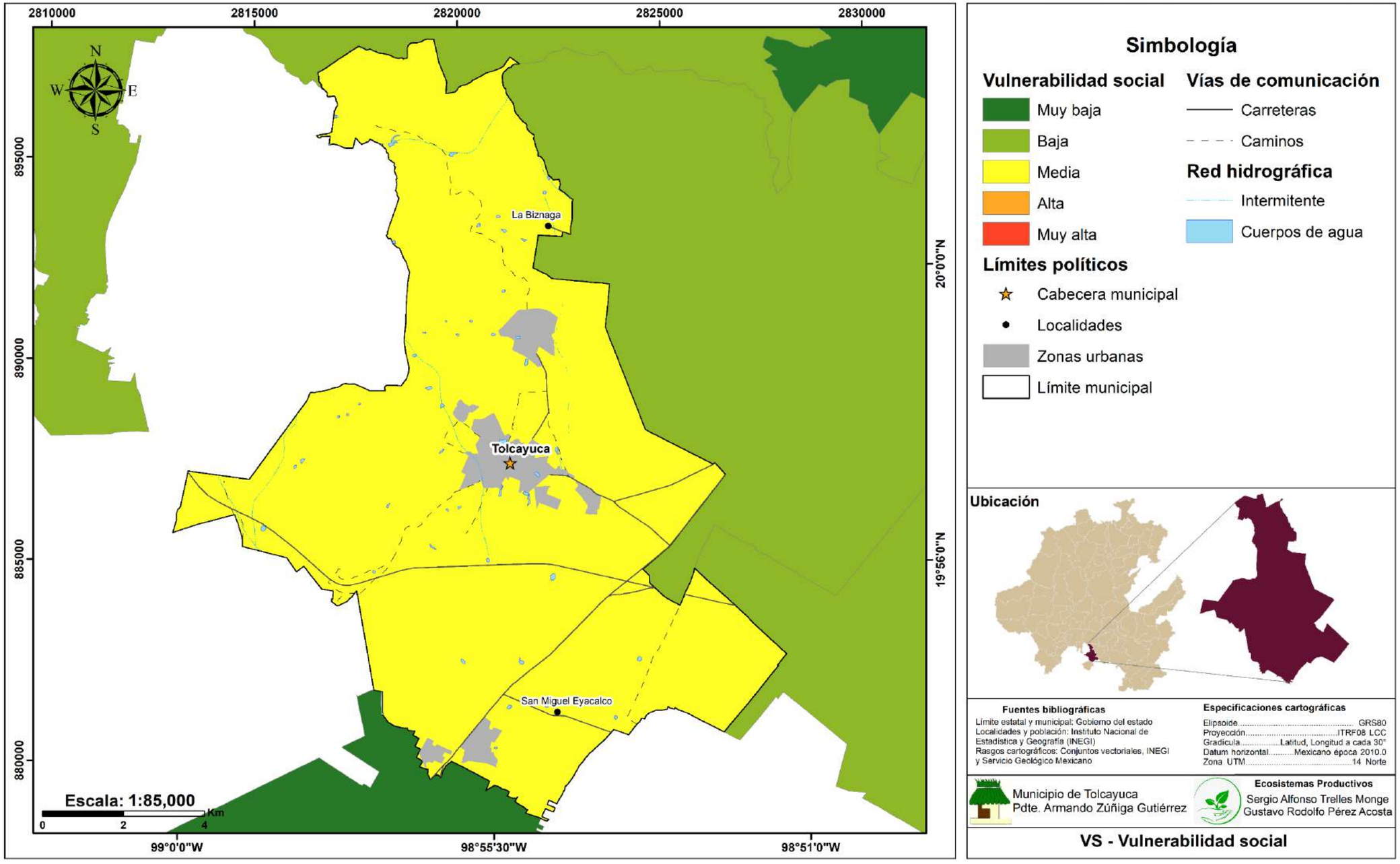
Es importante resaltar que dichos resultados fueron obtenidos en campo, mediante la aplicación de cinco encuestas a la población, una encuesta a la Unidad de Protección Civil Municipal, y los datos estadísticos necesarios buscados en INEGI dentro de un periodo comprendido del 2000-2023, según la actualización de datos.

Indicadores socioeconómicos.

Indicador	Parámetro
Salud	Médicos por cada 1,000 habitantes, tasa de mortalidad y población no derechohabiente.
Educación	Analfabetismo, población de 6 a 14 años que asisten a la escuela y promedio de escolaridad.
Vivienda	Viviendas sin servicio de agua entubada, sin servicio de drenaje, sin servicio de electricidad, con paredes de desecho y lámina de cartón, con pisos de tierra y déficit de vivienda.
Empleo e ingresos	Población económicamente activa, razón de dependencia, y tasa de desempleo abierto.
Población	Densidad de población, población de habla indígena y dispersión poblacional.

Aplicación de encuesta de percepción local, a población civil

Mapa de vulnerabilidad social



CAPÍTULO X. PROPUESTA DE ESTUDIOS, OBRAS Y ACCIONES

Fenómenos geológicos

El municipio de Tolcayuca, ubicado en el estado de Hidalgo, enfrenta una serie de riesgos derivados de fenómenos geológicos como sismos, deslizamientos de tierra, y la actividad volcánica cercana. Aunque el municipio no se encuentra directamente en una zona sísmica activa, la cercanía con regiones con alta actividad sísmica y la presencia de ciertas características geológicas hacen que los fenómenos naturales sean una preocupación constante para la seguridad y el desarrollo local. Para mitigar los peligros asociados a estos fenómenos, es necesario implementar una serie de estrategias que involucren tanto la prevención como la preparación y respuesta ante emergencias.

A continuación, se presentan algunas propuestas para reducir los riesgos geológicos en Tolcayuca:

1. Fortalecimiento de la infraestructura: Es esencial que las construcciones en el municipio sigan normas de sismorresistencia y estén adaptadas a las características geológicas del área. Esto incluye el uso de materiales adecuados, el refuerzo de estructuras antiguas y la implementación de sistemas de construcción que permitan que los edificios resistan movimientos sísmicos o deslizamientos. Además, es importante fomentar el desarrollo de infraestructuras públicas seguras como hospitales, escuelas y centros de evacuación, que puedan mantenerse operativas en caso de una emergencia.

2.Monitoreo geológico constante: Un sistema de alertas tempranas podría informar a la población con antelación sobre posibles peligros, permitiendo que se tomen medidas preventivas como evacuaciones o el refuerzo de áreas de riesgo.

3. Planificación y uso del suelo responsable: La identificación de áreas vulnerables y la creación de zonas no urbanizables en regiones propensas a desastres naturales debe ser parte del plan de desarrollo del municipio. También se deben promover prácticas de conservación del suelo y la reforestación en áreas de riesgo, para evitar la erosión y la pérdida de estabilidad en terrenos inclinados.

4. Mejoras en los sistemas de drenaje y control de aguas pluviales: Un sistema adecuado de drenaje y control de aguas pluviales es crucial para evitar que el agua se acumule en áreas vulnerables. Invertir en la mejora de los sistemas de drenaje, la creación de canales de contención y la limpieza periódica de alcantarillados ayudaría a reducir los riesgos de inundaciones y deslizamientos relacionados con el agua.

5. Establecimiento de centros de atención y albergues: En caso de que ocurra un desastre geológico, como un sismo fuerte o un deslizamiento de tierra, es fundamental que se cuente con centros de atención y albergues bien equipados para recibir a las personas afectadas. Estos centros deben estar ubicados en zonas seguras y contar con suministros de emergencia, como alimentos, medicinas y recursos básicos.

Fenómenos astronómicos

Aunque los fenómenos astronómicos, como los eclipses solares, las tormentas solares o las lluvias de meteoros, no suelen representar una amenaza directa e inmediata para las comunidades, ciertos eventos espaciales pueden generar impactos en la infraestructura, la tecnología y la salud pública. El municipio de Tolcayuca no es una excepción, y es importante que se implementen medidas preventivas para mitigar los posibles efectos negativos de estos fenómenos. A continuación, se presentan algunas propuestas para afrontar los riesgos asociados a fenómenos astronómicos en esta localidad:

1. Educación y sensibilización sobre fenómenos astronómicos:

Es fundamental crear programas de educación y divulgación que permitan a la población entender la naturaleza de los fenómenos astronómicos y cómo pueden afectarles. Estos programas educativos pueden llevarse a cabo en escuelas, centros de salud y espacios públicos para informar y prevenir accidentes o riesgos innecesarios.

2. Preparación ante tormentas solares:

Las tormentas solares pueden generar efectos significativos en las redes eléctricas y los sistemas de comunicación, afectando la infraestructura del municipio. Para mitigar estos riesgos, es esencial implementar medidas de protección a las infraestructuras tecnológicas y de comunicación, tales como la instalación de sistemas de protección contra la interferencia electromagnética en redes eléctricas y de telecomunicaciones.

3. Monitoreo y alerta temprana:

Establecer un sistema de monitoreo y alerta temprana para fenómenos astronómicos, como las tormentas solares o los impactos de meteoritos, es una herramienta vital para la prevención. Este sistema podría estar basado en la cooperación con instituciones como el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (INAOE) y otros organismos especializados.

4. Fortalecimiento de la infraestructura eléctrica y de telecomunicaciones:

Las tormentas solares tienen el potencial de afectar las redes eléctricas, los satélites y los sistemas de comunicación, lo que podría interrumpir servicios esenciales. Para mitigar estos efectos, es fundamental realizar mantenimiento preventivo y reforzar las infraestructuras críticas del municipio, como las subestaciones eléctricas y las redes de telecomunicaciones.

5. Protección durante los eclipses solares:

Los eclipses solares pueden generar un aumento en la cantidad de personas que observan el evento sin protección, lo que puede resultar en daño ocular permanente. Para mitigar este peligro, es esencial realizar campañas de información sobre la seguridad en la observación del eclipse, explicando los riesgos de mirar directamente al sol y

promoviendo el uso de filtros solares certificados. Las autoridades locales pueden organizar eventos públicos donde los habitantes puedan observar el eclipse de manera segura, utilizando gafas especializadas o telescopios con filtros adecuados.

6. Planificación y preparación en infraestructura urbana:

Aunque fenómenos como los meteoritos o las lluvias de meteoros no representan una amenaza directa en términos de impacto físico en el suelo, pueden generar riesgos indirectos si hay una caída en áreas urbanas o rurales. En este sentido, es recomendable realizar evaluaciones geológicas y de riesgo en las zonas más vulnerables y, en caso de que se detecten posibles trayectorias de impacto en la región, contar con planes de contingencia y evacuación. Aunque estos eventos son raros, la planificación a largo plazo siempre es crucial para garantizar la seguridad de la población.

Fenómenos hidrometeorológicos

Tolcayuca enfrenta diversas amenazas derivadas de fenómenos hidrometeorológicos, tales como lluvias intensas, inundaciones, sequías prolongadas, y eventos extremos como tormentas y granizadas. Estos fenómenos pueden afectar tanto la infraestructura como las actividades económicas y la calidad de vida de la población. Para mitigar los peligros asociados a estos fenómenos, se proponen las siguientes estrategias:

1.Implementación de sistemas de alerta temprana y monitoreo constante:

La instalación de un sistema de alerta temprana, que integre tecnología para monitorear el clima y detectar posibles eventos extremos, es fundamental para proporcionar información oportuna a la población. Este sistema debe estar vinculado a los servicios de protección civil y ser accesible a través de plataformas digitales y medios tradicionales, como mensajes de texto o sistemas de radio comunitaria, para garantizar que todos los habitantes estén informados y puedan tomar las precauciones necesarias.

2.Fortalecimiento de la infraestructura de drenaje y manejo de aguas pluviales:

Durante la temporada de lluvias, Tolcayuca puede enfrentar problemas de inundaciones debido a la insuficiencia del sistema de drenaje y la acumulación de aguas pluviales. Para mitigar este riesgo, es crucial mejorar la infraestructura de drenaje, creando canales pluviales adecuados, desazolvando las principales vías de agua y promoviendo la construcción de cisternas y sistemas de captación de agua en hogares y espacios públicos.

3.Reforestación y preservación de áreas verdes:

La deforestación y la pérdida de áreas verdes en el municipio contribuyen a la erosión del suelo y aumentan el riesgo de deslizamientos de tierra durante lluvias intensas. Promover la reforestación y la protección de las cuencas hidrográficas locales es esencial para regular el flujo de agua y reducir los impactos de las lluvias fuertes. La plantación de árboles en zonas estratégicas y la creación de espacios naturales ayudaría también a mejorar la calidad del aire y proporcionar sombra en periodos de altas temperaturas.

4.Diseño de viviendas resistentes a fenómenos hidrometeorológicos:

La construcción de viviendas en zonas propensas a inundaciones o a fuertes vientos debe realizarse con materiales y técnicas adecuadas para resistir estos eventos. Es importante que las autoridades locales promuevan normas de construcción más estrictas que exijan la instalación de techos y estructuras reforzadas, así como la elevación de las viviendas en zonas vulnerables. Además, se debe sensibilizar a la población sobre la importancia de contar con un plan de emergencia familiar.

5.Programas de educación y sensibilización comunitaria:

La educación y la sensibilización de la población sobre los riesgos asociados a fenómenos hidrometeorológicos y las medidas preventivas a tomar son clave para la reducción de daños.

6.Fomento de la captación y almacenamiento de agua pluvial:

Las sequías prolongadas también representan un riesgo considerable para Tolcayuca, especialmente en temporadas de escasez. Para contrarrestar este problema, se debe fomentar la instalación de sistemas de captación de agua de lluvia en viviendas, escuelas y espacios públicos, lo que permitirá almacenar agua para su uso en épocas secas. Esto también contribuiría a la disminución de la presión sobre las fuentes de agua locales y el sistema de abastecimiento.

7.Revisión y actualización de los planes de desarrollo urbano:

Es esencial que los planes de desarrollo urbano del municipio consideren los riesgos hidrometeorológicos en su diseño. Evitar la construcción de viviendas y desarrollos comerciales en zonas de alto riesgo, como áreas inundables o de pendiente elevada, debe ser una prioridad. Los planes deben integrar mapas de riesgo actualizados y contar con medidas de protección ante eventos extremos, como zonas de resguardo temporal en caso de emergencias.

Para mitigar los peligros derivados de fenómenos hidrometeorológicos es necesario adoptar un enfoque integral que incluya la mejora de la infraestructura, la educación y sensibilización comunitaria, así como la implementación de tecnologías de monitoreo y prevención. Estas acciones permitirán no solo reducir los daños materiales, sino también mejorar la resiliencia de la población frente a futuros eventos extremos.

Fenómenos químico-tecnológicos

El municipio de Tolcayuca al ser una región en desarrollo con un creciente enfoque industrial enfrenta diversos riesgos asociados a fenómenos químico-tecnológicos. Estos fenómenos incluyen accidentes industriales relacionados con el manejo de sustancias químicas peligrosas, emisiones tóxicas, incendios en plantas industriales y otros riesgos derivados de la tecnología avanzada, como la exposición a productos electrónicos desechados. Para mitigar estos peligros, es esencial implementar una serie de medidas preventivas y de preparación que involucren a las autoridades locales, las empresas y la comunidad.

1. Fortalecimiento de la normatividad y vigilancia en el manejo de sustancias químicas:

Una de las principales amenazas químico-tecnológicas en Tolcayuca proviene de las sustancias químicas peligrosas utilizadas en las industrias locales, especialmente aquellas relacionadas con la fabricación de productos químicos, plásticos, o productos derivados del petróleo. Para mitigar este riesgo, es necesario fortalecer la normativa local en cuanto a la manipulación, almacenamiento y transporte de sustancias peligrosas, asegurándose de que las empresas cumplan con los estándares internacionales de seguridad y medioambientales. La implementación de inspecciones periódicas y el monitoreo constante de los procesos industriales contribuiría a prevenir accidentes como derrames, fugas o explosiones.

2. Capacitación y sensibilización para la comunidad y trabajadores industriales:

Una de las acciones más efectivas para mitigar los riesgos asociados a fenómenos químico-tecnológicos es la capacitación continua de los trabajadores y la comunidad en general sobre las mejores prácticas de seguridad y manejo de sustancias peligrosas. Esto incluye talleres sobre el uso de equipos de protección personal, manejo seguro de productos químicos, primeros auxilios en caso de exposición a sustancias tóxicas y respuesta ante emergencias. También es esencial que la comunidad local sea informada sobre los posibles riesgos relacionados con las industrias cercanas, de modo que puedan actuar de manera rápida y adecuada en caso de un accidente.

3. Establecimiento de un sistema de respuesta ante emergencias químicas:

Tolcayuca debe contar con un sistema de respuesta rápida ante emergencias químicas que involucre a las autoridades locales, los servicios de salud, los cuerpos de bomberos y las industrias locales. Este sistema debe incluir protocolos claros para el manejo de accidentes industriales, como derrames químicos o incendios. La creación de equipos de respuesta especializados en emergencias químicas, el establecimiento de zonas de seguridad alrededor de áreas industriales y la realización de simulacros periódicos de evacuación y contención de emergencias son medidas clave para minimizar el impacto de cualquier desastre químico.

4. Control de la contaminación del aire y agua:

El monitoreo constante de la calidad del aire y el agua es esencial para detectar la presencia de sustancias químicas peligrosas provenientes de actividades industriales. Las emisiones tóxicas y los vertidos industriales pueden contaminar tanto el aire como los cuerpos de agua cercanos, afectando la salud de la población y los ecosistemas locales. Para mitigar estos riesgos, es necesario instalar sistemas de monitoreo ambiental que midan de manera constante los niveles de contaminación y que obliguen a las industrias a cumplir con las normativas sobre emisiones.

5. Gestión y reciclaje de residuos electrónicos y tecnológicos:

La correcta disposición de equipos electrónicos en desuso (como computadoras, celulares y otros dispositivos) es crucial, ya que contienen materiales tóxicos como plomo, mercurio y cadmio, que pueden contaminar el suelo y el agua.

6. Desarrollo de infraestructura de residuos industriales:

El manejo adecuado de los residuos industriales generados por las empresas es otro aspecto clave para prevenir riesgos químicos. Las industrias deben contar con sistemas adecuados de almacenamiento, tratamiento y disposición de residuos peligrosos, como sustancias químicas, aceites o materiales inflamables.

Fenómenos sanitario-ecológicos

El municipio de Tolcayuca enfrenta una serie de desafíos relacionados con los fenómenos sanitario-ecológicos, que involucran tanto el impacto ambiental de diversas actividades humanas como la propagación de enfermedades asociadas a factores ecológicos y sanitarios. Estos fenómenos pueden incluir la contaminación del agua, la deforestación, la pérdida de biodiversidad, la contaminación del aire y la exposición a enfermedades transmitidas por vectores como mosquitos, entre otros. Para mitigar los peligros asociados a estos fenómenos, es esencial implementar medidas preventivas y de gestión ambiental eficaces que involucren tanto a las autoridades locales como a la comunidad en general.

1.Mejora de la gestión del agua y saneamiento:

Es esencial fortalecer los sistemas de tratamiento de agua potable y alcantarillado en el municipio. La construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales y la implementación de tecnologías de filtración adecuadas pueden garantizar el acceso a agua limpia y segura. Además, es importante fomentar el uso responsable del agua en las comunidades y las industrias, mediante campañas de concientización y la promoción de prácticas de ahorro hídrico.

2. Promoción de la reforestación y conservación del suelo:

La deforestación y la pérdida de áreas verdes pueden generar una serie de problemas ecológicos, como la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad y el cambio climático. Para mitigar estos efectos, se deben implementar programas de reforestación en áreas afectadas, especialmente en cuencas hidrográficas y zonas vulnerables a la erosión. La conservación y restauración de ecosistemas locales, como bosques y humedales, también juega un papel clave en la protección de la biodiversidad y en la regulación del ciclo del agua.

3. Control de plagas y enfermedades transmitidas por vectores:

El cambio climático y la alteración de ecosistemas pueden favorecer la proliferación de enfermedades transmitidas por vectores, como el dengue, zika y chikungunya, que son comunes en áreas rurales y semiurbanas. Es fundamental implementar un sistema integral de control de vectores, que incluya la fumigación controlada, la eliminación de criaderos de mosquitos, y campañas de sensibilización en las comunidades sobre la importancia de eliminar depósitos de agua estancada.

4. Gestión y reciclaje de residuos sólidos:

La acumulación de basura en espacios públicos y la quema de residuos pueden afectar la salud pública y el medio ambiente, generando contaminación del aire, suelo y agua. Para mitigar estos problemas, se debe promover un sistema eficaz de recolección, clasificación y reciclaje de residuos. Se pueden establecer puntos de reciclaje en diversos puntos del municipio y fomentar el uso de contenedores diferenciados para residuos orgánicos, reciclables y no reciclables. Es

necesario sensibilizar a la comunidad sobre la importancia de reducir el consumo de plásticos de un solo uso y promover el compostaje de residuos orgánicos.

5. Fomento de la educación y sensibilización ambiental:

Se deben implementar programas educativos en escuelas, centros comunitarios y asociaciones civiles para sensibilizar a la población sobre la importancia de la conservación del medio ambiente, la salud pública y las buenas prácticas sanitarias. Además, se pueden organizar talleres sobre el manejo de residuos, el uso eficiente del agua y la prevención de enfermedades, promoviendo así una cultura de respeto por el entorno y el bienestar común.

6. Control y prevención de la contaminación del aire:

La contaminación del aire proveniente de la quema de residuos, actividades industriales y el tráfico vehicular es otro desafío para la salud de los habitantes de Tolcayuca. Para mitigar este riesgo, es importante implementar medidas para reducir las emisiones de gases contaminantes, como la promoción de energías renovables y el uso de tecnologías más limpias en las industrias locales, el fomento de transporte público limpio y el uso de vehículos menos contaminantes puede contribuir significativamente a mejorar la calidad del aire. También es esencial realizar campañas para reducir la quema de residuos agrícolas y urbanos, que generan contaminación y afectan la salud respiratoria de la población.

7. Planificación y manejo adecuado del territorio:

El ordenamiento territorial es fundamental para evitar la expansión descontrolada de áreas urbanas y la alteración de ecosistemas naturales. Se deben promover planes de desarrollo urbano sostenible que prioricen la preservación de espacios verdes, la gestión eficiente de recursos naturales y la construcción de infraestructuras que no afecten negativamente el medio ambiente. Además, la delimitación de áreas protegidas y la implementación de zonas de conservación ecológica permitirán salvaguardar los ecosistemas locales y mejorar la calidad de vida de la población.

Fenómenos socio-organizativos

Tolcayuca ha experimentado un proceso de transformación social y económica que, si bien ha traído consigo beneficios, también ha generado una serie de desafíos derivados de fenómenos socio-organizativos que pueden representar riesgos para su población. Estos fenómenos incluyen conflictos comunitarios, deficiencias en la participación ciudadana, ineficiencia en la gestión pública, y una creciente informalidad en el ámbito laboral y comercial. Con el objetivo de mitigar los peligros derivados de estos problemas, se proponen las siguientes estrategias:

1.Fortalecimiento de la participación ciudadana y la cohesión social:

La construcción de una red de comunicación efectiva entre los ciudadanos y las autoridades locales es fundamental para evitar malentendidos y conflictos. Para ello, es necesario crear espacios de diálogo, como foros comunitarios y asambleas, donde se puedan expresar las necesidades y preocupaciones de la población. Además, se debe fomentar la participación de los jóvenes y grupos vulnerables en los procesos decisionales, lo que puede generar una mayor cooperación entre los diversos sectores de la sociedad.

2.Capacitación en gestión pública y resolución de conflictos:

Es necesario capacitar a los funcionarios públicos en temas de gestión comunitaria, prevención de conflictos y resolución pacífica de disputas. Esto permitirá que los servidores públicos puedan identificar posibles focos de tensión antes de que escalen y, en su caso, aplicar mecanismos de mediación y negociación que ayuden a evitar situaciones de riesgo social.

3.Desarrollo de políticas públicas inclusivas y transparentes:

La implementación de políticas públicas claras y accesibles, que prioricen el bienestar de todos los habitantes, contribuye a la confianza en las autoridades. Es fundamental promover la transparencia en los procesos administrativos, especialmente en la asignación de recursos y en la toma de decisiones relacionadas con el desarrollo urbano, la seguridad y los servicios básicos.

4.Fomento a la formalización del empleo y los comercios:

La informalidad laboral y comercial en Tolcayuca puede dar pie a situaciones de desprotección social, como la vulnerabilidad laboral y la falta de servicios básicos para los pequeños comerciantes. Una propuesta clave es incentivar la formalización a través de campañas de concientización y asesoramiento sobre los beneficios de integrarse al sistema fiscal y recibir apoyo en la creación de pequeñas y medianas empresas.

5.Desarrollo de programas de prevención de violencia y seguridad comunitaria:

El fomento de una cultura de paz es esencial para mitigar los efectos negativos de los conflictos socio-organizativos. La

implementación de programas de prevención de violencia, como talleres en habilidades para la resolución de conflictos, actividades recreativas para jóvenes y el fortalecimiento de las redes de apoyo entre vecinos, son algunas de las medidas que pueden contribuir a reducir la incidencia de violencia y mejorar la seguridad en el municipio.

6.Mejora en la infraestructura y los servicios básicos:

La falta de acceso adecuado a servicios básicos (agua potable, electricidad, saneamiento) y la deficiencia en la infraestructura urbana pueden generar frustración y malestar social.

7.Monitoreo y evaluación constante de las políticas implementadas:

Es necesario establecer un sistema de monitoreo y evaluación que permita analizar el impacto de las políticas implementadas. Esto garantizaría que las acciones que se realicen sean efectivas y puedan adaptarse según los resultados obtenidos, asegurando la continuidad en la reducción de los peligros derivados de fenómenos socio-organizativos.

