



**Ecatepec**

Progreso y Bienestar  
2013-2015

# Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ecatepec 2013

**SEDATU**

SECRETARÍA DE  
DESARROLLO AGRARIO,  
TERRITORIAL Y URBANO



PREVENCIÓN DE RIESGOS  
EN LOS  
ASENTAMIENTOS  
HUMANOS



Ecatepec





# ÍNDICE

Capítulo 1 Antecedentes e Introducción .....	4
1.1 Introducción .....	4
1.2 Antecedentes .....	5
1.3 Objetivos .....	6
General .....	6
Particulares .....	6
1.4 Alcances .....	6
1.5 Metodología .....	7
1.6 Contenido del Atlas de Riesgo .....	8
Capítulo 2 Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica .....	10
Capítulo 3 Caracterización de los elementos del medio natural .....	13
3.1 Fisiografía .....	14
3.2 Geomorfología .....	17
3.3 Geología .....	20
3.4 Edafología .....	23
3.5 Hidrografía .....	26
3.6 Cuencas y Subcuencas .....	28
3.7 Clima .....	29
3.8 Uso de suelo y vegetación .....	33
3.9 Áreas naturales protegidas .....	36
Capítulo 4 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos .....	38
4.1 Elementos demográficos .....	38
4.1.1 Dinámica demográfica .....	38
4.1.2 Proyección de la población de Ecatepec al año 2030 .....	39
4.1.3 Distribución de población .....	40
4.1.4 Pirámide Poblacional .....	42
4.1.5 Mortalidad .....	43
4.1.6 Densidad de población .....	43
4.2 Características sociales .....	45
4.2.1 Escolaridad .....	45
4.2.2 Hacinamiento y vivienda .....	48



4.2.3 Población con discapacidad.....	50
4.2.4 Marginación y Pobreza .....	52
4.3 Principales actividades económicas.....	54
4.3.1 Características de la población económicamente activa.....	55
4.4 Reserva territorial.....	56
4.5 Equipamiento urbano.....	56
4.5.1 Equipamiento de transporte.....	56
4.5.2 Equipamiento de servicios .....	57
4.5.3 Equipamiento de salud.....	57
Capítulo 5 Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	59
5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico.....	62
5.1.1 Erupciones volcánicas .....	62
5.1.2 Sismos.....	67
5.1.3 Tsunamis o maremotos.....	74
5.1.4 Procesos de Remoción en Masa .....	74
5.1.5 Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia.....	87
5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	90
5.2.1 Ondas cálidas y gélidas .....	91
5.2.2 Sequías .....	97
5.2.3 Heladas .....	106
5.2.4 Tormentas de Granizo .....	112
5.2.5 Tormentas de nieve .....	115
5.2.6 Ciclones tropicales .....	116
5.2.7 Tornados y Tormentas de polvo .....	117
5.2.9 Tormentas eléctricas .....	117
5.2.10 Lluvias extremas .....	121
5.2.11 Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres .....	124
Capítulo 6 Anexos .....	149
6.1 Glosario.....	149
6.2 Bibliografía .....	152



# Capítulo 1 Antecedentes e Introducción

## 1.1 Introducción

Los fenómenos naturales de carácter destructivo siempre han aparecido de forma recurrente, impredecible e inevitable. A lo largo de la historia, en el territorio del Municipio de Ecatepec, los fenómenos naturales han provocado variaciones al paisaje y en algunos casos pérdidas económicas por daño a infraestructura. Sin embargo, en los últimos años, estos fenómenos aunados con procesos de expansión urbana y crecimiento poblacional, han incrementado la magnitud de los daños causados. De ahí la importancia de tomar consciencia de que los ciclos naturales no son ajenos a los habitantes del municipio y que pueden ser perjudiciales si no existe un pleno conocimiento de su dinámica. Así mismo, cuando las personas se exponen a los fenómenos naturales extremos sin tomar precauciones dan como resultado impactos negativos tanto a la economía como a la salud humana.

Ecatepec es un municipio que está expuesto a los desastres naturales por su ubicación geográfica y consecuente dinámica geológica y climática. De esta manera, a lo largo de la historia reciente se han presentado diversos desastres naturales como inundaciones, lluvias extremas, derrumbes y deslizamientos de laderas.

Por ello, en la agenda municipal de protección civil, la prevención de desastres ha tomado una gran relevancia, debido principalmente a la diversidad de fenómenos que pueden causar catástrofes en nuestro territorio. Así, se ha reconocido la importancia de establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos, y no sólo focalizar recursos para la atención de las emergencias y la reconstrucción. Esta estrategia debe lograr que la sociedad sea capaz de afrontar los peligros naturales asegurando al mismo tiempo que el desarrollo no incremente la vulnerabilidad y por ende el riesgo. Sólo así se podrá garantizar un municipio menos vulnerable y una población más preparada y segura.