Mitigar los peligros asociados con fenómenos socio-organizativos en Tolcayuca requiere un enfoque integral que combine la participación de la comunidad, la capacitación de autoridades y ciudadanos, la formalización del empleo y comercio, y una mejora en los servicios públicos. De esta manera, se pueden generar condiciones más seguras y equitativas para el desarrollo sostenible del municipio.

CAPÍTULO XI. MEMORÍA DE CÁLCULO

Fenómenos geológicos

Memoria de cálculo de vulnerabilidad estructural

Las viviendas pueden clasificarse en cinco niveles de acuerdo con el material, menaje y tipo de construcción.

Para la clasificación del tipo de vivienda, asi como para calcular el precio de estas se basó en la información obtenidos en el censo de población y vivienda 2020 de INEGI.

Con la información recabada se obtuvo los siguientes datos:

-Los muros de mampostería son: tabique, bloque, piedra, cantera, entre otros;

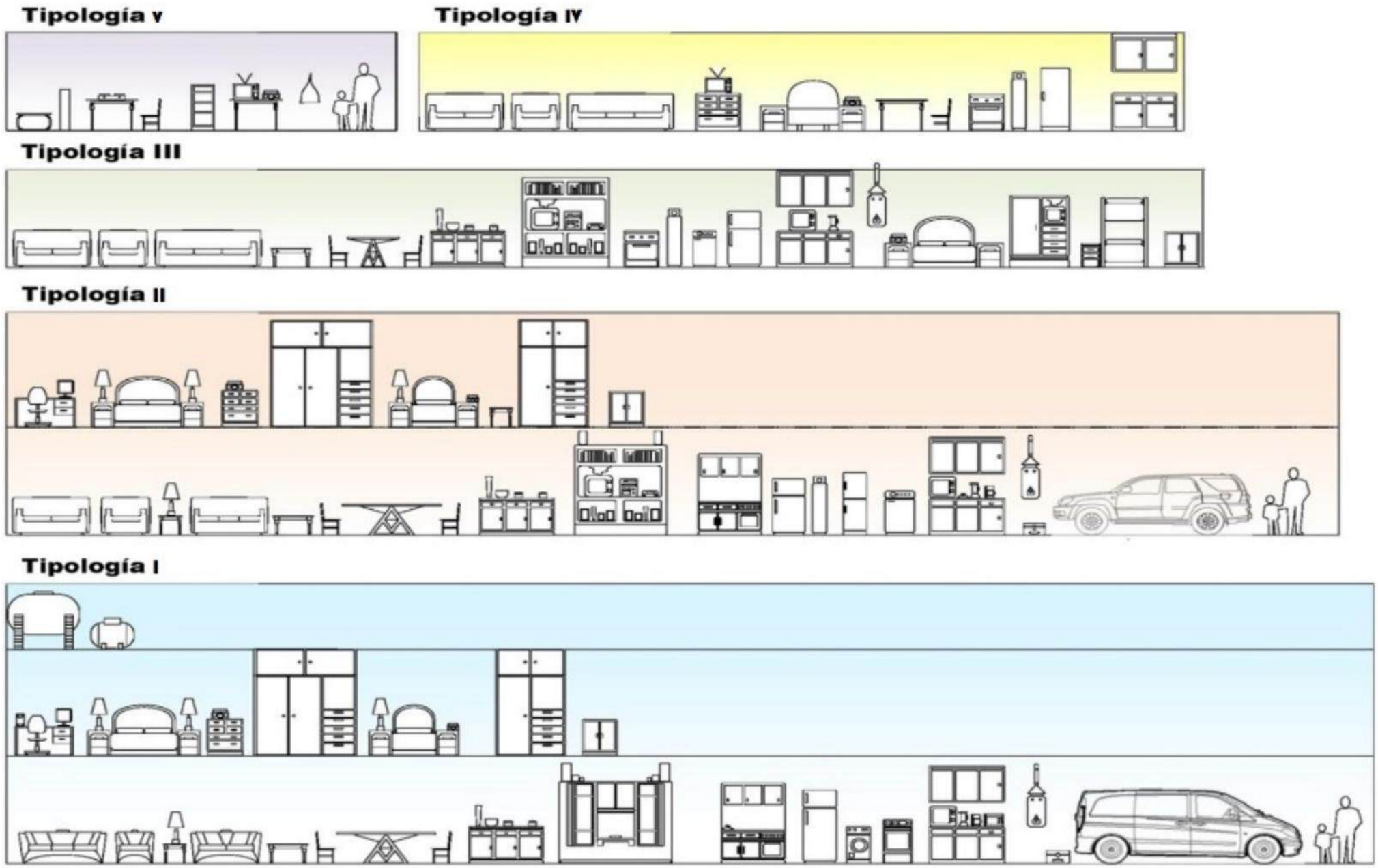
-Los techos flexibles son: material de desecho, lámina de cartón, lámina de asbesto y metálica, palma, tejamanil, madera, teja y los no especificados,

-Los techos rígidos considerados son: losa de concreto, tabique, ladrillo, terrado con vigueta y bóveda catalana.

Se muestra que, en 2020, en Hidalgo existen **857,174 viviendas particulares habitadas**, en el municipio de Tolcayuca contaba con 6,015 casas particulares habitadas esto corresponde al .7% del total estatal.

Tabla de combinación por método constuctivo de vivienda					
Combinación	Muros	Techos	Tipología asignada	Calificación	
				SISMO	VIENTO
1	Mamposteria	Rigido	1	1	1
2	Mamposteria	Flexible	2	2	2.5
3	Adobe	Rigido	3	2.3	2
4	Adobe	Flexible	4	4	5.5
5	Flexible	Flexible	5	3.3	7.6

Tabla Tipo de vivienda y características estado de Hidalgo INEGI (2020)		
VIVIENDA	**CARACTERÍSTICAS**	**COSTO**
TIPO V	Corresponde a los hogares más humildes, con una vivienda que consta de un solo cuarto multifuncional, construido con muros de materiales débiles con techos flexibles. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.	12,500 MXN
TIPO IV	Hogares que pueden ser clasificados como clase baja, donde la vivienda puede ser equiparada como una casa de autoconstrucción o moradas construidas con materiales de la zona, con muros de adobe con techos flexibles y la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, la hipótesis es que las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.	50,000 MXN
TIPO III	También puede ser clasificado como clase baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida generalmente 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, de mayor costo.	150,500 MXN
TIPO II	El cuarto tipo de viviendas se identifica con muros de mampostería con techos flexibles, construida generalmente con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia.	300,000 MXN
TIPO I	Finalmente, el último sector de viviendas corresponde al tipo residencial, construida con muros de mampostería con techos rígidos y con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor, pueden llegar a tener tres niveles de construcción. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de confort.	450,000 MXN



Clasificación de la tipología de vivienda de acuerdo al menaje (CENAPRED, 2006).

Distribución de tipología de vivienda por comunidad urbana y rural AGEB Tolcayuca Hgo.					
Comunidad	Tipo I. Viviendas con muros de mampostería con techos rígidos	Tipo II. Viviendas con muros de mampostería con techos flexibles	Tipo III. Viviendas con muros de adobe con techos rígidos	Tipo IV. Viviendas muros de adobe con techos flexibles	Tipo V. Viviendas con muros de materiales débiles con techos flexibles o no clasificada
Tolcayuca	90.14%	9.65%	0.0%	0.21%	0.0%
Santiago Tlajomulco	73.29%	23.63%	0.34%	2.05%	0.68%
Lomas del Álamo	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Vicente Guerrero	83.53%	16.17%	0.0%	0.30%	0.0%
Bosques de Ibiza	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Felipe Ángeles	94.9%	5.1%	0.0%	0.0%	0.0%

Para calcular la vulnerabilidad física se propone un índice que integra las características físicas de la vivienda que la hacen susceptible al daño asociado a un evento sísmico y viento, la expresión tiene la forma:

$$Ivf = \frac{Vi * Pi}{Vp * Pm}$$

Donde:

I_{VF} representa el índice que mide la vulnerabilidad física de la vivienda

V_i representa la calificación según el tipo de vivienda de acuerdo con datos de CENAPRED

V_P es la vivienda con el peor desempeño en relación con su vulnerabilidad

P_i nivel de peligro por sismo en el área de estudio (zona B)

P_M nivel de peligro máximo por sismo

Para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Física (I_{VF}) se considera la clasificación de tipología de vivienda de acuerdo con las bases de CENAPRED, siendo el valor para sustituir en el espacio de V_i.

Tipo de vivienda	Calificación de la vivienda para sismos (V_i)	Vivienda con el peor desempeño en relación con su vulnerabilidad (V_p)
1	1	4
2	2.3	4
3	3.6	4
4	4	4
5	3.3	4

Como se ha mencionado anteriormente, la república mexicana se encuentra clasificada en cuatro zonas sísmicas (A, B, C y D) siendo la zona “A” la de menor peligro y la zona “D” la de mayor peligro en la ecuación anterior P_i será substituido por los siguientes valores.

Se sustituyen los valores para cada uno de los tipos de vivienda en la formula como se muestra en la siguiente expresión:

$$Ivf = \frac{1 * .14}{4 * 0.8} = 0.044$$

Tipo de vivienda	Calificación de la vivienda para sismos (V_i)	Zona de Peligro Medio Valor de P_i	Nivel Máximo de peligro (P_m)	Vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (V_p)	Índice de vulnerabilidad física zona de peligro media sismo (I_{vf})
1	1	0.14	0.8	4	0.044
2	2.3	0.14	0.8	4	0.101
3	3.6	0.14	0.8	4	0.158
4	4	0.14	0.8	4	0.175
5	3.3	0.14	0.8	4	0.144

Una vez obtenidos el índice de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda y para la zona de peligro, se asignó el valor correspondiente a las localidades según el tipo de vivienda predominante en cada uno de ellos.

Una vez obtenidos los valores de índice de vulnerabilidad, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Física a Nivel AGEB (I_{VFA}) para la cabecera municipal (localidad urbana), y comunidades rurales amanzanadas mediante

Zona de Peligro Medio Valor de P_i
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 P_M toma el valor de **0.8.**

la ecuación:

$$Ivfa = \frac{\sum Ni * Ivf}{NT}$$

Este se obtiene de la sumatoria del número total de cada tipo de vivienda (Σ Ni), multiplicado por el índice de vulnerabilidad físico (I_{VF}), dividido entre el número total de viviendas de cada AGEB (NT). De acuerdo con el I_{VFA} obtenido para cada AGEB se asigna el grado de vulnerabilidad.

Ejemplo:

$$Ivfa = \frac{(12*.044)(4*.101)(0*.158)(0*.175)(0*.144)}{16} = 0.0580$$

Calificación de la vivienda para sismos viento (V_i)	Vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (V_p)
1	7.6
2.5	7.6
2	7.6
5.5	7.6
7.6	7.6

Se establece que en el municipio de Tolcayuca el tipo de vivienda predominante es el tipo 1 con muros de mampostería y techos rígidos seguido del tipo II viviendas con muros de mampostería con techos flexibles.

Grado de vulnerabilidad física ante sismo	Intervalos del I_{vf}	
Muy baja	0	0.056
Baja	0.0561	0.068
Media	0.068	0.079
Alta	0.08	0.1
Muy Alta	0.101	o más

La metodología presentada para el cálculo de del grado de vulnerabilidad física por viento, con base en lo anterior, a cada tipo de vivienda predominante en el estado le fue asignada una calificación obtenida de la información técnica que establece el Cenapred en su guía metodológica, lo que arrojó la variable V_i.

En este sentido, la de peor comportamiento fue el tipo 5, a la cual se le asignó una calificación de 3, misma que representó el valor de la variable V_p.

Para obtener P_i, se utilizó la clasificación de peligro por viento con base en la zonificación eólica de la CFE, recurriendo, como sugiere la guía del Cenapred, al periodo de retorno comúnmente utilizado para diseño, que es el de 50 años. Así, en el municipio de Tolcayuca, se presentan únicamente la zona B, de peligro moderado que incluye. La variable P_m corresponde al nivel máximo de peligro por viento, que se ha delimitado en 215.

Zona de Peligro Valor de P_i	Nivel Máximo de peligro (P_m)
115	215
115	215
115	215
115	215
115	215

Se sustituyen los valores para cada uno de los tipos de vivienda en la formula como se muestra en la siguiente expresión:

$$Ivf = \frac{1 * 175}{7.6 * 215} = 0.107$$

Tipo de vivienda	Calificación de la vivienda para viento (V_i)	Zona de Peligro Moderado Valor de P_i	Nivel Máximo de peligro (P_m)	Vivienda con el peor desempeño en relación a su vulnerabilidad (V_p)	Índice de vulnerabilidad física zona de peligro viento (I_{vf})
1	1	175	215	7.6	0.70
2	2.5	175	215	7.6	0.176
3	2	175	215	7.6	0.141
4	5.5	175	215	7.6	0.387
5	7.6	175	215	7.6	0.535

Una vez obtenidos los valores de índice de vulnerabilidad y para la zona de peligro, se calculó el Índice de Vulnerabilidad Física a Nivel AGEB (I_{VFA}) para la cabecera municipal (localidad urbana), y comunidades rurales amanzanadas mediante la ecuación:

$$Ivfa = \frac{\sum Ni * Ivf}{NT}$$

Este se obtiene de la sumatoria del número total de cada tipo de vivienda (Σ Ni), multiplicado por el índice de vulnerabilidad físico (I_{VF}), dividido entre el número total de viviendas de cada AGEB (NT). De acuerdo con el I_{VFA} obtenido para cada AGEB se asigna el grado de vulnerabilidad como se muestra en la siguiente expresión:

Ejemplo

$$Ivfa = \frac{(12 * .70)(4 * .176)(0 * .141)(0 * 387)(0 * .535)}{16} = 0.0968$$

Grado de vulnerabilidad física ante viento	Intervalos del I_{vf}	
Muy baja	0	0.0799
Baja	0.080	0.0899
Media	0.090	0.0999
Alta	0.100	0.1599
Muy Alta	0.160	o mas

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	41	210	15	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	14	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	13	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	12	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	11	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	1	Urbana	40	40	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	40	13	16	Rural	29	29	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	2	Rural	19	19	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	1	Rural	21	21	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	210	10	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	8	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	7	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	6	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	5	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	4	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	40	13	11	Rural	23	23	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	10	Rural	24	24	0	0	0	0	0.0438	Alta	0.0704	Baja
75	41	210	17	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	16	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	40	13	22	Rural	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Alta	0.0704	Media
75	40	13	21	Rural	21	21	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	20	Rural	12	12	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	19	Rural	25	25	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	18	Rural	11	11	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	17	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Alta	0.0000	Media
75	41	210	18	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	40	13	3	Rural	4	4	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	23	Rural	16	16	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	14	Rural	15	15	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	206	6	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	40	13	31	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Media	0.0000	Muy Baja
75	40	13	27	Rural	24	24	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	26	Rural	18	18	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	25	Rural	12	12	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	29	Rural	26	26	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	5	Rural	10	10	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	4	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	1	66	10	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	1	66	9	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	11	Urbana	27	24	3	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja
75	2	140	1	Urbana	23	22	1	0	0	0	0.0462	Muy Baja	0.0750	Muy Baja
75	2	121	1	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	155	2	Urbana	13	10	3	0	0	0	0.0569	Baja	0.0947	Media
75	1	85	18	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	2	Urbana	13	10	3	0	0	0	0.0569	Baja	0.0947	Media
75	1	155	6	Urbana	27	27	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	7	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	3	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	1	Urbana	25	24	1	0	0	0	0.0460	Muy Baja	0.0746	Muy Baja
75	2	140	2	Urbana	12	10	2	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	2	140	3	Urbana	24	18	6	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	2	121	4	Urbana	19	16	3	0	0	0	0.0527	Muy Baja	0.0870	Baja
75	1	70	17	Urbana	12	11	1	0	0	0	0.0485	Muy Baja	0.0792	Muy Baja
75	1	70	16	Urbana	17	15	2	0	0	0	0.0504	Muy Baja	0.0828	Baja
75	1	85	9	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	22	Urbana	19	18	1	0	0	0	0.0467	Muy Baja	0.0759	Muy Baja
75	1	66	17	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	16	Urbana	7	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	14	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	1	51	29	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	19	Urbana	41	38	3	0	0	0	0.0479	Muy Baja	0.0781	Muy Baja
75	2	140	4	Urbana	11	7	4	0	0	0	0.0644	Baja	0.1088	Media
75	1	70	21	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	14	Urbana	19	16	3	0	0	0	0.0527	Muy Baja	0.0870	Baja
75	1	70	12	Urbana	13	11	2	0	0	0	0.0525	Muy Baja	0.0866	Baja
75	1	51	24	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	22	Urbana	45	39	6	0	0	0	0.0513	Muy Baja	0.0845	Baja
75	2	140	5	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	5	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	2	121	6	Urbana	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	2	121	7	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	6	Urbana	11	8	3	0	0	0	0.0593	Baja	0.0992	Media
75	2	140	7	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	8	Urbana	12	9	3	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	2	136	3	Urbana	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	2	136	4	Urbana	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	1	155	1	Urbana	8	6	2	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	1	117	1	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	11	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	28	Urbana	12	10	2	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	1	70	27	Urbana	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	1	66	7	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	9	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	5	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	8	Urbana	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	1	85	17	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	16	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	14	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	26	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	25	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	11	13	21	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	5	Rural	17	12	5	0	0	0	0.0605	Baja	0.1014	Media
75	11	13	4	Rural	21	15	6	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	11	13	3	Rural	23	19	4	0	0	0	0.0536	Muy Baja	0.0887	Baja
75	11	13	2	Rural	9	6	1	0	2	0	0.0792	Media	0.1525	Alta
75	2	136	6	Urbana	12	6	6	0	0	0	0.0722	Media	0.1232	Media
75	2	136	7	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	8	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	9	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	10	Urbana	14	12	2	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	2	121	11	Urbana	27	24	3	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja
75	2	121	12	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	23	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	25	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	23	Urbana	19	16	3	0	0	0	0.0527	Muy Baja	0.0870	Baja
75	13	13	32	Rural	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	13	13	30	Rural	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	10	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	9	Rural	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	9	13	3	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	9	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	6	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	10	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	11	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	136	10	Urbana	16	12	4	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	2	136	11	Urbana	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	2	136	12	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	13	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	2	136	14	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	18	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	2	136	15	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	12	Urbana	6	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	44	Rural	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	13	13	43	Rural	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	41	Rural	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	3	Rural	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	8	Rural	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	2	121	13	Urbana	11	9	2	0	0	0	0.0541	Muy Baja	0.0896	Baja
75	2	121	14	Urbana	32	27	5	0	0	0	0.0526	Muy Baja	0.0869	Baja
75	1	155	9	Urbana	13	9	3	0	1	0	0.0670	Baja	0.1191	Media
75	13	13	28	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	13	13	27	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	26	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	25	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	24	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	23	Rural	9	6	3	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	13	13	22	Rural	8	4	4	0	0	0	0.0722	Media	0.1232	Media
75	13	13	21	Rural	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	13	13	12	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	11	Rural	8	5	3	0	0	0	0.0651	Baja	0.1100	Media
75	13	13	2	Rural	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	11	13	15	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	14	Rural	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	11	13	10	Rural	10	6	4	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	2	140	12	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	2	136	16	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	17	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	18	Urbana	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	2	136	19	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	20	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	21	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	22	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	136	23	Urbana	4	1	0	0	0	0	0.0109	Muy Baja	0.0176	Muy Baja
75	2	136	24	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	15	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	16	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	8	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	23	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	85	25	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	40	13	15	Rural	26	26	0	0	0	0	0.0438	Alta	0.0704	Baja
75	2	121	17	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	20	Urbana	11	7	4	0	0	0	0.0644	Baja	0.1088	Media
75	1	70	19	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	1	70	2	Urbana	9	8	1	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja
75	13	13	36	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	2	140	13	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	14	Urbana	13	12	1	0	0	0	0.0481	Muy Baja	0.0785	Muy Baja
75	2	136	25	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	26	Urbana	10	7	3	0	0	0	0.0608	Baja	0.1021	Media
75	2	121	18	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	19	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	13	13	56	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	11	13	20	Rural	21	16	4	0	0	0	0.0525	Muy Baja	0.0871	Baja
75	11	13	17	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	2	140	15	Urbana	16	12	4	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	13	13	55	Rural	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	34	Rural	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	33	Rural	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	20	Rural	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	11	13	19	Rural	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	1	66	6	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	1	51	28	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	10	Urbana	9	8	1	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja
75	1	51	9	Urbana	14	12	2	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	1	51	8	Urbana	15	13	2	0	0	0	0.0513	Muy Baja	0.0845	Baja
75	1	51	7	Urbana	15	14	1	0	0	0	0.0475	Muy Baja	0.0774	Muy Baja
75	2	136	27	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	15	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	16	Urbana	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	2	121	20	Urbana	18	15	3	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	13	13	4	Rural	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	9	13	7	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	17	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	28	Urbana	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	1	51	5	Urbana	40	38	2	0	0	0	0.0466	Muy Baja	0.0757	Muy Baja
75	1	51	4	Urbana	36	34	2	0	0	0	0.0469	Muy Baja	0.0762	Muy Baja
75	13	13	6	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	13	13	48	Rural	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	1	85	27	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	24	Urbana	10	9	1	0	0	0	0.0494	Muy Baja	0.0809	Baja
75	1	85	19	Urbana	15	13	2	0	0	0	0.0513	Muy Baja	0.0845	Baja
75	1	70	18	Urbana	16	12	4	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	1	85	10	Urbana	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	41	206	13	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	206	16	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	45	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	46	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	13	13	47	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	35	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	29	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	9	13	1	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	9	Rural	16	12	4	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	1	85	8	Urbana	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	1	66	13	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	21	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	1	Urbana	41	36	5	0	0	0	0.0507	Muy Baja	0.0833	Baja
75	1	51	2	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	18	Urbana	40	30	10	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	1	85	20	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	21	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	85	23	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	85	26	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	22	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	23	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	24	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	25	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	26	Urbana	21	21	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	27	Urbana	18	16	2	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	136	29	Urbana	10	9	1	0	0	0	0.0494	Muy Baja	0.0809	Baja
75	2	136	30	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	31	Urbana	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	2	136	32	Urbana	5	4	0	0	0	0	0.0350	Muy Baja	0.0563	Muy Baja
75	2	136	33	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	18	Urbana	13	12	1	0	0	0	0.0481	Muy Baja	0.0785	Muy Baja
75	2	140	19	Urbana	12	11	1	0	0	0	0.0485	Muy Baja	0.0792	Muy Baja
75	2	140	20	Urbana	11	9	2	0	0	0	0.0541	Muy Baja	0.0896	Baja
75	2	140	21	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	22	Urbana	9	8	1	0	0	0	0.0501	Muy Baja	0.0821	Baja
75	2	140	23	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	24	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	49	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	13	13	50	Rural	6	6	1	0	0	0	0.0605	Baja	0.0997	Media
75	13	13	51	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	5	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	7	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	14	Urbana	16	12	4	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	1	51	15	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	17	Urbana	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	1	66	5	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	3	Urbana	10	7	3	0	0	0	0.0608	Baja	0.1021	Media
75	1	70	4	Urbana	50	40	9	0	1	0	0.0566	Baja	0.0957	Media
75	2	136	34	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	35	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	9	13	6	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	85	13	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	25	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	13	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	70	1	Urbana	13	12	1	0	0	0	0.0481	Muy Baja	0.0785	Muy Baja
75	1	70	30	Urbana	73	60	12	0	1	0	0.0549	Muy Baja	0.0921	Media
75	11	13	6	Rural	18	15	3	0	1	0	0.0630	Baja	0.1095	Media
75	13	13	40	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	11	13	1	Rural	18	12	6	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	1	66	11	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	12	Urbana	26	26	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	24	Urbana	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	2	136	36	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	136	37	Urbana	4	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	26	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	27	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	10	13	2	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	13	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	13	13	14	Rural	7	6	1	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	13	13	15	Rural	6	4	2	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	13	13	16	Rural	8	6	2	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	9	13	2	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	26	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	8	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	29	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	30	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	31	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	10	Urbana	22	22	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	26	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	102	1	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	117	2	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	28	Urbana	32	32	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	29	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	30	Urbana	27	27	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	31	Urbana	28	28	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	32	Urbana	18	18	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	33	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	136	38	Urbana	24	23	1	0	0	0	0.0461	Muy Baja	0.0748	Muy Baja
75	2	136	39	Urbana	10	7	3	0	0	0	0.0608	Baja	0.1021	Media
75	11	13	16	Rural	14	10	3	0	0	1	0.0631	Baja	0.1262	Media
75	11	13	18	Rural	12	9	3	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	13	13	19	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	1	66	1	Urbana	13	12	1	0	0	0	0.0481	Muy Baja	0.0785	Muy Baja
75	1	66	2	Urbana	40	38	2	0	0	0	0.0466	Muy Baja	0.0757	Muy Baja
75	1	66	3	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	66	4	Urbana	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	1	70	7	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	1	85	1	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	2	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	3	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	5	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	140	28	Urbana	15	13	2	0	0	0	0.0513	Muy Baja	0.0845	Baja
75	2	140	29	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	140	30	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	31	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	32	Urbana	14	13	1	0	0	0	0.0478	Muy Baja	0.0779	Muy Baja
75	13	13	31	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	2	121	34	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	21	Urbana	4	3	1	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	13	13	37	Rural	4	3	1	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	13	13	38	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	39	Rural	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	2	136	40	Urbana	20	17	3	0	0	0	0.0523	Muy Baja	0.0862	Baja
75	2	140	33	Urbana	28	26	2	0	0	0	0.0478	Muy Baja	0.0779	Muy Baja
75	40	13	33	Rural	13	13	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	206	5	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	40	13	13	Rural	20	20	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	9	Rural	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Alta	0.0704	Media
75	40	13	12	Rural	19	19	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	206	7	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	1	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	14	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	4	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	17	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	40	13	30	Rural	10	10	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	6	Rural	27	27	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	7	Rural	17	17	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	8	Rural	18	18	0	0	0	0	0.0438	Alta	0.0704	Baja
75	40	13	28	Rural	8	8	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	24	Rural	27	27	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	206	4	Urbana	27	27	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	52	Rural	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	54	Rural	2	2	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	36	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	140	37	Urbana	18	17	2	0	0	0	0.0525	Muy Baja	0.0860	Baja
75	40	13	32	Rural	11	11	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	41	206	2	Urbana	30	30	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	3	Urbana	32	32	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	2	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	40	13	34	Rural	13	13	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	40	13	35	Rural	5	5	0	0	0	0	0.0438	Media	0.0704	Muy Baja
75	13	13	57	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	41	206	18	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	19	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	20	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	19	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	155	16	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	1	70	34	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	1	70	31	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	155	17	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	70	5	Urbana	48	37	11	0	0	0	0.0568	Baja	0.0946	Media
75	1	155	15	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	155	18	Urbana	17	14	3	0	0	0	0.0538	Muy Baja	0.0890	Baja
75	1	155	4	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	6	Urbana	28	26	2	0	0	0	0.0478	Muy Baja	0.0779	Muy Baja
75	1	85	12	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	32	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	9	Urbana	19	19	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	5	Urbana	21	21	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	7	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	3	Urbana	28	28	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	1	Urbana	22	22	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	5	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	9	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	174	4	Urbana	13	11	2	0	0	0	0.0525	Muy Baja	0.0866	Baja
75	1	189	4	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	3	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	12	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	17	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	18	Urbana	23	23	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	19	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	21	Urbana	18	18	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	11	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	2	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	1	Urbana	19	19	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	6	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	10	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	1	016A	2	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	6	Urbana	30	30	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	2	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	174	6	Urbana	14	12	2	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	1	189	20	Urbana	19	19	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	27	Urbana	49	38	11	0	0	0	0.0565	Baja	0.0941	Media
75	1	70	29	Urbana	10	7	3	0	0	0	0.0608	Baja	0.1021	Media
75	1	155	11	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	1	70	25	Urbana	17	14	3	0	0	0	0.0538	Muy Baja	0.0890	Baja
75	2	121	35	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	155	14	Urbana	3	2	1	0	0	0	0.0627	Baja	0.1056	Media
75	1	174	7	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	016A	3	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	36	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	37	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	155	20	Urbana	11	9	2	0	0	0	0.0541	Muy Baja	0.0896	Baja
75	2	121	38	Urbana	4	3	1	0	0	0	0.0580	Baja	0.0968	Media
75	2	121	39	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	70	33	Urbana	8	7	1	0	0	0	0.0509	Muy Baja	0.0836	Baja
75	1	155	3	Urbana	11	9	2	0	0	0	0.0541	Muy Baja	0.0896	Baja
75	1	51	20	Urbana	7	5	2	0	0	0	0.0600	Baja	0.1005	Media
75	1	155	5	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	189	14	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	189	8	Urbana	21	21	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	155	19	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	85	29	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	174	8	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	189	15	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	23	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	016A	4	Urbana	37	34	0	0	0	0	0.0402	Muy Baja	0.0647	Muy Baja
75	1	016A	1	Urbana	26	26	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	016A	5	Urbana	6	5	0	0	0	0	0.0365	Muy Baja	0.0586	Muy Baja
75	1	189	13	Urbana	18	18	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	31	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	27	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	20	Urbana	41	41	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	21	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	24	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	1	51	16	Urbana	126	95	31	0	0	0	0.0577	Baja	0.0964	Media
75	1	155	13	Urbana	26	22	4	0	0	0	0.0525	Muy Baja	0.0866	Baja
75	1	70	13	Urbana	14	12	2	0	0	0	0.0519	Muy Baja	0.0855	Baja
75	1	70	24	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	51	32	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	51	30	Urbana	15	11	4	0	0	0	0.0589	Baja	0.0985	Media
75	41	193	9	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	85	15	Urbana	30	27	3	0	0	0	0.0494	Muy Baja	0.0809	Baja
75	41	193	3	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	26	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	25	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	23	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	22	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	1	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	9	Urbana	25	25	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	15	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	40	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	5	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	7	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	28	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	206	10	Urbana	31	31	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	11	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	12	Urbana	28	28	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	17	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	206	37	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	36	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	32	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	31	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	33	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	36	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	36	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	34	Urbana	65	65	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	32	Urbana	28	28	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	33	Urbana	57	57	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	31	Urbana	25	25	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	30	Urbana	36	36	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	29	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	35	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	41	193	34	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	34	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	35	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	33	Urbana	19	19	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	24	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	31	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	23	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	21	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	22	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	20	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	19	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	18	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	13	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	15	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	12	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	11	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	10	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	25	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	26	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	24	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	23	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	22	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	21	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	8	Urbana	26	26	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	13	13	42	Rural	6	5	1	0	0	0	0.0532	Muy Baja	0.0880	Baja
75	1	189	22	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	6	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	4	Urbana	29	29	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	9	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	3	Urbana	2	2	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	1	189	16	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	8	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	2	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	32	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	35	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	27	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	28	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	29	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	41	193	25	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	27	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	28	Urbana	17	17	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	29	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	30	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	26	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	16	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	17	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	14	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	206	30	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	11	13	11	Rural	12	7	3	1	0	0	0.0638	Baja	0.0968	Media
75	11	13	8	Rural	11	10	2	0	0	0	0.0581	Baja	0.0960	Media
75	11	13	7	Rural	15	11	4	0	0	0	0.0589	Baja	0.0985	Media
75	1	51	3	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	11	13	23	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	41	Urbana	5	3	2	0	0	0	0.0665	Baja	0.1126	Media
75	11	13	13	Rural	27	21	6	0	0	0	0.0564	Baja	0.0938	Media
75	11	13	12	Rural	21	14	4	0	2	1	0.0719	Media	0.1428	Alta
75	1	70	15	Urbana	28	26	2	0	0	0	0.0478	Muy Baja	0.0779	Muy Baja
75	11	13	25	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	24	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	19	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	136	41	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	66	32	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	1	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	2	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	3	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	4	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	225	5	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	225	6	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	225	7	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	225	8	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	9	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	10	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	11	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	12	Urbana	52	52	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	13	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	225	14	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	41	193	37	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	38	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	39	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	40	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	41	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	42	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	43	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	44	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	193	45	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	37	Urbana	1	1	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	38	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	39	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	41	210	40	Urbana	47	47	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	41	210	41	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	42	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	121	45	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	26	Rural	28	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	27	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	11	13	28	Rural	11	7	3	0	1	0	0.0712	Media	0.1280	Media
75	13	13	1	Rural	8	5	2	0	1	0	0.0744	Media	0.1364	Alta
75	13	13	53	Rural	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	70	11	Urbana	42	30	10	0	1	0	0.0594	Baja	0.1014	Media
75	1	70	35	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	1	155	10	Urbana	58	46	11	0	1	0	0.0568	Baja	0.0959	Media
75	1	155	21	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	121	46	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	023A	1	Urbana	16	16	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	2	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	3	Urbana	25	25	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	4	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	5	Urbana	35	35	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	6	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	7	Urbana	25	25	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	8	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	9	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	10	Urbana	9	9	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	11	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	12	Urbana	8	8	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	023A	13	Urbana	4	4	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	14	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	15	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	16	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	17	Urbana	22	22	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	18	Urbana	32	32	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	19	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	20	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	21	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	22	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	23	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	023A	24	Urbana	15	15	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	1	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	2	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	3	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	244	4	Urbana	22	22	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	5	Urbana	24	24	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	6	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	7	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	8	Urbana	10	10	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	9	Urbana	22	22	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	10	Urbana	20	20	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	11	Urbana	3	3	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	12	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	13	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	14	Urbana	12	12	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	15	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	16	Urbana	27	27	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	17	Urbana	18	18	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	18	Urbana	19	19	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	19	Urbana	13	13	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	20	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	21	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	22	Urbana	18	18	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	23	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	24	Urbana	35	35	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	25	Urbana	5	5	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	26	Urbana	28	28	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

CVE_MUN	CVE_LOC	CVE_AGEB	CVE_MZA	AMBITO	Viv_Hab	Viv_1	Viv_2	Viv_3	Viv_4	Viv_5	Iv_Ageb_Sismo	Vul_sismo	Iv_Ageb_Viento	Vul_viento
75	2	244	27	Urbana	7	7	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	28	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	29	Urbana	11	11	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	30	Urbana	14	14	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja
75	2	244	31	Urbana	1	0	0	0	0	0	0.0000	Muy Baja	0.0000	Muy Baja
75	2	244	32	Urbana	6	6	0	0	0	0	0.0438	Muy Baja	0.0704	Muy Baja

La metodología es una opción para el cálculo de las funciones de vulnerabilidad en estructuras de mampostería que parte de una serie de hipótesis y simplificaciones; conforme mejor se ajusten los supuestos a las estructuras reales, mejor será la estimación de su función de vulnerabilidad.

El mismo planteamiento puede mejorarse si se conoce, para cierto caso particular, datos reales como esfuerzos de agrietamiento Vm, módulos de elasticidad, E, y la distribución y geometría real de los muros.

Se incluyen algunos ejemplos de funciones calculadas para unos cuantos datos propuestos que incluyen algunos ejemplos del cálculo de funciones de vulnerabilidad conforme al método expuesto en este trabajo. Hipótesis: Edificaciones sin diseño sísmico formal (podrían considerarse representadas por las edificaciones tipo 1y 2 de vivienda con base en información técnica, la densidad de muros se propondrá a valores fijos.

Valores propuestos: Castillos típicos 12×15 cm, con 4#3, fy = 4200 kg/cm², fc'= 150 kg/cm², separación L = 375 cm, t = 12 cm, H = 2.5 m, w_{piso} = 490 kg/m².

Densidad de muros y propiedades de los materiales: dx = 0.03; dy = 0.03 (3% en cada dirección, propio de edificaciones de un nivel en el estado de Guerrero y de edificaciones de 2 y 3 niveles en el Distrito Federal, por ejemplo) fx = 0.6; fy = 0.8 muchos muros cortos en x y pocos muros cortos en y Vm = 3 kg/cm²; Fm = 30 kg/cm², E = 18000 kg/cm²

Las densidades de muros propuestas, para edificios de más de dos niveles, corresponden a casos donde no se ha tenido un diseño sísmico especial. La resistencia a cortante, Vm, representa casos de materiales económicos comunes, ya sea tabiques de arcilla artesanal, piezas huecas solidas sin control de calidad.

Especificaciones generales	
Numero de niveles (N)	Un nivel en el estado de Guerrero y de edificaciones de 2 y 3 niveles en el Distrito Federal e Hidalgo
Espesor de muros (t)	Los bloques de cemento son elementos de forma paralelepipedo ortogonal, sólidos o huecos fabricados de mortero de cemento portland o de concreto hidráulico con distintos tipos de agregados. Se usan en la construcción de muros interiores y exteriores, de carga o de relleno y en registros, entre otros. Las piezas huecas tienen el propósito de mejorar las condiciones de aislamiento térmico y acústico, así como de alojar los elementos de refuerzo y tuberías. Son utilizados en sistemas de mampostería simples o estructurales, esto debido a la posibilidad de reforzar las piezas en ambos sentidos de su plano. Sus principales aplicaciones son: Muros simples o divisorios Muros estructurales Bardas perimetrales Muros de contención15 cm, 20cm
Longitud total demuros o densisdad de muros m	Este procedimiento es sumamente simple y consiste en hallar la densidad de muros de cada piso, tal cual se define como la relacion del área los muros al área de la planta del piso en estudio. La relación debe examinarse rigurosamente en las direcciones vertical y horizontal. No se consideran aquellos muros cuya longitud es menor a 120 cm. Identificación y Codificación preliminar de los muros Identificación y Codificación de los Muros portantes. Densidad de muros y propiedades de los materiales: dx = 0.03; dy = 0.03 (3% en cada dirección, propio de edificaciones de un nivel en el estado de Guerrero y de edificaciones de 2 y 3 niveles en el Distrito Federal, por ejemplo) En muros largos (mayores a 3 m de longitud) se deben colocar castillos intermedios a no más de 3 m de distancia.
Resistencia al esfuerzo cortante Vm	La fuerza cortante de diseño debida a la mampostería Vm, se calculará con la ecuación: Vm = FR [(0.5VmAT + 0.3P) - F] ≤ 1.5FRvmAtf Donde AT es el área transversal del muro. La carga axial P se deberá tomar positiva en compresión y deberá considerar las acciones permanentes, variables con intensidad instantánea, y accidentales que conduzcan al menor valor y sin multiplicar por el factor de carga. Si la carga vertical P es de tensión, se despreciará la contribución de la mampostería Vm El factor f se determinará como: Vm = 3 kg/cm2
Compresion asumida Fm	Se aconseja usar piezas macizas en zona sísmica. Aunque normalmente son hechas a mano y no tienen mucha resistencia, con castillos y dalas se logra una resistencia adecuada. También hay piezas huecas de buena calidad, que hacen fabricantes industriales teniendo un valor de resistencia a la compresion minima de 35 kgf/cm2
Modulo de elasticidad Em	Para mampostería de tabiques y bloques de concreto: *para cargas de corta duración Em= 800 fm *para cargas sostenidas Em = 350 fm Para mampostería de tabique de arcilla y otras piezas, excepto las de concreto: *para cargas de corta duración Em = 600 *fm para cargas sostenidas Em = 350 fm El módulo de elasticidad puede obtenerse de la curva esfuerzo-deformación medida en un ensaye de pilas en compresión. Una estimación aproximada se obtiene con los factores que multiplican a la resistencia en compresión. Estos factores se aplican a la resistencia de diseño la cual incorpora factores de seguridad importantes con respecto al valor promedio.
Modulo de rigidez al cortante Gm	El módulo de cortante, Gm, se puede calcular como 0.4 veces Em. *Módulo de elasticidad, Em = 800 fm = 40,000 kg/cm² *Módulo de cortante Gm = 0.4 Em = 16,000 kg/cm²

Parámetro	Expresión	Donde
Esfuerzo vertical	$\sigma_v = P_v / A$	P_v =carga vertical total *A*= área de la base del muro σ_v= esfuerzo vertical
Esfuerzo de agrietamiento	$V_{agr} = K \cdot \sqrt{fc}$	V_{agr}= esfuerzo de agrietamiento *K*= coeficiente del material *fc*= resistencia a la compresión del concreto
Distorsión de agrietamiento	$\gamma_{agr} = fr / E$	γ_{agr}= distorsión angular de agrietamiento *fr* = tensión de tracción máxima *E*= módulo de elasticidad
Distorsión de esfuerzo máximo	$\gamma_{Vmax} = T_{max} / G$	γ_{Vmax} = distorsión para la que se presenta el esfuerzo máximo $T_{max=}$ esfuerzo cortante máximo aplicado al muro G= módulo de corte del material del muro

Esfuerzo de compresión del concreto Fc	Pisos y firmes 100 Fc Dallas y castillos 150 Fc Zapatas y losas 200 Fc Columnas 250 Fc
Fluencia del acero fy	Para reforzar zapatas, contratrabes y vigas de concreto, así como los castillos y dalas, se deben usar barras de refuerzo de acero corrugado (llamadas varillas); las hay de varios tamaños y se miden por su diámetro. Se recomienda usar las que tienen resistencia a la fluencia (fy) de 4200 kg/cm².
Carga por unidad de área de la planta o el techo	wpiso = 490 kg/m²

Parámetro	Expresión	Donde
Esfuerzo de agrietamiento de entrepiso	$\frac{V_m}{H}$	V_m= esfuerzo H= altura
Distorsión última	γ_u	
Periodo de vibración	T_0	

Para poder contar con un modelo que prediga lo más fielmente posible el comportamiento de los muros de mampostería: Para el cálculo se requiere estimar los siguientes puntos: a) Vagr esfuerzo de agrietamiento,

b) Vmax esfuerzo máximo,

c) Vu esfuerzo último igual al 80% del máximo,

d) Yagr distorsión angular de agrietamiento,

e) YVmax distorsión para la que se presenta el esfuerzo máximo,

f) Yu distorsión última (corresponde al esfuerzo último).

Tabla 6.1 Grado de daño y deterioro de la propiedades estructurales en muros de mampostería confinada (Ruiz, 1995)

Estado de Daño Observado	Distorsión (%)	*R / Rinicial*	*V / Vmax*	Grado de Daño [1]
Fisuras horizontales, por flexión. Fisuras verticales, por flexión, cercanas al paño de los castillos.	0.04	0.80	0.50	Ligero (I)
Primer agrietamiento de la mampostería, por tensión diagonal o cortante.	0.13	0.35	0.85	Moderado (II y III)
Inicio de la penetración del fisuramiento inclinado en los extremos de los castillos.	0.20	0.27	0.90	Fuerte (IV)
Agrietamiento en forma de "X" en todos los paneles de mampostería.	0.23	0.24	0.98	Fuerte (IV)
Aplastamiento del concreto, agrietamiento horizontal distribuido en la altura de los castillos.	0.32	0.18	1.0	Fuerte (V)
Concentración de grietas diagonales en los extremos de los castillos. Desconchamiento del recubrimiento de concreto.	0.42	0.13	0.99	Grave (V)
Concentración de daño en los extremos inferiores de los castillos. Plegamiento del refuerzo longitudinal (deformación en "S").	0.50	0.10	0.80	Grave (no se clasifica)

[1] Clasificación de acuerdo a la tabla 6.5 de Rodríguez y Castrillón (1995)

Memoria de cálculo de inestabilidad de laderas

Elaboración de mapas.

La pendiente se puede definir como la relación que existe entre el desnivel y la distancia horizontal entre un punto y otro, se expresa en porcentaje o en grados (Valencia, 1987). El mapa de pendientes representa por medio de una gama de colores, diferentes rangos de pendiente en una zona determinada. Se basa en la búsqueda de valores medios de pendiente, a base de contar las intersecciones de las curvas de nivel con líneas rectas de longitud conocida

Es importante considerar la resolución de modelo digital de elevación (MDE) que se utiliza para la obtención del mapa de pendientes, puesto que resoluciones muy bajas (>90m) pueden dar como resultado una subestación de las pendientes de un terreno y por tanto modificar el resultado final del análisis de susceptibilidad.

Se elaboró el mapa, a partir del MDE obtenido de la página electrónica del INEGI con resolución de 15m (cada píxel representa una distancia de 15m)

Ponderación de pendientes.

Capa	Nivel	Pendiente	Valor
C1	Muy Alta	55° a 70°	0.38
C2	Alta	40° a 55°	0.32
C3	Media Alta	30° a 40°	0.17
C4	Media	20° a 30°	0.06
C5	Baja	10° a 20°	0.04
C6	Muy Baja	0° a 10°	0.03

Obtención del mapa Geológico.

La litología se obtuvo a partir del mapa Geológico de la República Mexicana de vectores en formato shape (SHP) de INEGI, que se encuentra a una escala 1:250 000. Seguido a esto en el software se delimitó al territorio municipal utilizando la herramienta Arc Tool Box – Analysis Tools-Extract > Clip, en ArcMap.

Obtención del mapa de vegetación y uso de suelo.

El mapa de Uso de Suelo y Vegetación se obtuvo a partir del portal de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) a nivel nacional en formato shape (SHP) a una escala de 1:250 000. Seguido a esto en el software se delimitó al territorio municipal utilizando la herramienta Arc Tool Box – Analysis Tools-Extract > Clip, en ArcMap.

Obtención del mapa geomorfología.

El mapa de Geomorfología de la República Mexicana se obtuvo en formato shape (SHP), a partir del portal de INEGI, que se encuentra a una escala 1:250 000. Seguido a esto en el software se delimitó al territorio municipal utilizando la herramienta Arc Tool Box – Analysis Tools-Extract > Clip, en ArcMap.

Reclasificación de atributos de los mapas de cada factor condicionante.

El proceso de reclasificación de atributos en las cartografías de los factores condicionantes (pendiente, Geología, Uso de suelo y vegetación y Geomorfología) consiste en

asignar, a través del SIG, los valores de susceptibilidad relativa para cada categoría a los diferentes polígonos representados en los mapas.

La reclasificación se realizó con la herramienta ´´Arctoolbox´´- 3dAnalyst-Reclasificación Ráster-Reclasificar´´, en el software ArcMap obteniendo el mapa de pendientes reclasificado a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) de INEGI a 15m. Para el efecto se usó como base los intervalos y los valores relativos. Los valores más elevados de pendiente tendrán una mayor aportación a la susceptibilidad de una ladera a presentar caídos.

Ponderación geológica.

Geología			Valor total	Valor
Otros	C1	Coluvial	0.54	0.14
	C2	Lahar		0.14
	C3	Lacustre		0.13
	C4	Aluvial		0.13
Sedimentaria	C5	Arenisca	0.33	0.09
	C6	Calizas		0.07
	C7	Lutitas		0.07
	C8	Conglomerados		0.06
	C9	Limolita		0.04
Ígnea extrusiva	C10	Riolita	0.09	0.02
	C11	Andesita		0.02
	C12	Basalto		0.02
	C13	Toba		0.02
Ígnea intrusiva	C14	Granodioritas	0.03	0.02
	C15	Traquita		0.02
Metamórfica	C16	Gneis	0.01	0.01
NA	C17	Cuerpo de agua	0.00	0

Ponderación geomorfológica.

Geomorfología		Valor
C1	Cañón	**0.32**
C2	Sierra	**0.29**
C3	Lomerío	**0.17**
C4	Valle	**0.11**
C5	Meseta	**0.07**
C6	Llanura	**0.04**

Ponderación de uso de suelo y vegetación.

Uso de suelo y vegetación			Valor total	Pesos
B1	C1	Agricultura de humedad	**0.32**	0.16
	C2	Agricultura de riego		0.06
	C3	Agricultura temporal		0.05
	C4	Pastizal Cultivado/ Inducido/ natural		0.03
B2	C5	Bosque cultivado	**0.15**	0.04
	C6	Bosque de Mezquite		0.03
	C7	Bosque de Oyamel		0.03
	C8	Bosque de Táscate		0.02
	C9	Bosque de pino-encino		0.02
	C10	Bosque mesófilo de montaña		0.02
B3	C11	Vegetación secundaria Arbustiva y Arbórea	**0.04**	0.04
B4	C12	Matorral crasicaule/desértico/somontano	**0.06**	0.06
B5	C13	Asentamientos Humanos	**0.42**	0.06
	C14	Deprovisto de vegetación		0.15
	C15	Sin vegetación Aparente		0.21
B6	C16	N/A (Cuerpos de Agua)	**0.00**	0

Elaboración del mapa de susceptibilidad, suma aritmética de las capas de información.

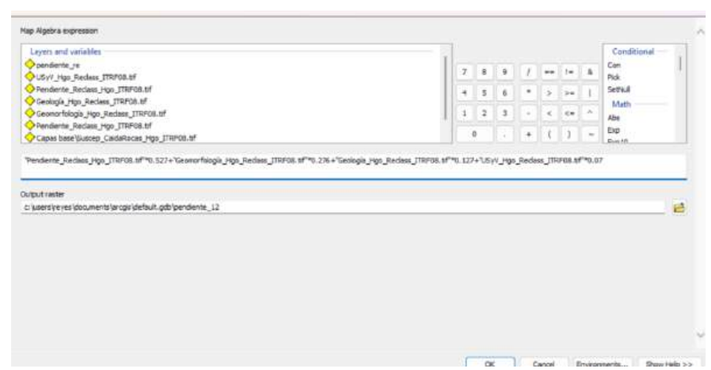
Una vez que han reclasificado cada una de las capas de información relativas a los factores condicionantes (pendiente, Geología, Geomorfología y Uso de Suelo y Vegetación) se procede a realizar la suma aritmética de los mapas, considerando los porcentajes o valores de susceptibilidad relativos definidos para cada uno de ellos. La suma se realiza empleando ´´ArcToolbox´´-Spatial Analyst Tools-Matematica-Suma"

El último paso para la obtención del mapa de susceptibilidad es la reclasificación de los valores de susceptibilidad relativa obtenidos en el mapa resultante de la suma de las diferentes capas de información, en las categorías de susceptibilidad deseadas. La suma final en porcentajes seria.

Pendiente*(0.527) + Geomorfología*(0.276) + Geología*(0.127) + Uso de Suelo y Vegetación*(0.070)+.

Una vez que ha reclasificado cada una de las capas de información relativas a los factores condicionantes (pendiente, geología, geomorfología Uso de suelo y vegetación) Se procede a realizar el álgebra de mapas, considerando los valores de susceptibilidad relativos definidos para cada uno de ellos.

La herramienta Calculadora Ráster construye y ejecuta una expresión simple de Algebra de mapas similar a una calculadora que te permite sumas varias capas ráster. Se encuentra ArcToolBoox-Spatial Analyst Tools-Raster Calculator.