Es por lo anterior que se debe de contar con un Atlas de Riesgos a fin de contar con instrumento de prevención, mitigación y respuesta más eficientes y precisas. Para ello es importante en primera instancia actualizar y completar el diagnóstico de las zonas más susceptibles a padecer daños, es decir, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en el Municipio de Ecatepec.

El reto que se estableció fue la actualización del sistema de información sobre el riesgo de desastres detallado a nivel municipal. La integración de este Atlas de Riesgos, demandó un esfuerzo coordinado de investigación, recopilación de datos, trabajo de campo, entre el H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos, la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno Federal, contratistas privados, así como la población en general.

Es así que el Municipio de Ecatepec, ha dado un gran paso hacia una política responsable en materia de prevención de desastres, con la elaboración de su Atlas de Riesgos, una iniciativa del Ayuntamiento que cuenta con el apoyo del programa "Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos" de la Secretaría



de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno Federal. Mediante este documento, el Municipio tendrá la certeza de contar con un instrumento de identificación de Peligros, Vulnerabilidad y Riesgos que ayude a fortalecer la orientación de políticas públicas a fin de prevenir o mitigar los daños a la población, causados por fenómenos perturbadores de origen natural.

Los estudios realizados para integrar el presente documento se elaboraron de conformidad a las metodologías establecidas por la SEDATU en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013”.

## 1.2 Antecedentes

El territorio municipal de Ecatepec, no ha estado libre del embate de fenómenos perturbadores de origen natural, los cuales frecuentemente se presentan e inciden de manera directa en perjuicio de sus habitantes. Debido a esto, la actual Administración Municipal a través de la Dirección de Protección Civil, ha llevado registro de los fenómenos perturbadores que han ocurrido en la historia reciente del municipio.

Con base en dicho registros, y respecto a los temas de carácter geológico, se han identificado de manera puntual las zonas que potencialmente pueden presentar deslizamientos de laderas y derrumbes, tales sitios son los márgenes de la Sierra de Guadalupe, en las colonias Almárcigo Norte, El Gallito, Tablas del Pozo y El Mirador, en donde existen 150 viviendas en zonas de alto riesgo.

Con respecto a los fenómenos de carácter hidrometeorológico que han causado afectaciones en el municipio, se han registrado lluvias extremas así como inundaciones en Ciudad Azteca, Ciudad Cuauhtémoc, CROC Central, CTM 1, El Capulín, Emiliano Zapata, Jardines de Casa Nueva, Jardines de Morelos, Olímpica 68, Pedro Ojeda Paullada, Prizo, Renacimiento, Río de Luz, Sagitario 5, Sagitario 6, San Agustín, San Andrés de la Cañada, San Cristóbal Centro, Unidad CROC, Valle de Aragón y Xalostoc. Como eventos ocurridos recientemente, en febrero de 2010, dos tramos del cauce del río Los Remedios se fracturaron y provocaron una de las peores inundaciones de la década en el sur de Ecatepec (hasta 1.5 m de altura); mil 500 viviendas de 18 colonias resultaron afectadas, principalmente en El Chamizal, Franja Valle de México, Granjas Valle de Guadalupe, Las Vegas Xalostoc, Ampliación Nicolás Bravo y Pedro Ojeda Paullada. En julio de 2011 el río Los Remedios nuevamente se desbordó, afectando al menos 200 viviendas en las colonias Prizo I, Altavilla, Las Vegas Xalostoc y Franja Valle de México. Adicionalmente ese mismo año se registró un evento de precipitación pluvial promedio de 60 milímetros y alcanzó una máxima de 90 milímetros. En mayo de 2013 hubo inundaciones de hasta 70 cm en las vialidades Vía Morelos, Primero de Mayo y José López Portillo.

El registro sistemático fenómenos perturbadores elaborado por el H. Ayuntamiento representó un gran avance en la identificación de sitios que presentan diversos fenómenos que pudieran poner en riesgo a la población. Tomando como base ese importante antecedente, el presente estudio tiene la finalidad de seguir una metodología específica para determinar, medir y evaluar el nivel de peligro y/o riesgo en el cual se encuentra la población.