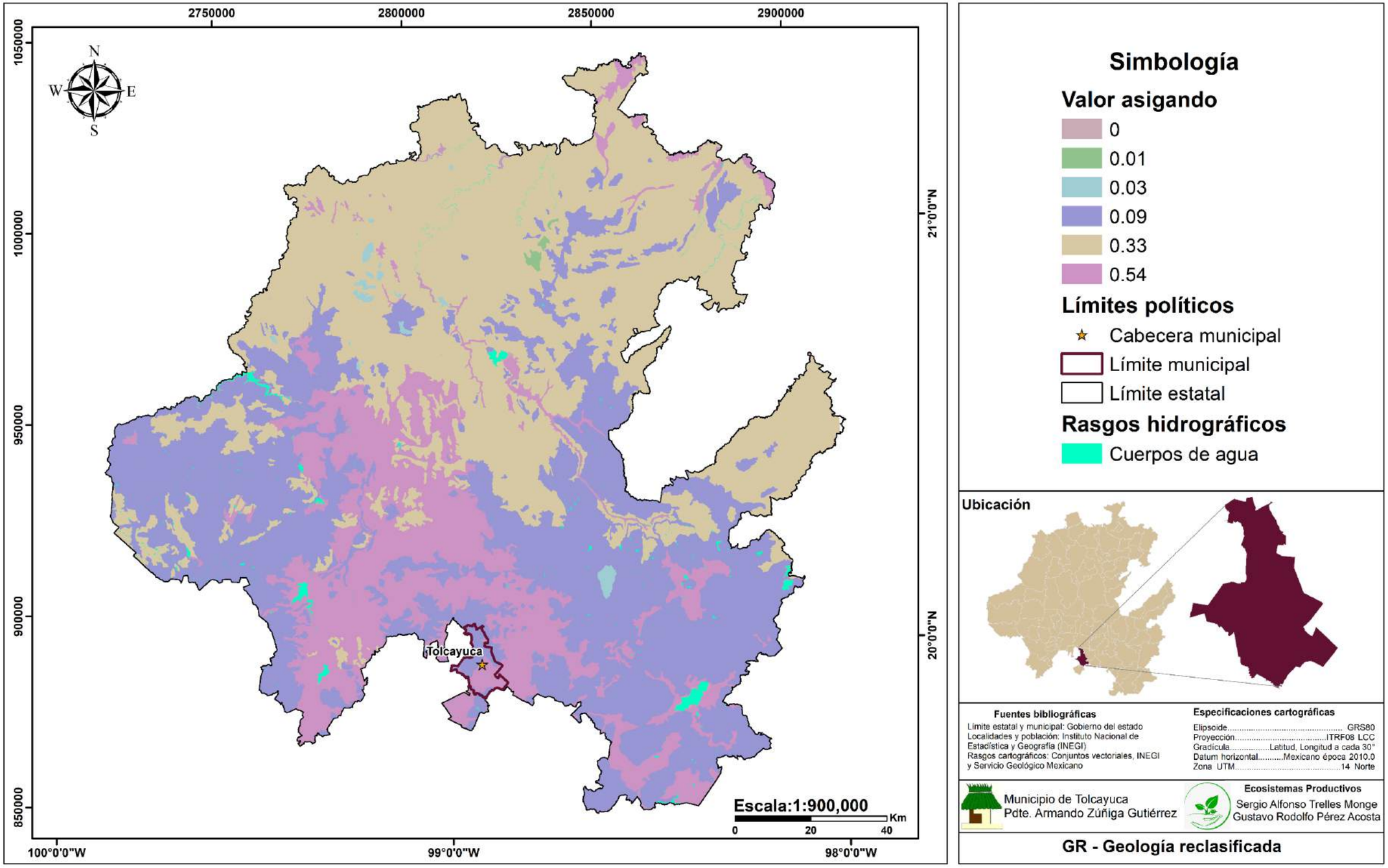
Cuadro de dialogo de la calculadora ráster.

Se utilizó esta misma metodología para elaborar el mapa de susceptibilidad para caída de bloques, para este caso solo se tomaron en cuenta tres factores desencadenantes: Pendiente. Geología y Geomorfología. La ponderación asignada para estos factores de igual manera fue a través de la matriz de SAATY

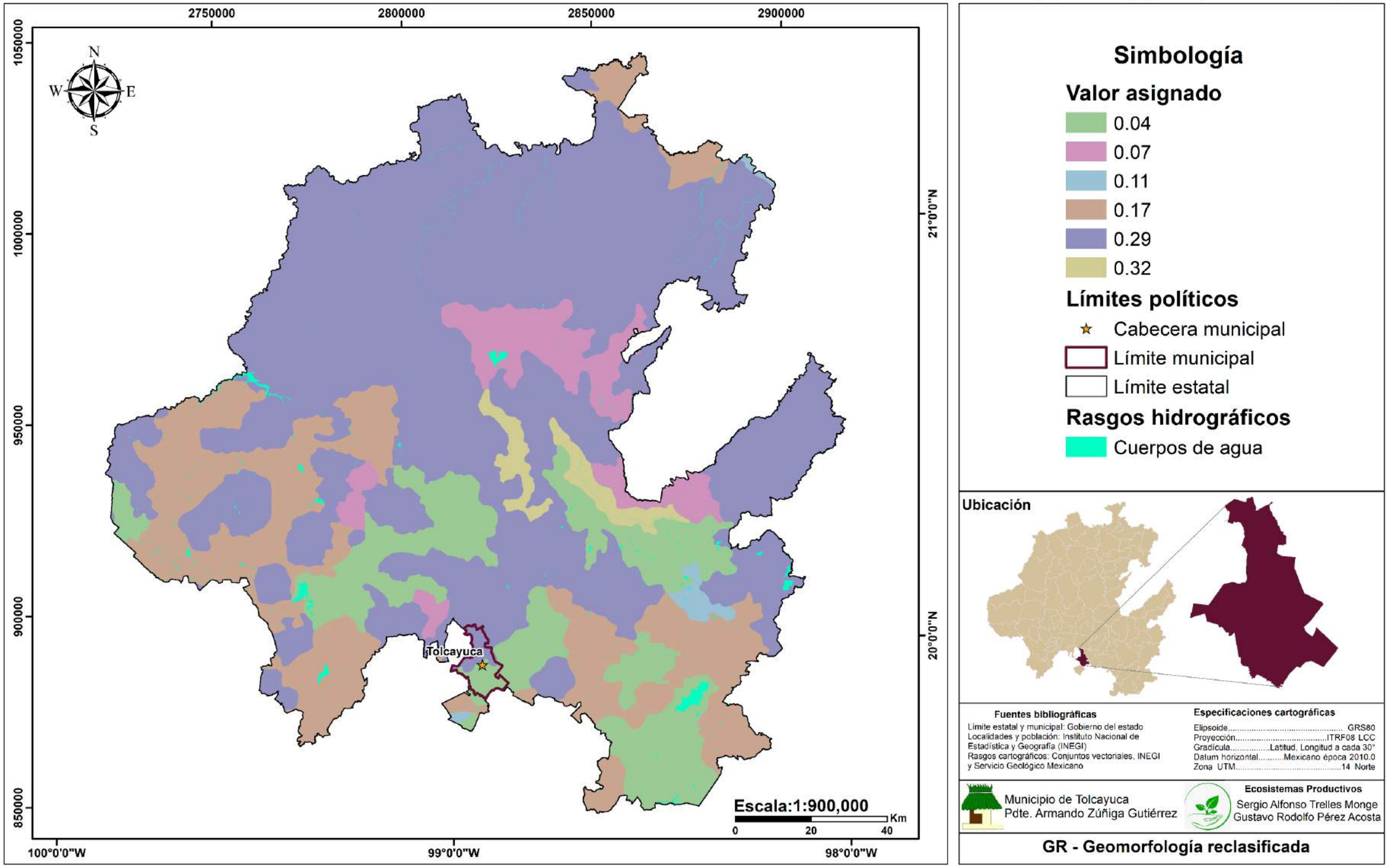
Ponderación de factores.

Factores		Valor
C1	Pendiente	0.41
C2	Geomorfología	0.26
C3	Geología	0.33

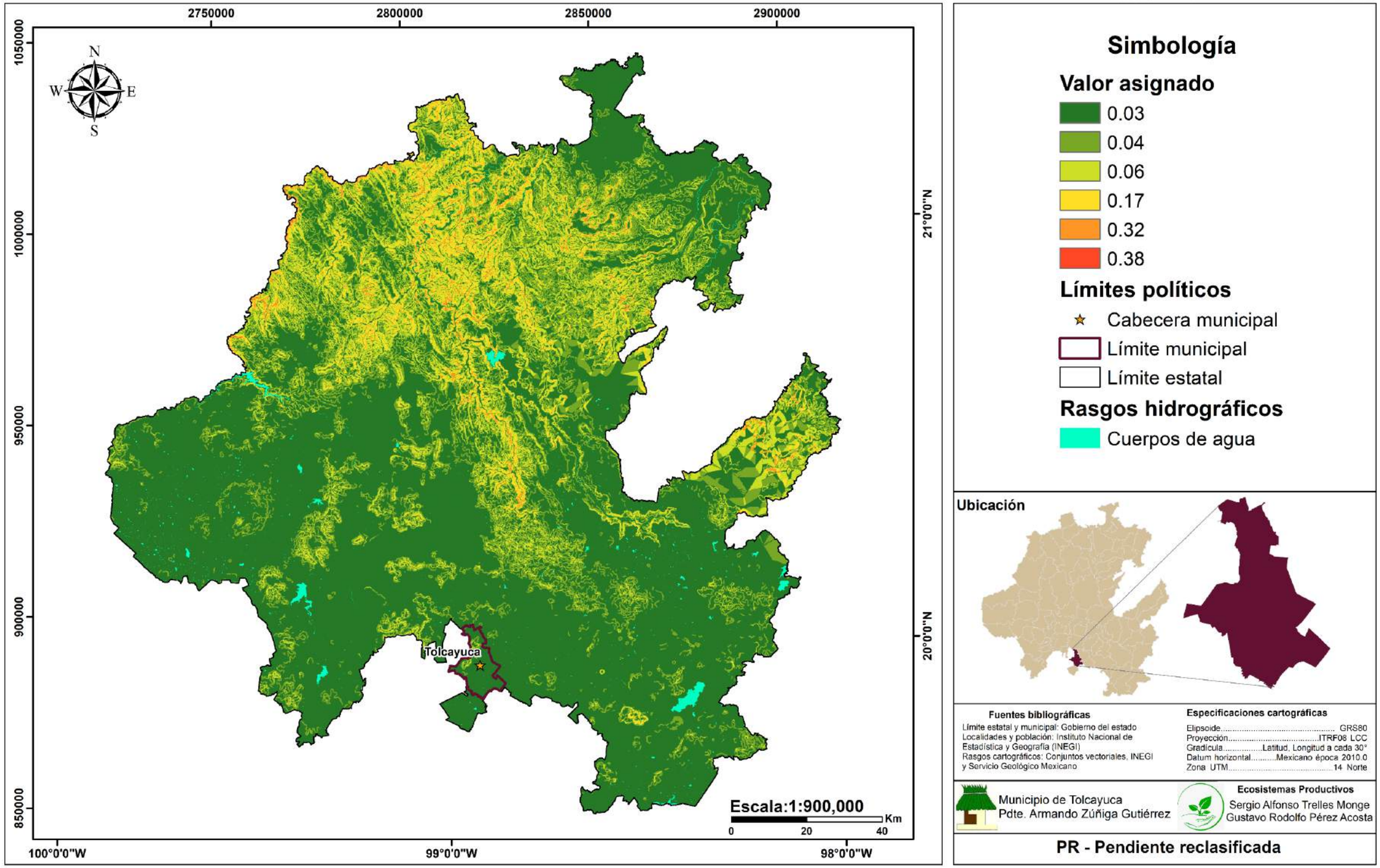
Mapa de geología reclasificada



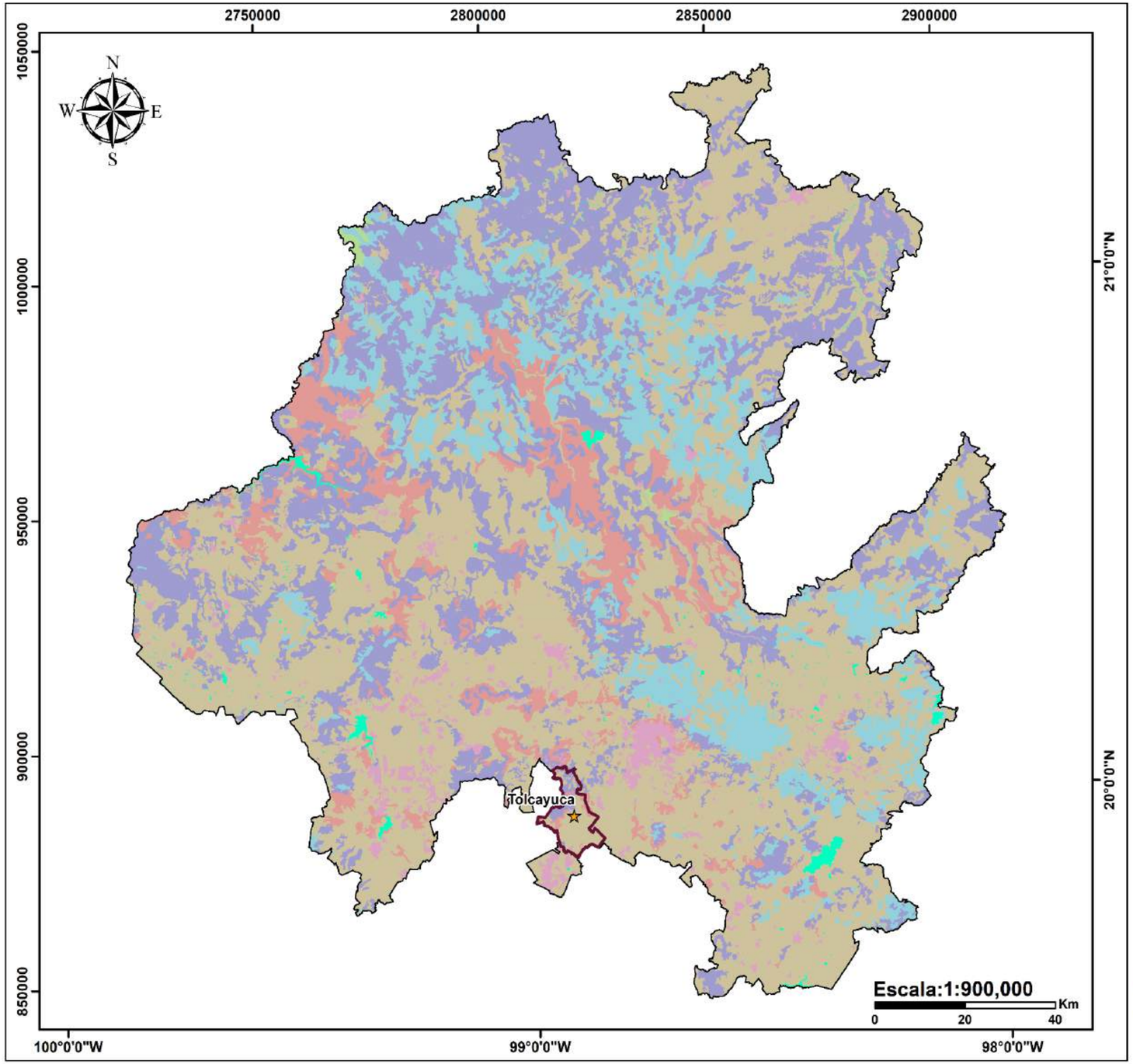
Mapa de geomorfología reclasificada



Mapa de pendiente reclasificada



Mapa de uso de suelo y vegetación reclasificado



Simbología

Valor asignado

- 0
- 0.04
- 0.06
- 0.15
- 0.32
- 0.42

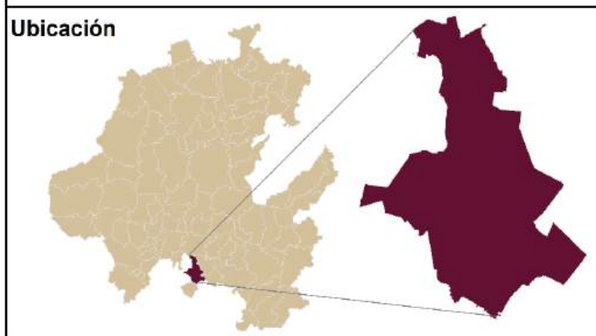
Límites políticos

- Cabecera municipal
- Límite municipal
- Límite estatal

Rasgos hidrográficos

- Cuerpos de agua

Ubicación



Fuentes bibliográficas

Límite estatal y municipal: Gobierno del estado
Localidades y población: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)
Rasgos cartográficos: Conjuntos vectoriales, INEGI y Servicio Geológico Mexicano

Especificaciones cartográficas

Elipsoide..... GRS80
Proyección.....ITRF08 LCC
Gradícula.....Latitud, Longitud a cada 30"
Datum horizontal.....Mexicano época 2010.0
Zona UTM.....14 Norte

Municipio de Tolcayuca
Pdte. Armando Zúñiga Gutiérrez

Ecosistemas Productivos
Sergio Alfonso Trelles Monge
Gustavo Rodolfo Pérez Acosta

USyVR - Uso de suelo y vegetación reclasificado

Memoria de cálculo de susceptibilidad de flujos y detritos

CRITERIOS

Determinación de pesos por el método de SAATY (EMC)

	C1	C2	C3	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	8.00	5.00	3.42	0.75	1.00
C2	0.13	1.00	0.50	0.40	0.09	0.96
C3	0.20	2.00	1.00	0.74	0.16	1.05

Pi	1.33	11.00	6.50	4.55		3.01	λmax

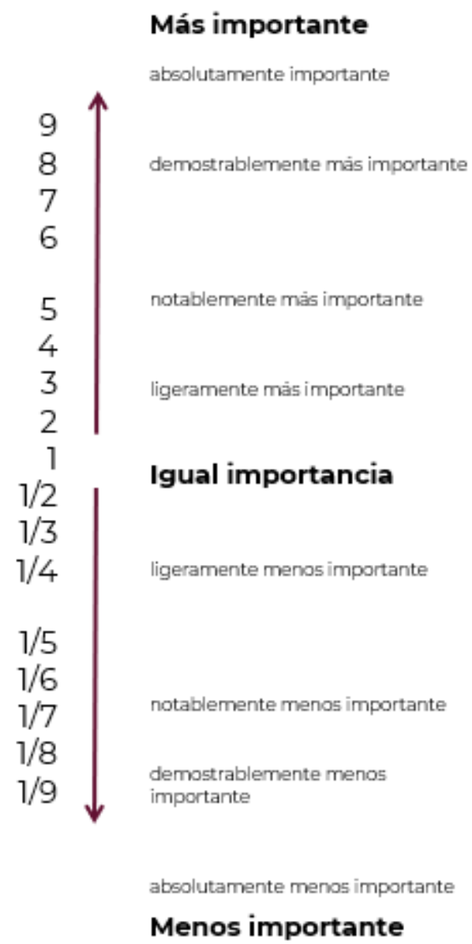
		PESOS
C1	Pendiente	0.75
C2	Precipitación	0.09
C3	Litología	0.16
		1.00

Ci=	0.00276756	
Rci=	0.66	
CR=	0.0042	Consistente

$$Ci = \frac{\lambda max - n}{n - 1}$$

$$Rci = \frac{1{,}98 * (n - 2)}{n}$$

$$CR = Ci/Rci$$



LITOLOGÍA

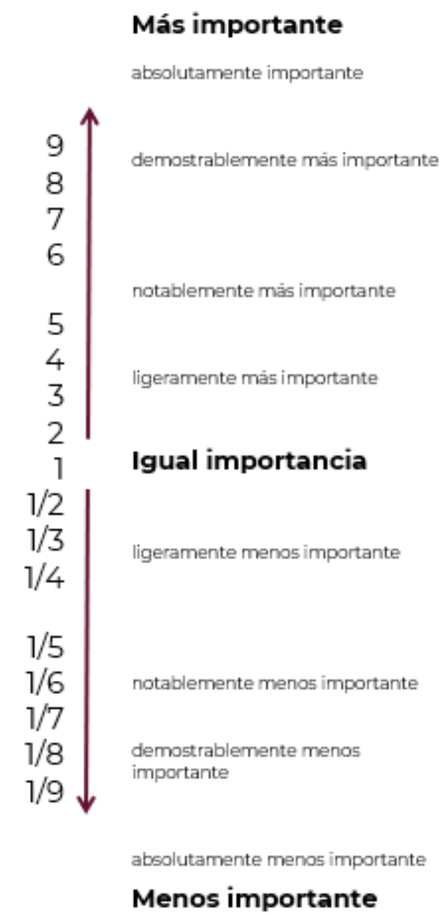
DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL MÉTODO DE SAATY (EMC) PARA GEOLÓGIA

	C1	C2	C3	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	0.20	0.33	0.41	0.10	0.63
C2	5.00	1.00	3.00	2.47	0.64	0.76
C3	3.00	0.33	1.00	1.00	0.26	1.12

Pi	6.00	1.20	4.33	3.87	1.00	2.51	λmax

		PESOS
C1	Ígneas extrusivas	0.10
C2	Depósitos lacustres	0.64
C3	Depósitos coluviales y aluviales	0.26
		0.74

Ci=	-0.2440029	
Rci=	0.66	
CR=	-0.3697	Consistente



PENDIENTE

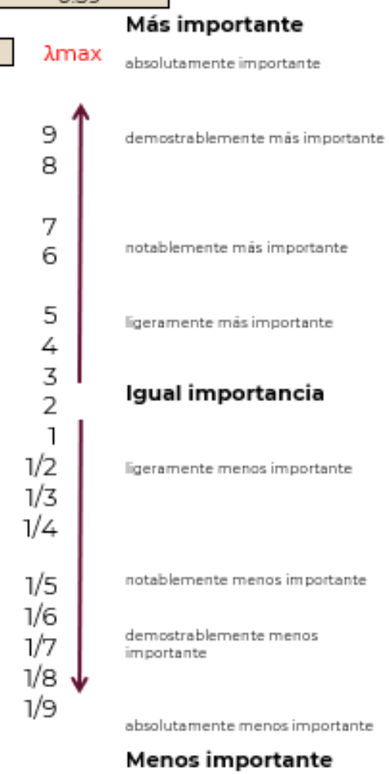
DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL MÉTODO DE SAATY (EMC)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	1	0	0	0	0	0.31	0.03	0.57
C2	1.00	1.00	0.25	0.20	0.14	0.13	0.31	0.03	0.56
C3	3.00	4.00	1.00	0.25	0.17	0.13	0.63	0.06	0.74
C4	5.00	5.00	4.00	1.00	0.33	0.20	1.37	0.14	0.65
C5	8.00	7.00	6.00	3.00	1.00	0.25	2.51	0.25	0.00
C6	9.00	8.00	8.00	5.00	4.00	1.00	4.75	0.48	0.3

Pi	18.00	18.00	11.58	4.65	1.77	0.81	9.89		1.87	λmax

	Riesgo de flujos (lodo y detritos)				PESOS
C1	Muy baja	0° a 10°	1		0.03
C2	Baja	10° a 20°	2		0.03
C3	Media	20° a 30°	3		0.06
C4	Media alta	30° a 45°	4		0.14
C5	Alta	45° a 70°	5		0.25
C6	Muy alta	70° a 90°	6		0.48
					1.00

Ci=	-0.82583833	
Rci=	1.32	
CR=	-0.6256	Consistente



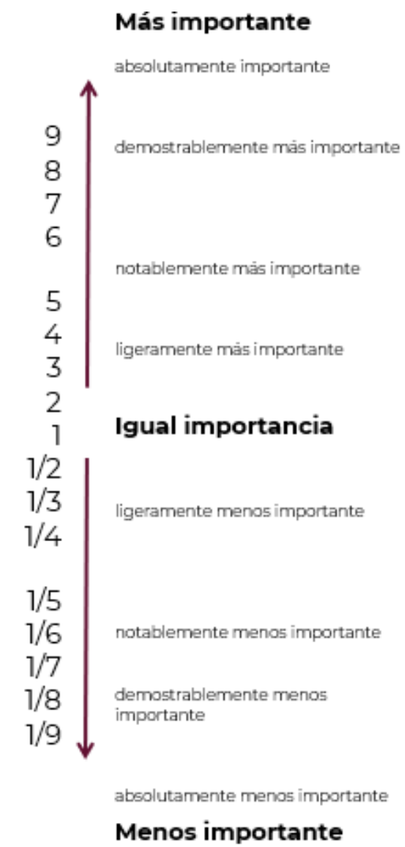
PRECIPITACIÓN
DETERMINACIÓN DE PESOS POR EL METODO DE SAATY (EMC)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Wi	Ci	LAMDAi
C1	1.00	0.33	0.25	0.20	0.17	0.13	0.27	0.03	0.73
C2	3.00	1.00	0.25	0.20	0.17	0.13	0.38	0.04	0.95
C3	4.00	4.00	1.00	0.17	0.14	0.13	0.60	0.06	1.39
C4	5.00	5.00	6.00	1.00	0.20	0.17	1.31	0.13	1.68
C5	6.00	6.00	7.00	5.00	1.00	0.50	2.93	0.30	1.10
C6	8.00	8.00	8.00	6.00	2.00	1.00	4.28	0.44	0.89

Pi	27.00	24.33	22.50	12.57	3.68	2.04	9.76	9.76	6.75	λmax

	Riesgo de flujos		PESOS
C1	95-100 mm	Superior a su normal climático	0.027
C2	100-105 mm	Superior a su normal climático	0.039
C3	105-110 mm	Superior a su normal climático	0.062
C4	110-115 mm	Superior a su normal climático	0.134
C5	115-120 mm	Extremo a su normal climático	0.300
C6	120-138 mm	Extremo a su normal climático	0.438
			1.000

Ci=	0.1506225	
Rci=	1.32	
CR=	0.1141	Inconsistente



Memoria de cálculo de período de retorno estructural

Para realizar los períodos de retorno estructural se tomaron en cuenta los años 50, 100, 250, 500 y 1000 años, con las aceleraciones 0.0, 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 y 2.0 segundos.

Para plasmar gráficamente se utilizó la información disponible en el portal del Atlas de Riesgo Nacional de CENAPRED, los cuales son 10, 100 y 500 años para sus aceleraciones son 0.0, 0.15, 0.5 y 1.0, el resto de información requerida se representa en forma de tabla la cual se muestra a continuación:

Municipio	Períodos de retorno (Tr)	Períodos estructurales (Te)								
		0.00	0.15	0.25	0.30	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
Tolcayuca	10	7.694912	22.564945	20.037546	18.773847	15.036251	13.682171	12.328091	9.485884	6.643677
	50	21.100671	61.304614	53.178439	49.115352	37.521818	33.759739	29.997659	22.693246	15.388832
	100	32.600168	93.369233	80.322780	73.799554	54.052478	47.562135	41.071791	31.097733	21.123674
	250	57.039303	160.142856	136.278750	124.346697	87.091159	74.045344	60.999529	46.306375	31.613221
	500	85.519188	236.883586	199.706209	181.117520	124.264118	103.184412	82.104706	62.503009	42.901311
	1000	126.046725	344.762276	288.026173	259.658121	175.877894	143.393963	110.910032	84.622796	58.335559

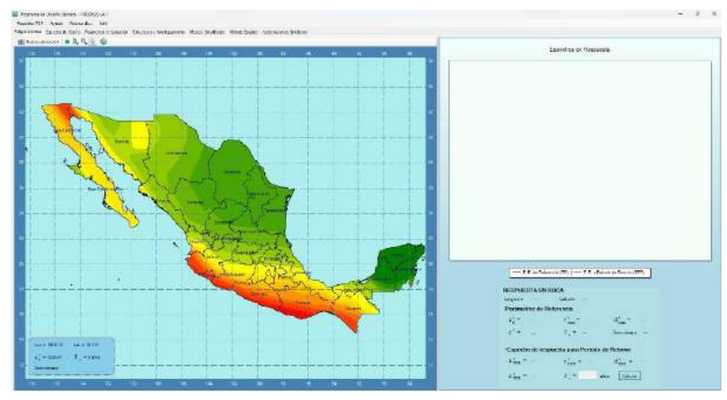
Períodos de retorno estructural, Tolcayuca, Hgo.

Para llegar a estos resultados se realizaron los cálculos y graficas correspondientes por medio del software PRODISIS versión 4.1 de la Comisión Federal de Electricidad "CFE".

Este software es muy útil para la interpretación de diseño sísmico en la obra civil y de CFE.

Software PRODISIS.

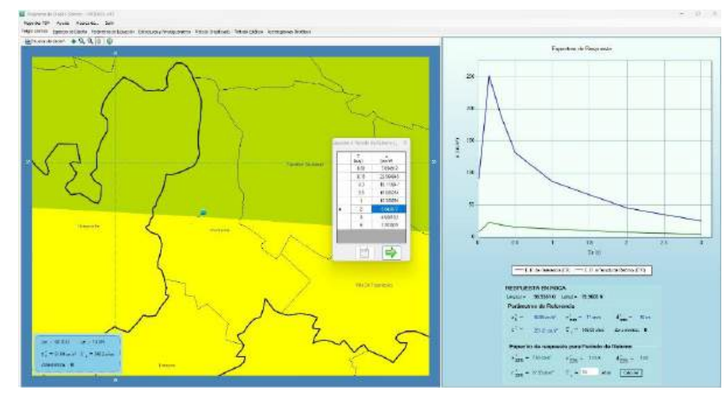
El software para realizar los cálculos y la gráfica solo pide agregar la coordenada en geográficas del sitio de interés y el año que se requiere calcular.



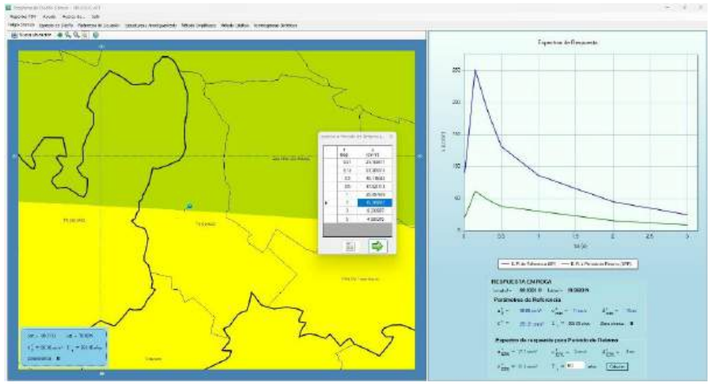
Interfaz PRODISIS

A continuación, se anexan los cálculos y grafica emitida por el software correspondiente a cada año y aceleración solicitada en la Guía de Contenido Mínimo para la elaboración del Atlas Nacional de Riesgos del CENAPRED.

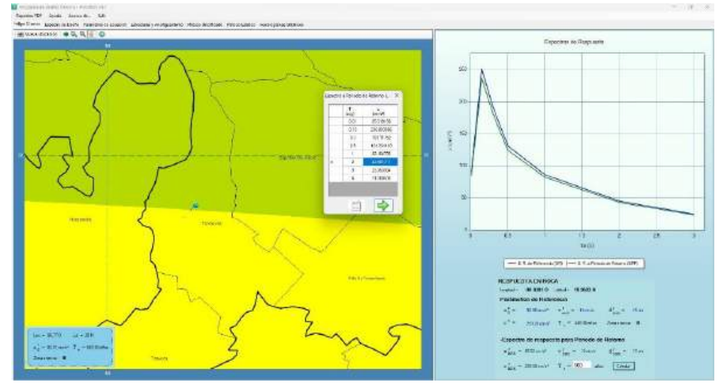
Se muestran las gráficas generadas en PRODISIS para los diferentes años y aceleraciones solicitadas, se representa en el centro de la imagen la tabla con los valores generados, a la derecha graficadas en color verde están representadas aceleraciones de cada año y en color azul son los valores de referencia que ya están predeterminados por el software, en la parte inferior derecha se encuentran los valores de referencia que en su mayoría ya están predeterminados.



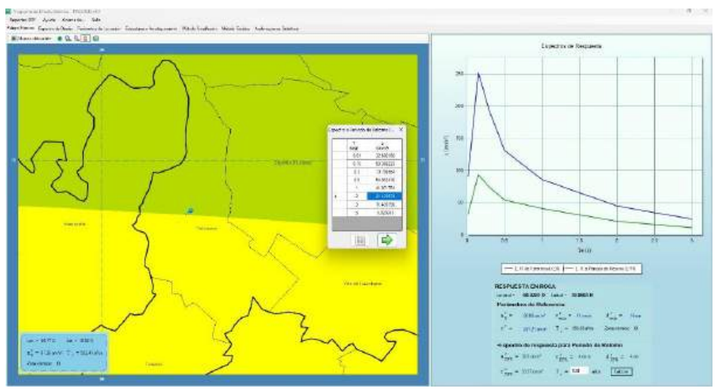
Período de retorno estructural 10 años.



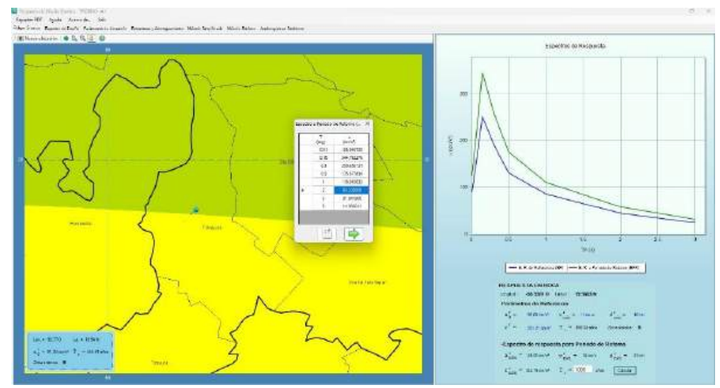
Período de retorno estructural 50 años.



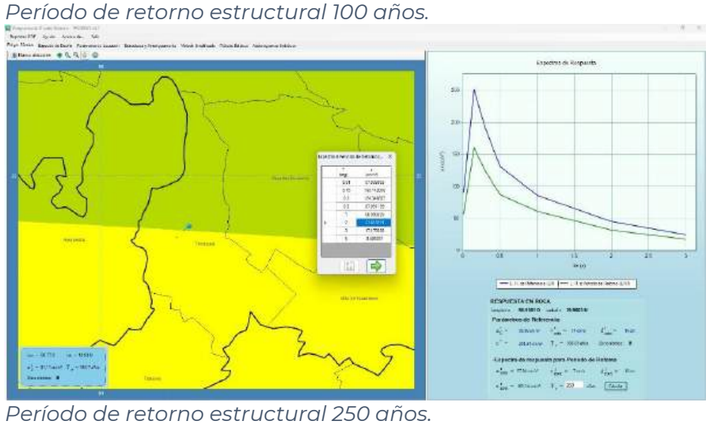
Período de retorno estructural 500 años.



Período de retorno estructural 100 años.



Período de retorno estructural 1,000 años.



Período de retorno estructural 250 años.

Con esta información ya se puede tener conciencia de cómo se comportarían los períodos de retorno en el municipio.

Fuentes utilizadas:

CFE (2015). Manual de diseño de obras civiles Diseño por sismos.

Los resultados obtenidos se encuentran en la siguiente tabla:

Municipio	Períodos de retorno (TR)	Períodos estructurales (TE)								
		0.00	0.15	0.25	0.30	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
Tolcayuca	10	7.694912	22.564945	20.037546	18.773847	15.036251	13.682171	12.328091	9.485884	6.643677
	50	21.100671	61.304614	53.178439	49.115352	37.521818	33.759739	29.997659	22.693246	15.388832
	100	32.600168	93.369233	80.322780	73.799554	54.052478	47.562135	41.071791	31.097733	21.123674
	250	57.039303	160.142856	136.278750	124.346697	87.091159	74.045344	60.999529	46.306375	31.613221
	500	85.519188	236.883586	199.706209	181.117520	124.264118	103.184412	82.104706	62.503009	42.901311
	1000	126.046725	344.762276	288.026173	259.658121	175.877894	143.393963	110.910032	84.622796	58.335559

Períodos de retorno estructural, Tolcayuca, Hgo.

Fenómenos hidrometeorológicos

Memoria de cálculo de inundación fluvial

Metodología para calcular la lluvia media con el método de los Polígonos de Thiessen

1. Recolectar los datos de precipitación

Obtener los valores de precipitación registrados en las siguientes estaciones meteorológicas:

- MIXQUIAHUALA (SMN) – Estación 13018
- PRESA ENDHO – Estación 13080
- RÍO SALADO – Estación 13090
- TLAHUELILPAN – Estación 13166

2. Ubicar las estaciones en un mapa

- Representar en un mapa la ubicación geográfica de cada estación meteorológica.
- Utilizar coordenadas UTM o latitud/longitud para mayor precisión.

3. Construcción de los polígonos de Thiessen

- Unir con líneas rectas las estaciones más cercanas para formar una red de triángulos.
- Trazar mediatrices perpendiculares en cada lado de los triángulos.
- Delimitar los polígonos formados por la intersección de estas mediatrices.
- Medir el área de cada polígono en km^2

4. Calcular la precipitación media

Aplicar la fórmula de Thiessen:

$$Pm = \frac{\sum(P_i . A_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

- Pm = Precipitación media en la cuenca.
- P_i = Precipitación en la estación
- A_i= Área del polígono de la estación
- $\sum A_i$ = Área total de la cuenca.

Parte I: Adquisición y manipulación de datos esenciales para la elaboración de la simulación de nuestra zona de estudio.

Tratamiento Del Modelo Digital

Recopilación de Datos:

Los datos recopilados se obtuvieron mediante los mapas digitales de elevación proporcionados por el INEGI, los cuales cuentan con una resolución de 5 metros y fueron descargados de su página oficial. Se descargaron los mapas de elevación en un formato ráster.

Implementación de SIG

Manipulación del software ARCMAP

El software como herramienta de ayuda genera la optimización de los datos lo cual maximiza la resolución y detalle del objetivo del trabajo. De igual manera es importante mencionar la existencia de la página SIATL INEGI que es un modelador de flujos de aguas nacionales y la función de aguas arriba que

ayudo como primera referencia para orientarse sobre el MDT a descargar.

Proceso de Trabajo:

1. Cargar Datos: Manipulación de archivo del MDT en formato RASTER el cual fue descargado de la página oficial del INEGI, para cargar el archivo se usó la función Import Data.

2. Combinar ambos mapas mediante MARGE DATA para poder crear solo un Ráster del área de estudio con formato de coordenadas UTM (14 N)

3. Pequeñas variaciones en la elevación del terreno pueden tener un impacto significativo en el análisis hidrológico. Las depresiones, que son celdas con vecinos de elevación más alta, y los picos, cuyos vecinos tienen elevaciones iguales o más bajas, son fenómenos importantes para considerar. Ignorar estas características puede llevar a la generación de una red de drenaje defectuosa es por ello que la herramienta Fill es la encargada de solucionar estos detalles, siendo el caso nuestro RASTER resultante se aplicó esta misma herramienta.

4. Aplicación de la herramienta Dirección de Flujo:

TOOLS/SPACE ANALYST TOOLS /HIDROLOGY/FLOW DIRECCTION

Esta herramienta toma como datos de entrada un MDT y muestra como datos de salida un archivo raster con la dirección del flujo en cada celda. Existen ocho posibles direcciones en cualquier celda, relacionadas con las ocho celdas adyacentes en las cuales el escurrimiento puede viajar.

5. Acumulación de Flujo

TOOLS/SPACE ANALYST TOOLS /HIDROLOGY/FLOW ACUMULATION

La opción Flow Accumulation calcula el flujo acumulado como el total acumulado de las celdas que confluyen hacia cada una de las celdas ubicadas aguas abajo.

6. Red hídrica (Calculo)

Usar la herramienta Raster Calculator e implementar el código “Log10(Flow_Accumulation”)

Para mejor visualización se usa la herramienta Stream to Order permitiendo vizualisar los ríos con un nivel mayore que 3 mediante el método STRAHLER

Convertir los cauces principales es un formato vectorial (Raster to Line)

El cauce principal es editado mediante la función Edit Feautures eliminado los cauces tributarios. Usar la herramienta Watershed que usara el punto creado con anterioridad y el raster de Flow Direcction

Pasar el archivo resaltante de formato Raster a un Polígono para mejor su funcionalidad y su manipulación. (ToolBox/Conversion Tools/From Raster/Raster to Polygon)

8. Delimitación del área y perímetro de las cuencas

Atributos/Agregar Campo/Area

Para agregar los campos adicionales se selecciona el formato DOUBLE; al igual que las unidades deseadas y selecinamos las medidas en Km2.

9. Geometría del Cauce

TOOLS/DATA MANAGEMENT TOOLS/FEATURES/FEAUTURES TO VÉRTICES POINTS

Al emplear esta función el cauce principal se fracciona en vértices mediante puntos que son representados por nodos que se usaran para obtener los datos necesarios para la obtención del caudal y su diseño .

Diseño y Obtención de las pendientes

Para calcular las pendientes se utilizaron los archivos generados con la geometría del cauce mediante la manipulación de los atributos de cada polígono.

Proceso para calcular la pendiente de los cauces principales

1. TABLA DE ATRIBUTOS/ADD FIELD/LONG

2. TOOLS/DATA MANAGEMENT TOOLS/FEATURES/ADD XY CORDINATES

3. SPATIANL ANALYST TOOLS/EXTRACTION/ EXTRAC_MULTI_VALUES_TO_POINTS Y EL MDT

4. Los datos de los campos de coordenadas X Y Z (MDT) así como el número de nodos de cada sección son importados a Excel para su manipulación y cálculos necesarios.

5. Para determinar la distancia entre cada nodo se renombraron; las distancias existentes entre cada nodo, se emplea la ecuación:

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 - (y_2 - y_1)^2}$$

Las distancias resultantes de los nodos se suman y deben ser equivalentes a la longitud del cauce principal.

Cálculo de La Pendiente

Tomando como referencia la fórmula de Kirpich (Aparicio, 1992, p. 208), se estima la pendiente del cauce principal:

$$S = \left[\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{l_m}{\sqrt{S_m}}}\right] =$$

Tiempo de concentración y tiempo base de la cuenca:

El tiempo de concentración en hidrología se define como el lapso que transcurre desde el final de la lluvia neta hasta el final de la escorrentía directa en una cuenca hidrográfica. Representa el tiempo que tarda en llegar al punto de salida de la cuenca la última gota de lluvia que cae en el punto más alejado y que fluye por escorrentía directa. Este tiempo es crucial en el estudio de inundaciones, ya que indica el equilibrio necesario para alcanzar el caudal máximo con una intensidad de escorrentía constante. Se calcula a partir de

diversos métodos que consideran parámetros topográficos como la longitud del cauce principal, la elevación media de la cuenca y la pendiente, siendo esencial para la gestión de recursos hídricos, la conservación del suelo y la planificación de usos del suelo en cuencas hidrográficas

Se puede conocer el tiempo de concentración mediante la ecuación para el cálculo del tiempo de concentración, de retardo, pico y base (Aparicio, 1992, pp. 235–237).

$$t_c = 0.000325\frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} = X \text{ horas}$$

$$d_e = t_c$$

$$t_r = 0.6t_c$$

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

Intensidad de la precipitación

La intensidad de precipitación denota la rapidez con la que aumenta la altura de la lluvia en relación con el tiempo. Clasificada en niveles ligeros, moderados y fuertes según la cantidad de lluvia acumulada en un intervalo específico, este dato se detalla en una tabla proporcionada en los resultados de la búsqueda. La intensidad de la lluvia se mide en milímetros por hora y se identifica por la visibilidad de las gotas, la formación de charcos y la claridad durante el evento. (SALAS, 2020)

En base a las isoyetas del Atlas de Riesgo con un periodo de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 y 500 años con duraciones de 1 y 24 horas

Se empleó la interpolación logarítmica para estimar la precipitación correspondiente al tiempo de concentración, utilizando los valores medios para las diferentes duraciones.

$$hp_{tc} = \frac{hp_{24} - hp_1}{3.1781}\text{Ln}(t_c) + hp_1 \ldots\ldots (1)$$

$$i = \frac{hp_{tc}}{t_c}\ldots..(2)$$

Gasto Pico:

El gasto pico representa el caudal máximo instantáneo registrado durante un evento de precipitación o avenida. Este punto culminante en la curva de hidrograma, que ilustra la variación del caudal a lo largo del tiempo, es esencial en hidrología. Proporciona información crucial sobre la magnitud máxima del flujo de agua en un momento dado, lo que resulta fundamental en el diseño de infraestructuras hidráulicas, la gestión de riesgos de inundaciones y la planificación de recursos hídricos. Comprender y predecir el comportamiento de los ríos y cuencas hidrográficas en situaciones de crecidas extremas depende en gran medida de este valor. (Garcia, 2024) (Bateman, 2007)

Para la estimación del Gasto Pico se empleó el método racional.

Método Racional:

El gasto pico se puede calcular mediante la fórmula racional (Aparicio, 1992, p. 209)

$$QP=0.278CiA_c$$

Donde:

i=(intensidad)

A_c=(Area de la cuenca)

C=(Coeficiente de escurrimiento)

Diseño de los hidrogramas

Un hidrograma es una representación gráfica que muestra cómo varía el caudal de un río o corriente en función del tiempo, generalmente como respuesta a un evento de precipitación.

Todos los valores de las ecuaciones resultantes se utilizan para el diseño de un hidrograma. Este se desarrolla a partir de la metodología del hidrograma unitario adimensional (HUA). Las características del HUA se determinan mediante las expresiones propuestas por Aparicio (1978).

Tiempo de retraso:

$$t_r = 0.6t_c$$

Tiempo de pico:

$$t_p = \frac{d_e}{2} + t_r$$

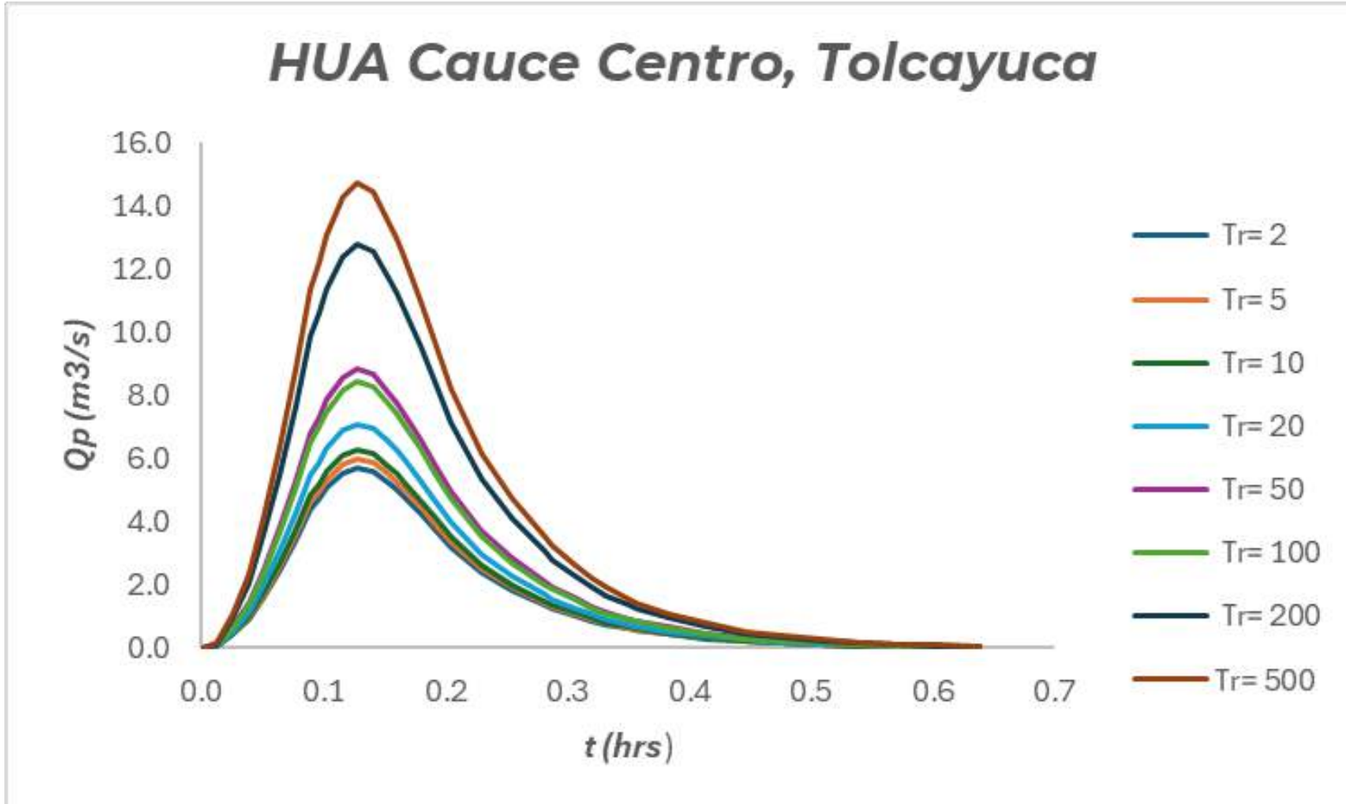
Tiempo base:

$$t_b = 2.67t_p$$

Coordenadas del HUA

Hidrograma Unitaria Adimensional	
t/tp (hrs)	q/qp (m^3/s)
0.00	0.000
0.10	0.010
0.20	0.075
0.30	0.160
0.40	0.280
0.50	0.430
0.60	0.600
0.70	0.770
0.75	0.830
0.80	0.890
0.90	0.970
1.00	1.000
1.10	0.980
1.20	0.920
1.25	0.880
1.30	0.840
1.40	0.750
1.50	0.660
1.60	0.560
1.80	0.420
2.00	0.320
2.20	0.240
2.25	0.220
2.40	0.180
2.50	0.150
2.60	0.130
2.75	0.105
2.80	0.098
3.00	0.075
3.25	0.053
3.50	0.036
3.75	0.026
4.00	0.018
4.25	0.012
4.50	0.009
4.75	0.006
5.00	0.004

Hidrogramas resultantes del Cauce Centro, Tolcayuca con su periodo de retorno correspondiente al municipio de Tolcayuca.



Características de los HUA del Cauce Centro, Tolcayuca

Características del HUA	
$T_{retraso}$	0.0696883
T_{pico}	0.13
T_{base}	0.34

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 2 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 2	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.06
0.03	0.43
0.04	0.91
0.05	1.59
0.06	2.44
0.08	3.41
0.09	4.37
0.10	4.71
0.10	5.05
0.11	5.51
0.13	5.68
0.14	5.56
0.15	5.22
0.16	5.00
0.17	4.77
0.18	4.26
0.19	3.75
0.20	3.18
0.23	2.38
0.26	1.82
0.28	1.36
0.29	1.25
0.31	1.02
0.32	0.85
0.33	0.74
0.35	0.60
0.36	0.56
0.38	0.43
0.42	0.30
0.45	0.20
0.48	0.15
0.51	0.10
0.54	0.07
0.57	0.05
0.61	0.03
0.64	0.02

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 5 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 5	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.06
0.03	0.45
0.04	0.96
0.05	1.68
0.06	2.57
0.08	3.59
0.09	4.61
0.10	4.97
0.10	5.32
0.11	5.80
0.13	5.98
0.14	5.86
0.15	5.50
0.16	5.26
0.17	5.03
0.18	4.49
0.19	3.95
0.20	3.35
0.23	2.51
0.26	1.91
0.28	1.44
0.29	1.32
0.31	1.08
0.32	0.90
0.33	0.78
0.35	0.63
0.36	0.59
0.38	0.45
0.42	0.32
0.45	0.22
0.48	0.16
0.51	0.11
0.54	0.07
0.57	0.05
0.61	0.04
0.64	0.02

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 10 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 10	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.06
0.03	0.47
0.04	1.00
0.05	1.75
0.06	2.69
0.08	3.76
0.09	4.83
0.10	5.20
0.10	5.58
0.11	6.08
0.13	6.27
0.14	6.14
0.15	5.77

0.16	5.51
0.17	5.26
0.18	4.70
0.19	4.14
0.20	3.51
0.23	2.63
0.26	2.01
0.28	1.50
0.29	1.38
0.31	1.13
0.32	0.94
0.33	0.81
0.35	0.66
0.36	0.61
0.38	0.47
0.42	0.33
0.45	0.23
0.48	0.16
0.51	0.11
0.54	0.08
0.57	0.06
0.61	0.04
0.64	0.03

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 20 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 20	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.0	0.0
0.01	0.07
0.03	0.53
0.04	1.14
0.05	1.99
0.06	3.05
0.08	4.26
0.09	5.47
0.10	5.89
0.10	6.32
0.11	6.88
0.13	7.10
0.14	6.96
0.15	6.53
0.16	6.25
0.17	5.96
0.18	5.32
0.19	4.68
0.20	3.97
0.23	2.98
0.26	2.27
0.28	1.70
0.29	1.56
0.31	1.28
0.32	1.06
0.33	0.92
0.35	0.75
0.36	0.70
0.38	0.53
0.42	0.38
0.45	0.26
0.48	0.18
0.51	0.13
0.54	0.09
0.57	0.06
0.61	0.04
0.64	0.03

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 50 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 50	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.09
0.03	0.66
0.04	1.41
0.05	2.47
0.06	3.79
0.08	5.29
0.09	6.79
0.10	7.32
0.10	7.85
0.11	8.56
0.13	8.82
0.14	8.65
0.15	8.12
0.16	7.76
0.17	7.41
0.18	6.62
0.19	5.82
0.20	4.94
0.23	3.71
0.26	2.82
0.28	2.12
0.29	1.94
0.31	1.59
0.32	1.32
0.33	1.15
0.35	0.93
0.36	0.86
0.38	0.66
0.42	0.47
0.45	0.32
0.48	0.23
0.51	0.16
0.54	0.11
0.57	0.08
0.61	0.05
0.64	0.04

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 100 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 100	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.08
0.03	0.63
0.04	1.35
0.05	2.36
0.06	3.62
0.08	5.05
0.09	6.48
0.10	6.99
0.10	7.49
0.11	8.16
0.13	8.42
0.14	8.25
0.15	7.74
0.16	7.41
0.17	7.07
0.18	6.31
0.19	5.55
0.20	4.71
0.23	3.53
0.26	2.69
0.28	2.02
0.29	1.85
0.31	1.51
0.32	1.26
0.33	1.09
0.35	0.88
0.36	0.82
0.38	0.63
0.42	0.45
0.45	0.30
0.48	0.22
0.51	0.15
0.54	0.10
0.57	0.08
0.61	0.05
0.64	0.03

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 200 años para cauce central de Tolcayuca.

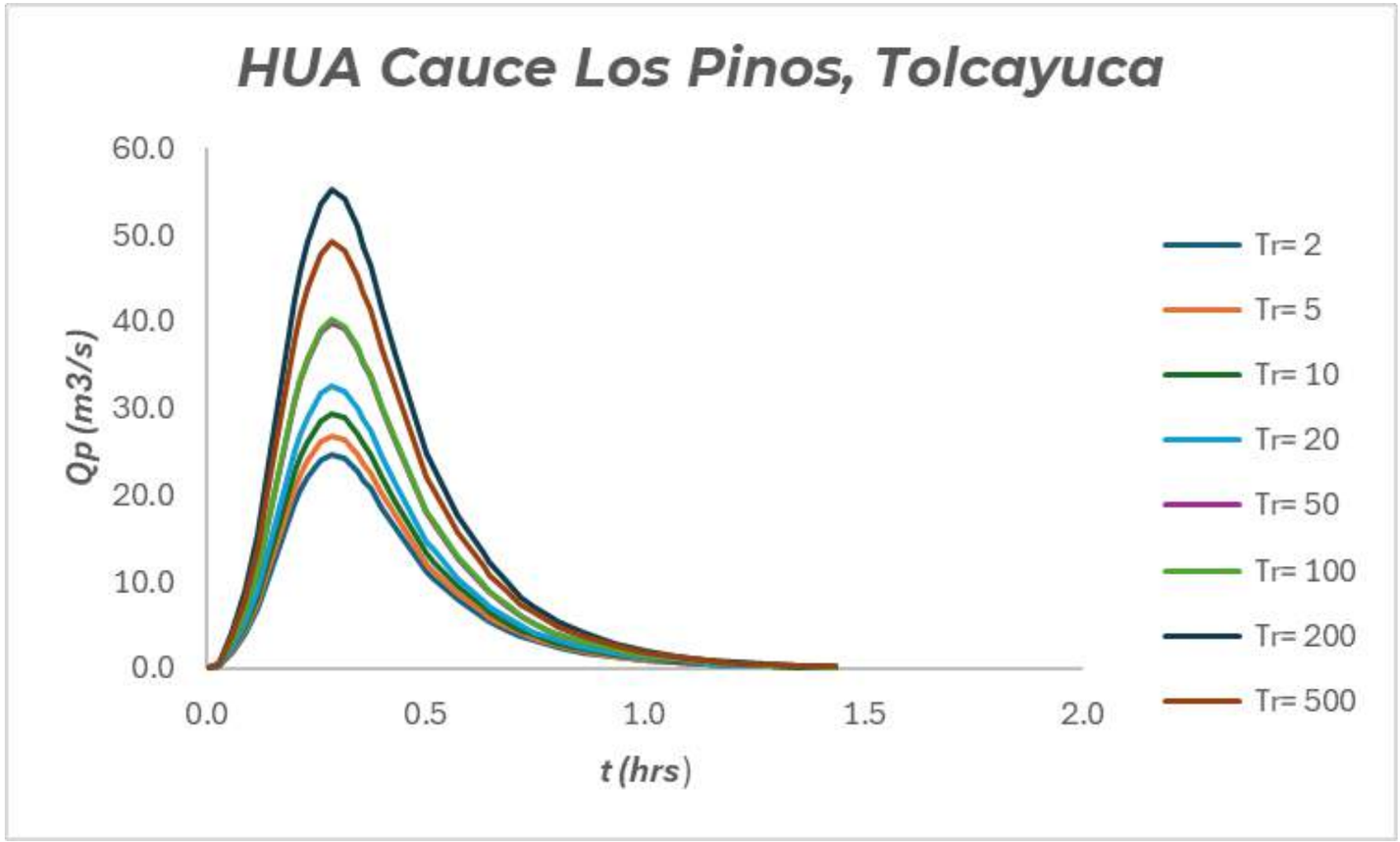
Tr= 200	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.13
0.03	0.94
0.04	2.00
0.05	3.51
0.06	5.38
0.08	7.51
0.09	9.64
0.10	10.39
0.10	11.15
0.11	12.15
0.13	12.52
0.14	12.27
0.15	11.52
0.16	11.02
0.17	10.52
0.18	9.39
0.19	8.27
0.20	7.01
0.23	5.26
0.26	4.01
0.28	3.01
0.29	2.76
0.31	2.25
0.32	1.88
0.33	1.63
0.35	1.31
0.36	1.23
0.38	0.94
0.42	0.66
0.45	0.45
0.48	0.33
0.51	0.23
0.54	0.15
0.57	0.11
0.61	0.08
0.64	0.05

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 500 años para cauce central de Tolcayuca.

Tr= 500	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.01	0.58
0.03	4.36
0.04	9.30
0.05	16.28
0.06	25.01
0.08	34.89
0.09	44.78
0.10	48.27
0.10	51.76
0.11	56.41
0.13	58.15
0.14	56.99
0.15	53.50
0.16	51.18

0.17	48.85
0.18	43.62
0.19	38.38
0.20	32.57
0.23	24.42
0.26	18.61
0.28	13.96
0.29	12.79
0.31	10.47
0.32	8.72
0.33	7.56
0.35	6.11
0.36	5.70
0.38	4.36
0.42	3.08
0.45	2.09
0.48	1.51
0.51	1.05
0.54	0.70
0.57	0.52
0.61	0.35
0.64	0.23

Hidrogramas resultantes del Cauce Los Pinos, Tolcayuca con su periodo de retorno correspondiente al municipio de Tolcayuca.



Características de los HUA del Cauce Los Pinos, Tolcayuca

Características del HUA	
$T_{retraso}$	0.15654297
T_{pico}	0.29
T_{base}	0.77

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 2 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 2	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.25
0.06	1.86
0.09	3.96
0.11	6.93
0.14	10.64
0.17	14.84
0.20	19.05
0.22	20.53
0.23	22.01
0.26	23.99
0.29	24.73
0.32	24.24
0.34	22.76
0.36	21.77
0.37	20.78
0.40	18.55
0.43	16.32
0.50	11.13
0.52	10.39
0.57	7.92
0.63	5.94
0.65	5.44
0.69	4.45
0.72	3.71
0.75	3.22
0.79	2.60
0.80	2.42
0.86	1.86
0.93	1.31
1.00	0.89
1.08	0.64
1.15	0.45
1.22	0.30
1.29	0.22
1.36	0.15
1.43	0.10

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 5 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 5	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.27
0.06	2.02
0.09	4.31
0.11	7.54
0.14	11.58
0.17	16.15
0.20	20.73
0.22	22.34
0.23	23.96
0.26	26.11
0.29	26.92
0.32	26.38
0.34	24.77
0.36	23.69
0.37	22.61
0.40	20.19
0.43	17.77
0.50	12.11
0.52	11.31
0.57	8.61
0.63	6.46
0.65	5.92
0.69	4.85
0.72	4.04
0.75	3.50
0.79	2.83
0.80	2.64
0.86	2.02
0.93	1.43
1.00	0.97
1.08	0.70
1.15	0.48
1.22	0.32
1.29	0.24
1.36	0.16
1.43	0.11

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 10 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 10	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.29
0.06	2.21
0.09	4.71

0.11	8.25
0.14	12.66
0.17	17.67
0.20	22.68
0.22	24.44
0.23	26.21
0.26	28.57
0.29	29.45
0.32	28.86
0.34	27.10
0.36	25.92
0.37	24.74
0.40	22.09
0.43	19.44
0.50	13.25
0.52	12.37
0.57	9.42
0.63	7.07
0.65	6.48
0.69	5.30
0.72	4.42
0.75	3.83
0.79	3.09
0.80	2.89
0.86	2.21
0.93	1.56
1.00	1.06
1.08	0.77
1.15	0.53
1.22	0.35
1.29	0.27
1.36	0.18
1.43	0.12

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 20 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 20	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.33
0.06	2.45
0.09	5.22
0.11	9.14
0.14	14.04
0.17	19.58
0.20	25.13
0.22	27.09
0.23	29.05
0.26	31.66
0.29	32.64
0.32	31.99
0.34	30.03
0.36	28.72
0.37	27.42
0.40	24.48
0.43	21.54
0.50	14.69
0.52	13.71
0.57	10.45
0.63	7.83
0.65	7.18
0.69	5.88
0.72	4.90
0.75	4.24
0.79	3.43
0.80	3.20
0.86	2.45
0.93	1.73
1.00	1.18
1.08	0.85
1.15	0.59
1.22	0.39
1.29	0.29
1.36	0.20
1.43	0.13

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 50 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 50	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.40
0.06	3.00
0.09	6.40
0.11	11.19
0.14	17.19
0.17	23.99
0.20	30.78
0.22	33.18
0.23	35.58
0.26	38.78
0.29	39.98
0.32	39.18
0.34	36.78
0.36	35.18
0.37	33.58
0.40	29.98
0.43	26.39
0.50	17.99
0.52	16.79
0.57	12.79
0.63	9.59
0.65	8.80

0.69	7.20
0.72	6.00
0.75	5.20
0.79	4.20
0.80	3.92
0.86	3.00
0.93	2.12
1.00	1.44
1.08	1.04
1.15	0.72
1.22	0.48
1.29	0.36
1.36	0.24
1.43	0.16

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 100 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 100	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.40
0.06	3.02
0.09	6.44
0.11	11.28
0.14	17.32
0.17	24.17
0.20	31.01
0.22	33.43
0.23	35.85
0.26	39.07
0.29	40.28
0.32	39.47
0.34	37.06
0.36	35.44
0.37	33.83
0.40	30.21
0.43	26.58
0.50	18.13
0.52	16.92
0.57	12.89
0.63	9.67
0.65	8.86
0.69	7.25
0.72	6.04
0.75	5.24
0.79	4.23
0.80	3.95
0.86	3.02
0.93	2.13
1.00	1.45
1.08	1.05
1.15	0.73
1.22	0.48
1.29	0.36
1.36	0.24
1.43	0.16

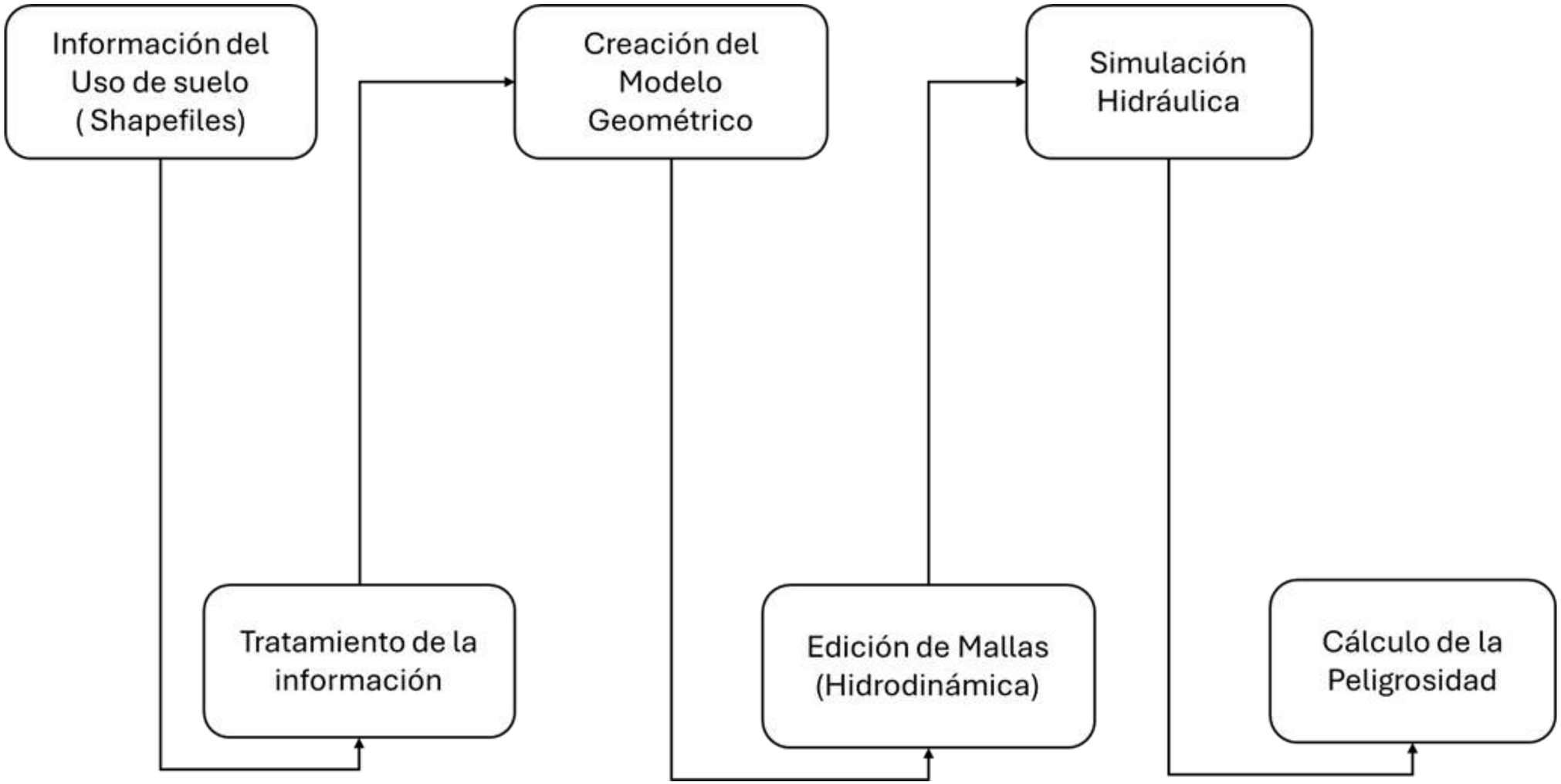
Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 200 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 200	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.55
0.06	4.15
0.09	8.85
0.11	15.49
0.14	23.79
0.17	33.19
0.20	42.60
0.22	45.92
0.23	49.24
0.26	53.66
0.29	55.32
0.32	54.22
0.34	50.90
0.36	48.68
0.37	46.47
0.40	41.49
0.43	36.51
0.50	24.90
0.52	23.24
0.57	17.70
0.63	13.28
0.65	12.17
0.69	9.96
0.72	8.30
0.75	7.19
0.79	5.81
0.80	5.42
0.86	4.15
0.93	2.93
1.00	1.99
1.08	1.44
1.15	1.00
1.22	0.66
1.29	0.50
1.36	0.33
1.43	0.22

Valores del hidrograma con un periodo de retorno para 500 años para cauce oeste de Tolcayuca.

Tr= 500	
t/tp (hrs)	***q/qp (m^3/s)***
0.00	0.00
0.03	0.49
0.06	3.69
0.09	7.88
0.11	13.79
0.14	21.18
0.17	29.56
0.20	37.93
0.22	40.89
0.23	43.84
0.26	47.78
0.29	49.26
0.32	48.28
0.34	45.32
0.36	43.35
0.37	41.38
0.40	36.95
0.43	32.51
0.50	22.17
0.52	20.69
0.57	15.76
0.63	11.82
0.65	10.84
0.69	8.87
0.72	7.39
0.75	6.40
0.79	5.17
0.80	4.83
0.86	3.69
0.93	2.61
1.00	1.77
1.08	1.28
1.15	0.89
1.22	0.59
1.29	0.44
1.36	0.30
1.43	0.20

Parte II: Hidráulica y simulación fluviales el Software IBER



Geometría:

Archivo > Importar > Shapefile

Los archivos Shapefile son importados y cargados en el software Iber, creando polígonos y, por ende, una superficie NURBS.

Es importante tener bien estructurados y cerrados los polígonos, ya que de lo contrario no se realizarán la geometría correspondiente del modelo.

Condiciones de Contorno:

Datos > Hidrodinámica > Condiciones De Contorno

Dichas condiciones representan las características físicas del comportamiento del fluido. Estas condiciones de contorno son datos obtenidos al inicio del proyecto, como el valor arrojado por los hidrogramas. Para la condición inicial de entrada que es donde el flujo iniciará, se debe seleccionar el régimen de flujo.

Después de ello, se ingresa los valores de nuestro hidrograma interpolado, y por último se indica el vértice de nuestro polígono donde se indica que será la salida. Corte a ello se debe indicar los valores y el lugar donde el fluido saldrá del modelo, esto se realiza mediante la ventana 2D Outlet.

Indicando que la condición del fluido pasa a ser de régimen critico/supercrítico; esto se opta por que no se cuenta con más información de salida y si se indica el régimen critico porque llas condiciones hidráulicas del modelo dependerán de lo que suceda en aguas arriba dentro de nuestro modelo.

Condiciones Iniciales:

Datos > Hidrodinámica > Condiciones Iniciales

Específicamente aquí se indica la altura del agua con la que cuenta el modelo al iniciar la simulación. Es nuestro caso el calado que se decidió es de 0 metros con la finalidad de indicar que nuestro rio esta temporalmente seco.

Rugosidad

Datos > Rugosidad > Uso de suelo

En hidráulica, el concepto de rugosidad se refiere a las irregularidades presentes en las paredes de los canales y tuberías que transportan fluidos.

Estas irregularidades afectan la velocidad del flujo debido a las fuerzas que ejercen sobre el fluido y se cuantifica mediante coeficientes empíricos como el coeficiente de rugosidad de Manning (Yepez Osio. M. 2024)

Malla

Malla > No estructurada > Tamaño por Superficie

La malla son polígonos no curvos que el software diseña para discretizar la geometría y poder resolver las ecuaciones hidráulicas y poder correr el modelo de ahí la necesidad de la geometría para el diseño del mallado.

Nuestra malla al ser elementos planos no cuenta con una elevación topográfica. Es por ello que el archivo ASCII generado con anterioridad es ingresado al modelo para que

este cuente con una elevación dando así resultados más cercanos a la realidad.

Datos del Problema

Datos > Datos del Problema

Antes de lanzar el cálculo se requiere indicar los parámetros del tiempo el cual regirán al modelo. La cantidad de tiempo el cual se regirá el modelo es el tiempo que se establece gracias al hidrograma.

Fenómenos socio-organizativos

Memoria de cálculo de grado de vulnerabilidad social

Obtención de datos socioeconómicos

La información de cada indicador evaluado se obtuvo a partir de datos estadísticos actualizados entre 2020 y 2023, proporcionados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía a nivel municipal. Estos datos incluyen áreas como educación, salud, vivienda, población, empleo e ingresos, y se utilizaron para realizar ponderaciones específicas según el indicador socioeconómico.

Cada rubro (salud, educación, vivienda, empleo e ingresos y población) recibe una calificación final, que se sumará y promediará para representar el 50% del grado de vulnerabilidad social.

Los valores obtenidos, pueden observan serse a continuación:

Rango de evaluación de factores de educación, CENAPRED.

EDUCACIÓN	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Analfabetismo	1.07 a 15.85	Muy baja	0
	15.86 a 30.63	Baja	0.25
	30.64 a 45.41	Media	0.5
	45.42 a 60.19	Alta	0.75
	60.20 o más	Muy alta	1
Población de 6 a 14 años que asiste a la escuela	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	42.72 a 54.17	Muy alta	1
	54.18 a 65.62	Alta	0.75
	65.63 a 77.07	Media	0.5
	77.08 a 88.52	Baja	0.25
	88.53 o más	Muy baja	0
Grado promedio de escolaridad	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	1 a 3.2	Muy alta	1
	3.3 a 5.4	Alta	0.75
	5.5 a 7.6	Media	0.5
	7.7 a 9.8	Baja	0.25
	9.9 o más	Muy baja	0

Tabla 2. Resultados obtenidos para el indicador educación.

Fuente: INEGI, 2020-2023.

Educación				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Analfabetismo	%A= porcentaje de analfabetismo	3.49%	Muy baja	0
	P15aA_=Población de 15 años y más analfabeta	554		
	PT15a= Población total de 15 años y más	15,833		
	A%= (P15aA/PT15a)100			
Población de 6 a 14 años que asiste a la escuela	DEB = Demanda de educación básica	84.93%	Baja	0.25
	PT6_14aAE = Población total de 6 a 14 años que asiste a la escuela	3,333		
	PT6_14a = Población total de 6 a 14 años	3,924		
	DEB=(PT6_14aAE/PT6_14A)100			
Grado promedio de escolaridad	GPE = Grado promedio de escolaridad (2023-2024)	9.47%	Baja	0.25
	SAAP15a = Suma de años aprobados desde primero de primaria hasta el último año alcanzado de la población de 15 años y más	-		
	PT15a = Población total de 15 años y más	15,833		
	GPE=(SAAP15a/PT15a)100			

Rango de evaluación de factores de salud, CENAPRED.

SALUD	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Médicos por cada 1,000 habitantes	0.20 - 0.39	Muy alta	1
	0.40 - 0.59	Alta	0.75
	0.60 - 0.79	Media	0.5
	0.8 - 0.99	Baja	0.25
	1	Muy baja	0
Tasa de mortalidad infantil (TMI)	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	17.2 - 27.1	Muy baja	0
	27.2 - 37.0	Baja	0.25
	37.1 - 47.0	Media	0.5
	47.1 - 56.9	Alta	0.75
	57.0 ó más	Muy alta	1
Población no derechohabiente	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	17.63 a 34.10	Muy baja	0
	34.11 a 50.57	Baja	0.25
	50.58 a 67.04	Media	0.5
	67.05 a 83.51	Alta	0.75
	83.52 ó más	Muy alta	1

Resultados obtenidos para el indicador salud.

Salud				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Médicos por cada 1,000 habitantes	NoM = Número de médicos en el municipio	42	Muy alta	1
	PT = Población total	21,362		
	PM=(NoM/PT)100	**0.19%**		
Tasa de mortalidad infantil (TMI)	DM1a = Defunciones de menores de 1 año (2020-2023)	10	Muy baja	0
	Nat = Natalidad (2020-2023)	754		
	TMI=(DM1a/Nat)100	**1.32%**		
Población no derechohabiente	PND = Población no derechohabiente	7,144	Muy baja	0
	PT = Población total	21,362		
	%PND=(PND/PT)100	**33.44%**		

Rango de evaluación de factores de vivienda, CENAPRED.

VIVIENDA	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Viviendas sin servicio de agua entubada	0 a 19.96	Muy baja	0
	19.97 a 39.92	Baja	0.25
	39.93 a 59.88	Media	0.5
	59.89 a 79.84	Alta	0.75
	79.85 ó más	Muy alta	1
Viviendas sin servicio de drenaje	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	1.21 a 20.96	Muy baja	0
	20.97 a 40.71	Baja	0.25
	40.72 a 60.46	Media	0.5
	60.47 a 80.21	Alta	0.75
	80.22 ó más	Muy alta	1
Viviendas sin servicio de electricidad	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	0 a 19.76	Muy baja	0
	19.77 a 39.52	Baja	0.25
	39.53 a 59.28	Media	0.5
	59.29 a 79.04	Alta	0.75
	79.05 ó más	Muy alta	1

VIVIENDA	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	0 a 3.84	Muy baja	0
	3.85 a 7.68	Baja	0.25
	7.69 a 11.52	Media	0.5
	11.53 a 15.36	Alta	0.75
	15.37 ó más	Muy alta	1
	Rangos (%)	**Vulnerabilidad**	**Valor**
Viviendas con piso de tierra	1.52 a 20.82	Muy baja	0
	20.83 a 40.12	Baja	0.25
	40.13 a 59.42	Media	0.5
	59.43 a 78.72	Alta	0.75
	78.73 ó más	Muy alta	1
	Rangos (%)	**Vulnerabilidad**	**Valor**
Déficit de vivienda	1.63 a 13.72	Muy baja	0
	13.73 a 25.81	Baja	0.25
	25.82 a 37.90	Media	0.5
	37.91 a 49.99	Alta	0.75
	50.00 ó más	Muy alta	1

Resultados obtenidos para el indicador vivienda.

Vivienda				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Viviendas sin servicio de agua entubada	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003	Muy baja	0
	TVDAE = Total de viviendas particulares habitadas que disponen de agua entubada	5,979		
	TVNDAE =TVPH-TVDAE	24		
	%VNDAE = Porcentaje de viviendas que no disponen de agua entubada	0,4%		
	TVNDAE = Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de agua entubada	24		
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	5,979		
	%VNDAE = (TVNDAE/TVPH)100	0,4%		
Viviendas sin servicio de drenaje	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003	Media	0.5
	TVDD = Total de viviendas particulares habitadas que disponen drenaje	5,969		
	TVND=TVPH-TVDD	34		
	%VNDD = Porcentaje de viviendas que no disponen de drenaje	0.56%		
	TVNDD = Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	34		
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	%VNDD = (TVNDD/TVPH)100	0.56%		

Resultados obtenidos para el indicador vivienda.

Vivienda				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Viviendas sin servicio de electricidad	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003	Baja	0.25
	TVDE = Total de viviendas particulares habitadas que disponen energía eléctrica	5,983		
	TVND=TVPH-TVDE	20		
	%VNDE = Porcentaje de viviendas que no disponen de energía eléctrica	0.33%		
	TVNDE = Total de viviendas particulares habitadas que no disponen de energía eléctrica	20		
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	%VNDE = (TVND/TVPH)100	0.33%		
Viviendas con paredes de material de desecho y láminas de cartón	%VPMD = Porcentaje de viviendas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	0.30%	Muy baja	0
	TVPMD = Total de viviendas particulares habitadas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	18		
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	%VPMD=(TVPMD/TVPH)100	0.3%		

Resultados obtenidos para el indicador vivienda.

Vivienda				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Viviendas con piso de tierra	TVPT = Total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	54	Muy baja	0
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	TVPMDT = Total de viviendas particulares habitadas con piso de material diferente de tierra	5,949		
	TVPT=TVPH-TVPMDT	54		
	%VPT = Porcentaje de viviendas con piso de tierra	0.89%		
	TVPT = Total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	54		
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	%VPT = (TVPT/TVPH)100	0.89%		
Déficit de vivienda	TH = Total de hogares	6,003	Muy baja	0
	TVPH = Total de viviendas particulares habitadas	6,003		
	TVPMD = Total de viviendas particulares habitadas con paredes de material de desecho y lámina de cartón	18		
	TVPT = Total de viviendas particulares habitadas con piso de tierra	54		
	DV= ((TH-TVPH+ TVPMD+TVPT) / TVPH)100	1.19%		

Rango de evaluación de factores de empleo e ingresos, CENAPRED.

EMPLEO E INGRESOS	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Población económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	18.41 a 34.50	Muy baja	0
	34.51 a 50.59	Baja	0.25
	50.60 a 66.68	Media	0.5
	66.69 a 82.77	Alta	0.75
	82.78 ó más	Muy alta	1
Razón de dependencia	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	37.72 a 57.69	Muy baja	0
	57.70 a 77.66	Baja	0.25
	77.67 a 97.63	Media	0.5
	97.64 a 117.60	Alta	0.75
	117.60 ó más	Muy alta	1
Tasa de desempleo abierto	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	0 a 3.09	Muy baja	0
	3.10 a 6.18	Baja	0.25
	6.19 a 9.27	Media	0.5
	9.28 a 12.36	Alta	0.75
	12.37 ó más	Muy alta	1

Resultados obtenidos para el indicador empleo e ingresos.

Empleo e ingresos				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Población económicamente activa (PEA) que recibe ingresos de menos de 2 salarios mínimos	PH2SM = Población que percibe hasta 2 salarios mínimos	2,009	Muy baja	0
	PEA = Población económicamente activa	10,196		
	%PEA=(PH2SM/PEA)100	19.70%		
Razón de dependencia	P0_14a = Población de 0 a 14 años	5529	Muy baja	0
	P65a = Población de 65 años y más	1,504		
	P15_64a = Población de 15 a 64 años	714,327		
	RD= ((P0 _14A+P65a) /P15_64a)100	49.08%		
Tasa de desempleo abierto	NoPD = Número de personas desocupadas	197	Muy baja	0
	PEA = Población económicamente activa	10,196		
	TDA=(NoPD/PEA)100	1.93%		

Rango de evaluación de factores de población, CENAPRED.

POBLACIÓN	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Densidad de población	1 a 99 Habitantes por km2	Muy baja	0
	100 a 499 Habitantes por km2	Baja	0.25
	500 a 999 Habitantes por km2	Media	0.5
	1,000 a 4,999 Habitantes por km2	Alta	0.75
	Más de 5,000 habitantes por km2	Muy alta	1
Población de habla indígena	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	Más del 40% de la población	Predominantemente indígena	1
	Menos del 40% de la población	Predominantemente no indígena	0
Dispersión poblacional	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	0 a 9.9	Muy baja	0
	10 a 19.9	Baja	0.25
	20 a 29.9	Media	0.5
	30 a 39.9	Alta	0.75
	40 ó más	Muy alta	1

Resultados obtenidos para el indicador empleo e ingresos.

Población				
Indicador	Datos		Grado de vulnerabilidad	Valor asignado
Densidad de población	PT = Población total	21,362	Baja	0.25
	ST = Superficie territorial	128.80 km2		
	DP=PT/ST	165.85 habitantes por km2		
Población indígena	P5HLI= Población de 5 años y más que habla una lengua indígena (2020)	196	Predominantemente no indígena	0
	P5 = Población de 5 años y más	19,757		
	%PI=(P5HLI/P5)100	0.99%		
Dispersión poblacional	TPM2500hb = Total de la población que habita en localidades menores a 2,500 habitantes	4,662	Media	0.5
	PT = Población total	21,362		
	DiPo=(TPM2500hb/PT)100	21.82%		

Obtención de datos sobre la capacidad de respuesta

La capacidad de respuesta se obtuvo primeramente de la aplicación de un cuestionario al director de la unidad de protección, tal cuestionario fue elaborado previamente por el Centro Nacional de Prevención de Desastres,

Este cuestionario fue diseñado con el fin de conocer la capacidad de prevención y respuesta de la dependencia encargada, el diseño puede observarse en la ilustración *Cuestionario de capacidad de respuesta*. Es importante mencionar que a las respuestas afirmativas se les asignó el valor de 0 y a las negativas 1, ya que entre menor sea la capacidad de respuesta del órgano de atención mayor será la vulnerabilidad de la población y viceversa (CENAPRED, 2021).

CUESTIONARIO DE CAPACIDAD DE RESPUESTA			
No.	Pregunta	SI	NO
1	El municipio cuenta con una unidad de protección civil o algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?		
2	¿Cuenta con un plan de emergencia?		
3	¿Cuenta con un consejo municipal el cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?		
4	¿Existe una normatividad que regule las funciones de la unidad de Protección Civil (p.ejem. manual de organización?		
5	¿Conoce los programas federales de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?		
6	¿Cuenta con un mecanismo de alerta temprana?		
7	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuales se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia?		
8	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?		
9	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?		
10	¿Tienes establecido los sitios que pueden fungir como helipuertos?		
11	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?		
12	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?		
13	Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DICONSA, LICONSA, etc) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?		
14	¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan de Familiar de Protección Civil?		
15	¿Cuenta con un número de personal activo?		
16	¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?		
17	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?		
18	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.)?		
19	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?		
20	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?		
21	¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?		
22	¿Cuenta con algún sistema de Geo Posicionamiento Global (GPS) para georreferenciar puntos críticos en su localidad?		
23	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo?		
24	¿Qué actividades realizan normalmente?		
	TOTAL		

Obtención de datos sobre la percepción local

Seguido a esto en campo se realizaron un total de 8 encuestas a la población (Ver ilustración *Cuestionario de percepción local*) los resultados permiten un entendimiento sobre la percepción de la población ante los riesgos en el municipio.

A cada respuesta se le asigna un valor entre 0, 0.5 y 1, según la respuesta, una vez finalizado se obtiene el valor total de las respuestas con el fin de definir una calificación para cada encuesta. Seguido a esto se obtiene un puntaje medio, mediante la suma del resultado de cada encuesta, y el resultado dividido por el total de encuestas realizadas. Seguido a esto, se asigna un valor y un nivel de vulnerabilidad para este indicador.

MUNICIPIO: _____ **ESCOLARIDAD:** _____

NO.	Pregunta	Valores			Total
		A	B	C	
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	
		1	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Oso se encuentra en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	No	No sé	
		0	1	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas o infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	
		0.25	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	si	No	No sé	
		0	1	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayude a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	
		1	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		
		0	1		
15.	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		
		0	1		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	
		0	1	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Se en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	
		0	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	
		0	1	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	
		0	1	0.5	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		
		0	1		

Resultados

Los tres rubros mencionados anteriormente tienen diferente participación para la determinación del GVS:

- Indicadores socioeconómicos (R1), tienen un peso de 50 %, esto debido a que las condiciones de vida determinan en gran medida el grado de vulnerabilidad.
- A la capacidad de respuesta y prevención (R2) se le atribuye un 25 %.
- La percepción local del riesgo (R3) tiene un valor del 25 %.
- Para el cálculo del valor del GVS se emplea la fórmula siguiente:
- GVS = (R1×.50) + (R2×.25) + (R3×.25)
- En donde:
- Grado de Vulnerabilidad Social (GVS) asociada a desastres
- R1: Resultado de los indicadores socioeconómicos
- R2: Resultado del cuestionario de capacidad de prevención y respuesta
- R3: Resultado de percepción local del riesgo

Rango de evaluación de cuestionarios, CENAPRED.

	Rangos (%)	Vulnerabilidad	Valor
Capacidad de respuesta	0 a 4	Muy alta	0
	4.1 a 8.0	Alta	0.25
	8.1 a 12.0	Media	0.5
	12.1 a 16.0	Baja	0.75
	16.1 ó más	Muy baja	1
Percepción local	**Rangos (%)**	**Vulnerabilidad**	**Valor**
	0 a 5.0	Muy alta	0
	5.1 a 10.0	Alta	0.25
	10.1 a 15.0	Media	0.5
	15.1 a 20.0	Baja	0.75
	20 o más	Muy baja	1

En las siguientes tablas se puede apreciar el resultado final de las operaciones aritméticas de cada factor condicionante para la determinación del grado de vulnerabilidad, mientras que los resultados obtenidos de las encuestas pueden apreciarse en el apartado Anexos, Aplicación de encuestas.

Resultados finales aritméticos.

Rubro	Indicador	Promedio
Salud	3	1
Educación	3	0.5
Vivienda	6	0.75
Empleo e ingresos	3	0
Población	3	0.75
Total		3
Indicador socioeconómico total (Total/5 rubros)		**0.6**
Resultado de cuestionario	Capacidad de prevención y respuesta	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
6	Alta	**0.25**
Promedio de las encuestas	Percepción local	Valor asignado según condición de vulnerabilidad
14.05	Media	**0.5**

Una vez obtenidos los resultados socioeconómicos, capacidad de respuesta y percepción local, se realizó la comparación con los rangos proporcionados por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), lo cual resultó con un grado de vulnerabilidad social Media para el municipio de Tolcayuca.

Rango de vulnerabilidad social, CENAPRED.

Rango de vulnerabilidad social	
Valor final	Grado de Vulnerabilidad Social Asociada a Desastres
0 a .20	Muy baja
.21 a .40	Baja
.41 a .60	Media
.61 a .80	Alta
.80 o más	Muy alta

Resultados finales de factores evaluados. en Tolcayuca.

Concepto	Puntaje	Porcentaje (%)	Puntaje final
R1= Indicadores socioeconómicos	0.600	0.5	0.3
R2=Capacidad de respuesta	0.250	0.25	0.0625
R3= Percepción local	0.500	0.25	0.125
GVS= (R1×.50) + (R2×.25) + (R3×.25)		**0.4875**	
Resultado final en el municipio de TOLCAYUCA			
Valor final	**0.4875**	Grado de vulnerabilidad	**Media**

GLOSARIO

Adversas: Opuesto materialmente a algo, o colocarlo en frente de ello. Opuesto materialmente a algo, o colocado enf rente de ello.

Altitud: la altitud es la medida de la elevación de un punto respecto al nivel del mar.

Andesita: roca volcánica de composición intermedia que se encuentra en los márgenes continentales activos.

Afluente: Río o arroyo que desemboca en otro río o cuerpo de agua mayor.

Basalto: Roca volcánica de color oscuro, grano fino y composición máfica (rica en hierro y silicatos de magnesio).

Cámara magmática: es una reserva subterránea de magma ubicada debajo de un volcán, donde se acumula antes de ser expulsado durante una erupción.

Ceniza: pequeñas partículas finas de roca y minerales expulsadas durante una erupción.

Chimenea volcánica: Conducto vertical a través del cual han pasado los materiales magmáticos.

Cinturón Mexicano de Pliegues y Fallas: está expuesto casi de manera continua en el oriente de México, alcanzando una longitud cercana a los 2000 km. Forma parte de la Sierra Madre Oriental.

Coladas de lava: Es una masa de lava que se ha desplazado y acumulado en una superficie, enfriándose y solidificándose al formar una capa de roca volcánica.

Contaminación atmosférica: - La contaminación del aire es cualquier alteración de su composición natural por la presencia en la atmósfera de compuestos que tienen efectos adversos sobre el ser humano y sus bienes materiales, así como también sobre los animales y las plantas.

Cordillera: cadena de montañas formada por procesos tectónicos.

Cráter volcánico: depresión en la cima de un volcán, formada por la explosión o el colapso de su estructura durante o después de una erupción.

Cuaternario: Última subdivisión de la escala de tiempo geológico, que abarca desde hace aproximadamente 2,58 millones de años hasta la actualidad.

Deflagración explosiva: Es una reacción de combustión que se propaga a una velocidad máxima para producir una explosión.

Depósitos aluviales: Suelos formados por sedimentos que son transportados y depositados por ríos, arroyos o torrentes.

Depresión geográfica: son áreas de la superficie terrestre caracterizadas por tener una menor altura que las regiones que la rodean.

Diámetro basal: diámetro más ancho de la base de una estructura volcánica

Ebullición: Es un proceso físico de cambio de fase en el que un líquido se convierte en gas.

Eje neo volcánico transversal: Cadena de volcanes que sirve como unión entre la Sierra Madre Oriental y Sierra Madre Occidental.

Epicentro: El punto en la superficie terrestre directamente encima del foco de un terremoto, 622 donde se registra la máxima intensidad del temblor.

Epidemiológicos: - La epidemiología permite conocer el comportamiento de las enfermedades y plagas de importancia económica y sanitaria

Erosión glaciar: desgaste del relieve causado por el movimiento de los glaciares, que arrastran rocas y sedimentos.

Erosión: Proceso natural que consiste en el desgaste de la superficie de la Tierra, causado por la acción de fuerzas físicas o químicas.

Erupción efusiva: Erupción volcánica caracterizada por qué la lava mana hacia el suelo.

Escala de Mercalli: La escala de Intensidad de Mercalli Modificada (MMI), mide la intensidad del movimiento del suelo desde la perspectiva de las personas y la respuesta de la estructura en una escala que va de 1 (no sentido) a 10 (daños muy fuertes) o en algunos casos 12 (destrucción total). (Universidad Autónoma de Nuevo León)

Escarpe: resalte creado por el movimiento a lo largo de una falla, que separa áreas de terreno a diferente altura.

Experimentales: - procedimiento llevado a cabo para apoyar, refutar, o validar una hipótesis

Falla gravitacional: fractura en la corteza terrestre causada por el deslizamiento de bloques de roca debido a la gravedad, generalmente en áreas de pendiente pronunciada.

Flujos de lava: Es el movimiento activo de lava derretida que se desplaza a lo largo de la superficie terrestre durante una erupción volcánica, moviéndose por la pendiente de las laderas del volcán.

Flujos piroclásticos: son mezclas de gases calientes, cenizas, rocas y fragmentos de lava que se desplazan a alta velocidad a lo largo de las laderas de un volcán durante una erupción explosiva.

Frecuencia: - es el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier proceso periódico. El período es la duración de tiempo de cada evento repetitivo, por lo que el período es el recíproco de la frecuencia

Fumarola volcánica: abertura de la cual escapan gases y vapores.

Geotérmica: calor interno de la Tierra y su uso para generar energía, a través de fuentes naturales como géiseres y volcanes.

Graben: Fosa tectónica o depresión larga que se forma cuando dos fallas normales paralelas

con inclinación opuesta se encuentran en un ambiente tectónico expansivo.

Hidrocarburos: grupo de compuestos orgánicos que contienen principalmente carbono e hidrógeno.

Hipocentro: El hipocentro o foco es la zona en el interior de la Tierra donde inicia la ruptura de la falla, desde ahí se propagan las ondas sísmicas. (Red Sismológica Nacional)

Holoceno: época más reciente de la escala temporal geológica, que comenzó hace unos 11,700 años al final de la última glaciación del Pleistoceno y continúa hasta la actualidad.

Horst: Bloque de la corteza terrestre que se eleva o permanece estacionario, mientras que la tierra que lo rodea se hunde

Ignición: Es el proceso mediante el cual una sustancia comienza a arder o a quemarse debido a la exposición a una fuente de calor o una chispa

Inflamabilidad: capacidad de un material para encenderse y arder.

Infraestructura crítica: Sistemas y activos esenciales para el funcionamiento de una sociedad, como redes eléctricas, suministro de agua y transporte

Intensidad: - Grado de fuerza con que se manifiesta un agente natural, una magnitud física, una cualidad, una expresión

Ladera: parte inclinada de un monte o de otra altura del terreno.

Lahar: coladas de derrubios originadas en las pendientes de los volcanes que se producen cuando capas inestables de ceniza y derrubios se saturan en agua y fluyen pendiente abajo, siguiendo normalmente los cauces de los ríos.

Lava basáltica: lava fluida y de baja viscosidad, rica en hierro y magnesio, que se origina en erupciones volcánicas y forma rocas oscuras, como el basalto.

Lava riolítica: lava viscosa y de alta sílice, que se caracteriza por su color claro y su tendencia a formar coladas más gruesas y lentas durante las erupciones volcánicas.

Lava: magma que alcanza la superficie terrestre.

Lavas de composición máfica: compuesta principalmente de hierro y magnesio, y tiene un bajo contenido de sílice en comparación con otros tipos de lava.

Licuefacción: Transformación de un suelo estable en un fluido que suele ser incapaz de soportar edificios u otras estructuras.

Límite convergente: frontera tectónica donde dos placas se acercan y colisionan, generando terremotos, montañas o subducción.

Límite de placas: frontera donde dos placas tectónicas interactúan, lo que puede causar terremotos, volcanes y formación de montañas.

Límite divergente: frontera tectónica donde dos placas se alejan, lo que genera la formación de nueva corteza terrestre, como en las dorsales oceánicas.

Maar: cráter volcánico formado por una explosión causada por la interacción del magma con agua, creando una depresión circular rodeada de material expulsado.

Magma: Volumen de roca fundida situada en profundidad, que incluye gases disueltos y cristales.

Magnitud: Las magnitudes más usadas por el Servicio Sismológico Nacional son magnitud de coda (Mc) y magnitud de momento sísmico (Mw).

Mioceno: Época geológica que se desarrolló entre los 23 y los 5 millones de años atrás

Mitigación. – Es la acción de reducir o evitar los efectos de algo, ya sea un desastre o el cambio climático

Morrena glaciar: acumulación de sedimentos dejados por un glaciar.

Mw: Es una escala logarítmica utilizada para medir la cantidad de energía liberada por un sismo introducida en 1979.

Nivel freático: El nivel superior de la zona saturada de las aguas subterráneas.

Nube cumuliforme: Nube aislada con base horizontal y desarrollo vertical que adopta formas de montañas de algodón y puede estar asociada con la formación de tornados

Oleada piroclástica: una nube de gases, cenizas y fragmentos volcánicos que desciende rápidamente por el volcán.

Orografía: es la parte de la geografía física que se dedica a la descripción de montañas.

Piroclasto: Fragmentos de material volcánico que son expulsados durante una erupción volcánica explosiva.

Placa tectónica: son grandes fragmentos rígidos de la litosfera que se desplazan sobre la astenosfera debido a los procesos de convección en el manto.

Pleistoceno: época geológica, desde hace 2.6 millones de años hasta 11,700 años, marcada por glaciaciones y la evolución de especies, incluida la humana.

Punto caliente: Concentración de calor en el manto capaz de producir magma, el cual, a su vez, surge en la superficie terrestre.

Relieve: refiere a las variaciones en la superficie terrestre de una región.

Resiliencia: Capacidad de una comunidad para recuperarse y adaptarse después de un evento meteorológico severo, como un tornado.

Rift: zona lineal a lo largo de la cual la litosfera continental se estira y se separa. Su creación marca el inicio de una nueva cuenca oceánica.

Sismo: Son las vibraciones de la Tierra ocasionadas por la propagación en el interior o superficie de esta, de varios tipos de onda.

Terremoto y temblor son sinónimos de la palabra “sismo”.

Subducción: proceso geológico mediante el cual la litosfera oceánica se sumerge en el manto a lo largo de una zona convergente, lo que puede generar terremotos, volcanes y formación de montañas.

Subyacente: lo que está debajo o en una capa inferior de algo.

Tefra: material volcánico fragmentado, como cenizas, lapilli o fragmentos de roca, expulsado durante una erupción volcánica.

Toba: roca volcánica formada por la consolidación de ceniza y fragmentos finos expulsados durante una erupción.

Topografía: es la ciencia que determina las dimensiones y el contorno (características tridimensionales) de la superficie de la tierra a través de la medición de distancias, direcciones y elevaciones.

Trinchera: profunda depresión lineal en el fondo del océano, formada por la subducción de una placa tectónica debajo de otra.

Tsunami: Serie de olas de gran energía generadas por un desplazamiento rápido de agua, generalmente debido a terremotos submarinos.

Variaciones estacionales: cambios que ocurren en una serie temporal a lo largo de un año y que se repiten de manera regular.

Volcán: apertura en la corteza terrestre por donde emergen magma, gases y cenizas durante una erupción.

Zona de subducción: Área donde una placa tectónica se desliza por debajo de otra, generando actividad sísmica significativa.

BIBLIOGRAFÍA

Alaniz-Álvarez, S. A., Nieto-Samaniego, Á. F., & Ferrari, L. (2001). Evolución tectónica de la Faja Volcánica Transmexicana. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 18(3), 197-225.

Avendaño García, M. A. (2024). En México sí ocurren los tornados; se crea la primera base de datos. Gaceta UNAM. https://www.gaceta.unam.mx/en-mexico-si-ocurren-los-tornados-se-crea-la-primera-base-de-datos/

Bravo-Espinosa, M., Mendoza, M. E., Medina-Orozco, L., & Sáenz-Reyes, T. (2010). Características y control de cárcavas. Terra Latinoamericana, 28(3), 281-285.

Cámara, S., & González, F. (2021). Estudio geotécnico de zonas urbanas en áreas de alta vulnerabilidad a hundimientos.

Cavazos, A., González, A., & Hernández, E. (2008). Bosques de encino en el estado de Hidalgo: estructura y biodiversidad. Revista Mexicana de Ecología, 25(2), 145-156.

Castillo, M., Sánchez, V., & Rodríguez, A. (2015). Sucesión ecológica y restauración de bosques en el estado de Hidalgo. Journal of Environmental Management, 48(4), 213-220.

Cebull, S.E., Shurbet, D.H. (1987). Mexican Volcanic Belt: an intraplate transform?. Geofísica International, 26, 1-14.

CENAPRED. (2021). ¿Son comunes los tornados en México? https://www.gob.mx/cenapred/articulos/son-comunes-los-tornados-en-mexico

CENAPRED. (s.f.). Atlas Nacional de Riegos. Obtenido de Regiones Kársticas: http://www.atlasnacionalderiesgos.gob.mx/portal/Apps/karst.php

Cervantes, A. F. (2012). Geología Volcánica: Procesos y Estructuras. Editorial Universitaria.

CONABIO. (2023). Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Registros de tornados en México. https://www.conabio.gob.mx

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2023). Estudios Hidrológicos y Geológicos de la Región Centro de Hidalgo. Recuperado de https://www.conagua.gob.mx.

Corominas, J., et al. (2014). Landslide hazard and risk assessment. In Landslide Science and Practice (pp. 393-404). Springer, Berlin, Heidelberg.

Dai, F., Lee, C., & Wang, S. (2002). Slope stability analysis and hazard zonation: an overview. Engineering Geology, 64(1-2), 65-87.

De Energía, C. R. (s.f.). Transporte de gas licuado de petróleo por medio de ductos. gob.mx. https://www.gob.mx/cre/acciones-y-programas/transporte-de-gas-licuado-de-petroleo-por-medio-de-ductos

EOS DATA ANALYTICS. (2024, 31 de julio). https://eos.com/es/blog/erosion-hidrica/#:~:text=Erosi%C3%B3n%20Laminar%20Y%20Sus%20Caracter%C3%ADsticas,contienen%20nutrientes%20y%20materia%20org%C3%A1nica.

Espinasa Pereña, R. (2007). Gobierno de México. Obtenido de Gobierno de México: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/872018/Tema_1_Karsticidad.pdf

European Space Agency (ESA). (n.d.). NEO Risk List. Recuperado de https://neo.ssa.esa.int/risk-list

Ferrari, L. (2000). Avances en el conocimiento de la Faja Volcánica Transmexicana durante la última década. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, v. LIII, 84-92.

Ferrari, L., Conticelli, S., Vaggelli, G., Petrone, C. M., & Manetti, P. (2012). Geodynamic evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexican Subduction Zone. Tectonophysics, (522-523), 122-149.

Ferrari, L., Orozco-Esquivel, T., Manea, V., & Manea, M. (2012). The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone. Tectonophysics, 522-523, 122–149. https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.09.018

Fletcher, R. C., & Haug, G. H. (2004). Volcanic systems and plate tectonics: A geological perspective. Journal of Geophysical Research, 109(B12), B12204.

Fragoso-Servón, P., Bautista, F., Frausto, O., & Pereira, A. (2014). Caracterización de las depresiones kársticas (forma, tamaño y densidad) a escala 1:50,000 y sus tipos de inundación en el Estado de Quintana Roo, México". Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 31(1), 127-137.

García, L. A., González, M. E., & Martínez, L. D. (2015). Condiciones climáticas y su impacto en los ecosistemas agrícolas de la región central de México. Revista Mexicana de Climatología, 15(3), 234-248.

Gómez-Gutiérrez, Á., Schnabel, S., & Lavado-Contador, F. (2010). Procesos, consecuencias y factores por la explosión por cárcavas; trabajos desarrollados en la Península Ibérica. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 55, 59-80.

González, C., Ríos, S., & Martínez, L. (2007). Vegetación secundaria y regeneración en áreas de pastoreo en México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 24(1), 37-44.

González, M., Rodríguez, P., & Silva, E. (2019). Impacto del hundimiento del suelo en la infraestructura urbana en Hidalgo. Revista de Geología Aplicada, 35(2), 201-213.

Guadarrama, V., Pedraza, E., & Valerio, M. (2022). Importancia y uso del conocimiento tradicional: la medicina tradicional de la Sierra Oriental de Hidalgo. Boletín científico INVESTIGIUM de la escuela superior de Tizayuca, 8, 43-50.

Hapgood, M. (2011). Towards a scientific understanding of the risk from extreme space weather. Advances in Space Research.

Houghton, B. F., Hackett, W. R., & Ritchie, R. (2014). Volcanic environments and hazards. Cambridge University Press.

INAFED. (2019). Catálogo de vegetación de Hidalgo. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal

IngeOexpert. (23 de septiembre de 2019). Obtenido de IngeOexpert: https://ingeoexpert.com/2019/09/23/que-es-el-relieve-karstico-como-se-forma/?srsltid=AfmBOopa-8fBtI2P-ibj5ml_q8hy1hAftrfm8FAvS_IK7BDXBphRyljQ

INEGI. (2016). Conjunto de datos vectoriales de la carta geológica escala 1:250 000. Aguascalientes: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI. (2010). Obtenido de Compendio de información geográfica municipal 2010. Tolcayuca: https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/13/13075.pdf

Instituto de Ingeniería, UNAM. (2006). Evaluación de la Licuefacción de Suelos en México. Universidad Nacional Autónoma de México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2021). Datos de marginación por municipio: Hidalgo. https://www.inegi.org.mx/app/cuadroentidad/Hgo/2021/03/3_28

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Jaimes, T.M., Niño, L.M., Reinoso, A.E y Carlos, V.V., (2008), "Peligro por deslizamientos en el país ante sismo y lluvia intensa integrado en un sistema de información geográfica", Geos, Vol. 28, No. 2, p. 261.

Jiménez, A. J., & Ramírez, F. E. (2018). Impacto de la sobreexplotación de acuíferos en la vulnerabilidad a hundimientos en el Valle de Mezquital, Hidalgo. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, 70(4), 702-714.

Kappes, M. S., et al. (2012). "Assessing the exposure and vulnerability of urban populations to natural hazards." Natural Hazards and Earth System Sciences, 12(5), 1299-1311.

Keller, R. A., & McNutt, M. K. (2006). Volcanic Calderas: Formation, Hazards, and Environmental Impacts. Geological Society of America.

Kueny, J. A., & Day, M. J. (2002). Designation of protected karstlands in Central America: a regional assessment. Journal of Cave and Karst Studies, 64, 165-174.

Lunar and Planetary Institute (LPI). (n.d.). Meteoritical Bulletin Database. Recuperado de https://www.lpi.usra.edu/meteor/

Madrigal, M. C., Botero, E., Ovando, E., Ossa, A., & Osorio, L. (2024). INSTITUTO DE INGENIERÍA UNAM. Obtenido de Aplicación de la metodología del estado de Kentucky para evaluar el peligro Kárstico de México : https://www.iingen.unam.mx/es-mx/AlmacenDigital/Gaceta/Gaceta_Mayo_junio_2022/Paginas/metodologia-kentucky-peligro-karstico-mexico.aspx

Macías Medrano, J. M., & Avendaño García, A. (2014). Climatología de tornados en México. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM, 83, 74-87. https://doi.org/10.14350/rig.35726

Martínez, J., Ramírez, D., & López, H. (2015). Estudios de la dinámica hidrogeológica y los riesgos asociados al hundimiento en Hidalgo. Geofísica Mexicana, 56(1), 65-79.

Méndez, M., Alvarez, V., & Granados, K. (2017, 23 de septiembre). Ecoturismo. https://ecoturismo-uaeh.blogspot.com/2017/10/regiones-geoculturales-de-hidalgo.html

Moreno, H., & Gutiérrez, J. (2017). Volcanismo y geodinámica: La formación de alineaciones volcánicas. Revista de Geología, 44(3), 134-150.

Moreno, J. L., & Gutiérrez, M. T. (2017). Alineación de aparatos volcánicos y su relación con la tectónica de placas: Implicaciones geológicas. Revista de Geología y Vulcanología, 43(2), 85-99.

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). (2023). Tsunami basics. Recuperado de https://www.noaa.gov

Neal, C. A., & Self, S. (2015). Volcanoes and the Environment. Cambridge University Press.

News, M. B. (2019, 17 de octubre). Informador.mx. https://www.informador.mx/mexico/Que-es-la-Faja-Volcanica-Transmexicana-que-cruza-la-region-mas-poblada-de-Mexico-y-por-que-representa-un-mayor-peligro-de-lo-que-se-pensaba-20191017-0108.html

PÉREZ, I. M. (11 de marzo de 2010). RIESGO E INTEGRIDAD DE DUCTOS DE TRANSPORTE DE HIDROCARBUROS. file:///C:/Users/monts/Downloads/20160725131944_16436.pdf

Portillo, A. L. (2022, 11 noviembre). Infraestructura de almacenamiento y transporte de petrolíferos. Una medida de seguridad energética. CIEP. https://ciep.mx/infraestructura-de-almacenamiento-y-transporte-de-petroliferos-una-medida-de-seguridad-energetica/

PueblosAmerica.com. (2024, 29 de mayo). https://mexico.pueblosamerica.com/i/tolcayuca/

Pulkkinen, A. et al. (2017). Geomagnetic storms: Impacts on electric grids. Space Weather Journal.

Redacción. (2019b, agosto 24). Establece CRE nuevos criterios para el transporte de gas LP. Revista Alianza Flotillera. https://alianzaflotillera.com/cre-nuevos-criterios-transporte-gas-lp/

Reyna, A. (2024, 11 de octubre). Infobae. https://www.infobae.com/mexico/2024/10/11/que-es-la-faja-volcanica-transmexicana-y-por-que-representa-un-peligro-para-miles-de-personas/

Rojas-Zenteno, C., Valiente-Banuet, A., & Zavala-Hurtado, J. A. (2017). Restauración ecológica de matorrales xerófilos en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, 88(2), 401-417.

Sánchez, L. R., González, P. L., & Vázquez, J. D. (2020). Estrategias de manejo de aguas subterráneas para la prevención de hundimientos en áreas urbanas. Geología y Sociedad, 15(1), 51-67.

Sánchez, F., & Martínez, E. (2019). Riesgo de Licuefacción en el Valle de Tizayuca, Hidalgo. Revista Mexicana de Ingeniería Geotécnica, 34(2), 203-217.

Secretaría de Economía. (2023). Tolcayuca: Perfil sociodemográfico. Datos México. https://www.economia.gob.mx/datamexico/es/profile/geo/tolcayuca

SEMARNAT. (2019). Políticas de manejo de aguas residuales en Hidalgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). (2014). Caracterización Estatal. https://es.scribd.com/document/701410901/Caracterizacion-Estatal

Serrano, J. A., & Pérez, R. (2012). Los volcanes de la Faja Volcánica Transmexicana: Características y monitoreo. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, 29(1), 40-57.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN). (s.f.). Datos climatológicos de precipitación para Hidalgo. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Recuperado de https://smn.conagua.gob.mx

Servicio de Clima Espacial México (SCiESMEX). (n.d.). Índice KMex: Índices geomagnéticos. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de https://www.sciesmex.unam.mx/productos-y-servicios/indices-geomagneticos/indice-kmex/

Sistema de Información Geográfica del Estado de Hidalgo. (2023). Información municipal: Tolcayuca. Gobierno del Estado de Hidalgo. http://sigeh.hidalgo.gob.mx/pags/info_mun/

Sheth, H.C., Torres-Alvarado, I.S., Verma, S. P. (2000). Beyond subduction and plume: A unified tectonic-petrogenetic model for the Mexican Volcanic Belt. International Geology Review, 42, 1116-1132.

Smith, R. L., & Bailey, R. A. (1968). Volcanic Domes: Formation and Dynamics. Geological Society of America Bulletin, 79(5), 693-710.

Smithsonian Institution. (s.f.). Volcanoes of Mexico. Smithsonian Global Volcanism Program. https://volcano.si.edu/volcanolist_countries.cfm?country=Mexico

Suter, M. (1991). The structural evolution of the Trans-Mexican Volcanic Belt: An overview. Geofísica Internacional, 30(4), 145-154.

Ten Brink, U. S., Lee, H. J., Geist, E. L., & Twichell, D. (2006). Assessment of tsunami hazard to the U.S. Atlantic margin. Marine Geology, 232(3-4), 151-168. https://doi.org/10.1016/j.margeo.2006.08.009

Tilling, R. I. (1989). Volcanic Hazards: A Sourcebook on the Effects of Eruptions. National Geographic Society.

Topographic-map.com. (s.f.). https://es-mx.topographic-map.com/map-8cc59m/Tolcayuca/

UNISDR. (2009). Terminology on Disaster Risk Reduction. United Nations International Strategy for Disaster Reduction.

Wilcock, P. R., & White, J. D. L. (2002). Volcanology: A Critical Introduction. Oxford University Press.

Wilcock, W. S. D., & White, R. S. (2004). Ash Cone Formation and Volcanic Processes. Geophysical Journal International, 157(3), 949-963.

Williams, H., & McBirney, A. R. (1979). Volcanoes. Freeman.

ANEXOS

Municipio Tolcayuca

Escolaridad

NO.	Pregunta	Valores A	Valores B	Valores C	Total 9.25
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	0
		1	0.5	X	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Que se encuentre en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	X	No sé	1
		0	1	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron:	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	.25
		X	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	X	No	No sé	0
		0	1	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayude a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	X	No sé	1
		0	1	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	1
		X	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		0
		X	1		
15	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		1
		0	X		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Sé en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0
		X	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	0
		X	1	0.5	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		0
		X	1		

MUNICIPIO: Tolcayuca ESCOLARIDAD: _____

NO.	Pregunta	Valores A	Valores B	Valores C	Total 16.75
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad? Incendios	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	1
		X	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Que se encuentre en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	.25
		X	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayude a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	1
		X	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		1
		0	X		
15.	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		1
		0	X		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Sé en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0
		X	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	.5
		0	1	X	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		0
		X	1		

MUNICIPIO: Tolcayuca - Santiago Tlajomulco ESCOLARIDAD: _____

NO.	Pregunta	Valores A	Valores B	Valores C	Total 75.75
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	1
		X	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Que se encuentra en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	.25
		0.25 X	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno? Nuevos 10-20 mm	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	1
		X	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	0
		0 X	1	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		1
		0	X		
15.	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia? WhatsApp.	Si	No		0
		X	1		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	0
		X	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Se en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0
		X	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que ocurrió?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	1
		0	X	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	.5
		0	1	X	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		0
		X	1		

MUNICIPIO: Tolcayuca - Los Angeles. ESCOLARIDAD: _____

NO.	Pregunta	Valores A	Valores B	Valores C	Total 74.25
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	1
		1	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Que se encuentra en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	0.25
		0.25	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	si	No	No sé	0
		0	1	1	
9	¿Conoce algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	1
		1	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		0
		0	1		
15.	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		1
		0	1		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Se en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0
		0	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que ocurrió?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	0
		0	1	0.5	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		0
		0	1		

MUNICIPIO: Tolcayuca - Fracc. Davivir. ESCOLARIDAD: _____

NO.	Pregunta	Valores A	Valores B	Valores C	Total 14.25
1	¿Dentro de los tipos de peligro que existen (ver el cuadro) cuántos tipos de fuentes de peligro identifica en su comunidad?	De 1 a 5	De 6 a 13	14 o mas	1
		1	0.5	0	
2	Respecto a los peligros mencionados en la pregunta no. 1 ¿recuerda o sabe si ha habido emergencias asociadas a estas amenazas en los últimos años?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
3	¿Considera que un fenómeno natural se puede convertir en desastre?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
4	¿Considera que su vivienda está localizada en un área susceptible de amenazas (¿Que se encuentre en una ladera, zona sísmica, zona de inundación, Etc.?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
5	Ha sufrido la pérdida de algún bien a causa de un desastre natural??	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
6	En caso de que recuerde algún desastre, los daños que se presentaron en su comunidad fueron	Ninguna fatalidad, daños leves a viviendas e infraestructura (bajo)	Personas fallecidas, algunas viviendas con daño total y daños a infraestructura (Medio)	Personas fallecidas, daño total en muchas viviendas y daños graves en infraestructura (alto)	0.25
		0.25	0.5	1	
7	¿Alguna vez a quedado aislado su comunidad a causa de la interrupción de vías de comunicación, por algunas horas debido a algún tipo de fenómeno?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
8	¿Cree que en su comunidad identifican los peligros?	si	No	No sé	0
		0	1	1	
9	¿Conoces algún programa, obra o institución que ayuda a disminuir efectos de fenómenos naturales (Construcción de bordos, presas, terrazas, sistema de drenaje, sistema de alertamientos, etc.)?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
10	¿En los centros educativos de su localidad o municipio se enseñan temas acerca de las consecuencias que trae consigo un fenómeno natural?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
11	¿Alguna vez en su comunidad se han llevado a cabo campañas de información acerca de los peligros existentes en ella?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
12	EN caso de haberse llevado campañas de información ¿Cómo se enteró?	No se enteró/no ha habido campañas	A través de medios impresos	A través de radio y televisión	1
		1	0.5	0	
13	¿Ha participado en algún simulacro en alguna ocasión?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
14	¿Sabe a quién o donde acudir en caso de alguna emergencia?	Si	No		0
		0	1		
15.	¿Sabe si existe en su comunidad un sistema de alertamiento para dar aviso a la población sobre alguna emergencia?	Si	No		0
		0	1		
16	En caso de haber sido afectado a causa de un fenómeno natural, ¿Se le brindó algún tipo de apoyo?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
17	¿Ha sido evacuado a causa de algún fenómeno natural? (Inundación, sismo, erupción)	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
18	De acuerdo con experiencias anteriores ¿considera que su comunidad está lista para afrontar una situación de desastre tomando en cuenta las labores de prevención?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
19	¿Existe en su comunidad, localidad o municipio alguna organización que trabaje en la atención de desastres?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
20	¿Conoce la existencia de la unidad de protección civil?	Si	No	No sé	0
		0	1	1	
21	¿Sabe dónde está ubicada y que función desempeña la unidad de protección civil?	Se en donde se encuentra y sus funciones	No sé dónde se encuentra y no sé qué hace	Sé que hace pero no sé dónde se encuentra	0
		0	1	0.5	
22	¿Estaría preparado para enfrentar otro desastre como el que enfrentó?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
23	¿Considera que su comunidad puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Si	No	No sé	1
		0	1	1	
24	¿Qué tanto puede ayudar la unidad de protección civil?¿Puede afrontar una situación de desastre y tiene la información necesaria?	Mucho	Nada	Poco	0
		0	1	0.5	
25	¿Si usted tuviera la certeza de que su vivienda se encuentra en peligro estaría dispuesto a reubicarse?	Si	No		0
		0	1		

FORMATO PARA FOTOGRAFÍAS

Municipio: Tolcayuca

Realizó: Montserrat Muñoz Ramos.

No.	Nombre archivo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas Z	Lugar (Localidad, Calle, etc)	Dirección de la fotografía (AZ)	Hora de la toma	Telefono ó camara	Peligro o riesgo
1	035	508817	2206598	2463	C. Mineral del Monte		10:32	Montse	Barda fracturada/zolpeo
2	036	507366	2208223	2463	C. Mineral del Monte	341° N	10:34	Montse	Fractura zolpeo
3	037	507266	2208351	2481	Mineral del Monte		10:39	Montse	Fractura zolpeo
4	037.1	507275	2208331	2498	Mineral del Monte	221° SE	10:45	Montse	Hundimiento casa
5	038	507280	2208322	2491	Mineral del Monte	271° O	10:59	Haziel	Hundimiento
6	039	507161	2208267	2465	C. Huejotla	10° N	11:13	Montse	Fractura
7	040	507549	2208027	2444	C. Mixquiahuala	126° SE	11:23	Horte	Residuos
8	041	507516	2208031	2445	C. Mixquiahuala	139° SE	11:27	Horte	Deslizamiento
9	042	507531	2208030	2441	C. Mixquiahuala	30° NE	11:30	Horte	Casa con marca crucero
10	043	507338	2207736	2414	Camino a Tezontepalpan	188° S	11:38	Horte	Incendio
11	044	509231	2205939	2348	Los Amores de don Juan	174° S	12:07	Horte	Enchiramiento
12	045	509102	2206094	2337	Los Amores de don Juan	149° S	12:10	Horte	Enchiramiento
13	046	558874	2206773	2361	Panteón	66° NE	12:18	Horte	Desecho
14	047	508184	2206773	2394	Frente Iglesia	129° SE	12:23	Horte	Casa adobe
15	048	508106	2206786	2380	Iglesia Centro	142° SE	12:26	Horte	Iglesia
16	049	508153	2206667	2371	Centro	89° E	12:32	Horte	Centro
17	050	508008	2206534	2355	Gasolinera	190° S	12:42	Horte	Gasolinera
18	051	509019	2206526	2357	Unidad deportiva Av. Hidalgo	151° SE	12:44	Horte	Unidad deportiva
19	052	508489	2207043	2359	Cristobal Colón	203° SE	12:14	Horte	Basurero
20	053	508836	2208083	2394	Santiago Tlalcan	170° SE	12:33	Horte	Basurero
21	054	508829	2209696	2425	Narciso Mendoza	205° SE	11:01	Horte	Casa de salud
22	055	508855	2209677	2437	Narciso Mendoza	80° E	11:03	Horte	Iglesia
23	056	509248	2207668	2410	Camino a Santiago tlalco		11:27	Horte	Gas LP
24	057	5095	2206474	2350	Narciso Mendoza	198° S	11:35	Horte	Gas LP
25	058	510394	2205921	2347	Narciso Mendoza	116° SE	11:44	Montse	Iglesia
26	059	510904	2205555	2342	Camino a Santiago tlal	205° SE	12:03	Horte	Ducto
27	060	511275	2205489	2339	Atrás de la primaria	109° E	12:13	Montse	Fracturas.
28	061	511487	2205887	2336	C. Pablo Sidar	200° S	12:35	Horte	Enchiramiento
29	062	511544	2204001	2340	C. México Pachuca	40° NE	1:25	Horte	Gasolinera
30	063	507695	2200032	2337	Ignacio Allende Francisco I M	47° NE	1:25	Horte	IMSS-Bien

FORMATO PARA FOTOGRAFÍAS

Municipio: Tolcayuca
Realizó: Montserrat Muñoz Ramos

No.	Nombre archivo	Coordenadas X	Coordenadas Y	Coordenadas Z	Lugar (Localidad, Calle, etc)	Dirección de la fotografía (AZ)	Hora de la toma	Telefono ó camara	Peligro o riesgo
31	064	507973	2199617	2333	Ignacio Zaragoza	178° S	1:36	Horte	Basurero Angelel
	065	509411	2200436	2324	Carretera a los Pinos	351° N	1:48	Horte	Biopatrico
	066	511661	220050	2344	Los Pinos	67° E	1:57	Horte	Mina Tepontle
	067	511640	220046	2350	Los Pinos	32° NE	2:02	Horte	Iglesia
	068	509944	2202474	2332	P. San Miguel	38° NE	2:12	Horte	Gasolinera
	069	511612	2205297	2341	C. Principal	68° E	2:18	Horte	Universidad
	070	509613	2206421	2358	C. Principal	313° NE	2:24	Montse	Telesecun
	071	509871	2206427	2354	C. Principal	21° N	2:25	Montse	COBAEH
	072	509362	2206453	2351	C. Principal	84° E	2:29	Montse	Primaria
	073	508568	2206721	2374	C. Morelos	192° S	2:34	Horte	Primaria
	074	508458	2206822	2354	Niños Heroes	320° NE	2:37	Horte	Kinder
	075	508480	2206859	2367	Niños Heroes	283° N	2:39	Horte	Primaria
	076	508084	2206757	2383	Venustiano C.	252° SE	2:45	Horte	Primaria
	077	508012	2206383	2375	Justo Sierra	251° O	2:47	Horte	Primaria
	078	508874	2206319	2339	1ero Noviembre	112° E	2:53	Horte	Panteon
	079				México - Pachuca		2:55	Horte	Peregrinación

Cmdte. Lorena Beatriz Gutiérrez Cruz
Protección Civil

CUESTIONARIO DE CAPACIDAD DE RESPUESTA

No.	Pregunta	SI	NO
1	El municipio cuenta con una unidad de protección civil o algún comité u organización comunitaria de gestión del riesgo que maneje la prevención, mitigación, preparación y la respuesta?	/	
2	¿Cuenta con un plan de emergencia?	/	
3	¿Cuenta con un consejo municipal el cual podría estar integrado por autoridades municipales y representantes de la sociedad civil para que en caso de emergencia organice y dirija las acciones de atención a la emergencia?	/	
4	¿Existe una normatividad que regule las funciones de la unidad de Protección Civil (p.ejem. manual de organización?	/	
5	¿Conoce los programas federales de apoyo para la prevención, mitigación y atención de desastres?	/	
6	¿Cuenta con un mecanismo de alerta temprana?	/	
7	¿Cuenta con canales de comunicación (organización a través de los cuales se pueda coordinar con otras instituciones, áreas o personas en caso de una emergencia?	/	
8	¿Las instituciones de salud municipales cuentan con programas de atención a la población (trabajo social, psicológico, vigilancia epidemiológica) en caso de desastre?	/	
9	¿Tiene establecidas las posibles rutas de evacuación y acceso (caminos y carreteras) en caso de una emergencia y/o desastre?		/
10	¿Tienes establecido los sitios que pueden fungir como helipuertos?		/
11	¿Tiene ubicados los sitios que pueden funcionar como refugios temporales en caso de un desastre?	/	
12	¿Tiene establecido un stock de alimentos, cobertores, colchonetas y pacas de lámina de cartón para casos de emergencia?		/
13	Tiene establecido un vínculo con centros de asistencia social (DIF, DICONSA, LICONSA, etc) para la operación de los albergues y distribución de alimentos, cobertores, etc.?	/	
14	¿Se llevan a cabo simulacros en las distintas instituciones (escuelas, centros de salud, etc.) sobre qué hacer en caso de una emergencia y promueve un Plan de Familiar de Protección Civil?	/	
15	¿Cuenta con un número de personal activo?	/	10 Personal 2 Turnos
16	¿El personal está capacitado para informar sobre qué hacer en caso de una emergencia?	/	
17	¿Cuenta con mapas o croquis de su localidad que tengan identificados puntos críticos o zonas de peligro?	/	
18	¿Cuenta con el equipo necesario en su unidad para la comunicación tanto para recibir como para enviar información (computadora, internet, fax, teléfono, etc.)?	//	
19	¿Cuenta con acervos de información históricos de desastres anteriores y las acciones que se llevaron a cabo para atenderlos?		/
20	¿Cuenta con equipo para comunicación estatal y/o municipal (radios fijos, móviles y/o portátiles)?		/
21	¿Cuenta con algún Sistema de Información Geográfica (SIG) para procesar y analizar información cartográfica y estadística con el fin de ubicar con coordenadas geográficas los puntos críticos en su localidad?	/	
22	¿Cuenta con algún sistema de Geo Posicionamiento Global (GPS) para georreferenciar puntos críticos en su localidad?		/
23	¿Cuál es el grado promedio de escolaridad que tiene el personal activo?	Bachillerato Universitario	
24	¿Qué actividades realizan normalmente?	Atención Prehospitalaria	
	TOTAL		