1. Contar con un documento cartográfico y escrito que represente y zonifique cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
2. Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes.
3. Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

## 1.5 Metodología

Las bases teóricas y sistémicas para la elaboración del Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec se derivan de lo establecido en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013”, la cual a su vez se conformó de acuerdo con los criterios de clasificación y los términos de referencia establecidos por el CENAPRED en materia de riesgos.

En general, se procedió a realizar una recopilación e investigación documental de datos primarios, en las principales instituciones nacionales de información del territorio, tales como INEGI, CONAGUA, SMN, SGM, INE, CONABIO, u organismos equivalentes estatales y municipales, particularmente de las áreas de Protección Civil. Posteriormente los datos se procesaron en función de la guía metodológica de la SEDATU, con base a los niveles aplicables de cada caso, zonificando las áreas de incidencia de los fenómenos, las áreas de vulnerabilidad, así como el grado de riesgo predominante.

Se llevaron a cabo estudios técnicos y documentales del territorio del Municipio de Ecatepec para determinar las zonas de riesgo por fenómenos naturales y antropogénicos.

Con base a la identificación de peligros y/o vulnerabilidad, se realizó la zonificación de los mismos por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para generar cartografía digital y mapas impresos, en la que se determinarán las Zonas de Riesgo (ZR) ante los diferentes tipos de fenómenos.

Una vez obtenida dicha cartografía se realizó un análisis completo de riesgos, señalando qué zonas son las más propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas, infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente qué obras o acciones se proponen para mitigar el riesgo.

El análisis delimitó con precisión las ZR, hará referencia a los mapas de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad e interpretará sus resultados, procurando hacer vinculaciones entre fenómenos perturbadores cuando estos se sobrepongan.

Los mapas finales representan el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos naturales. Los mapas se presentan en un anexo aparte, en el orden asignado por las Guías de la SEDATU; en caso de no existir algún fenómeno en la zona, éste no se desarrolló, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se realizó.



Las propuestas de acciones y obras están enfocadas a la reducción y mitigación de riesgos; están basadas en la detección y localización de zonas de riesgo o peligro y están ubicadas en la cartografía entregada.

## 1.6 Contenido del Atlas de Riesgo

El presente Atlas de Riesgos se conforma de seis capítulos, el primero que incluye la introducción, antecedentes, objetivos, alcances, metodología general y contenido. Es en general una breve descripción de la situación actual en la cual se encuentra el municipio en materia de prevención de desastres.

El capítulo dos hace referencia a la determinación de la zona de estudio y niveles de análisis, en este apartado se define en forma precisa la localización del municipio, sus límites políticos y una descripción de los elementos de infraestructura urbana del municipio. También en esta sección se define el mapa topográfico base.

En el tercer capítulo se define la caracterización de los elementos de medio natural, atendiendo los siguientes temas: fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso de suelo y las áreas naturales protegidas de la zona de estudio.

El cuarto capítulo integra la caracterización general de la situación demográfica, social y económica de la zona de estudio, con indicadores básicos que revelan las condiciones generales en las que se encuentra el municipio.

En el quinto capítulo se desarrolla la identificación de riesgos, peligro y/o vulnerabilidad. Contiene cada uno de los fenómenos perturbadores de origen natural, identificando su periodicidad, área de ocurrencia y grado de impacto sobre los sistemas afectables. Esta sección contiene la cartografía de los fenómenos perturbadores, la cual señala las zonas propensas a sufrir procesos destructivos, cuantificando población, áreas infraestructura, equipamiento con probable afectación y señalando puntualmente obras o acciones que se proponen para mitigar el riesgo. Los estudios llevados a cabo son de los siguientes temas:

- Fenómenos Geológicos
  - Erupciones volcánicas
  - Sismos
  - Tsunamis
  - Inestabilidad de laderas
  - Flujos
  - Caídos o derrumbes
  - Hundimientos
  - Subsistencia
  - Agrietamientos
- Fenómenos Hidrometeorológicos
  - Ondas cálidas y gélidas
  - Sequías
  - Heladas



El H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos, en cumplimiento con lo establecido en Plan Municipal de Desarrollo 2013-2015, la Ley General de Protección Civil y en coparticipación con la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno Federal, por medio del programa “Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos”, elaboró el Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec para diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y vulnerabilidad a los que está expuestos los habitantes del municipio, y para que los resultados obtenidos sean la base para tomar las medidas necesarias en políticas públicas en cuestión de prevención y mitigación de los riesgos.

El presente documento está integrado acorde a las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013”, documento publicado por la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano del Gobierno Federal; los Términos de Referencia de este documento, incluyen los criterios del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), y los planteados en el Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos de la SEDATU.

## 1.3 Objetivos

### General

Diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y vulnerabilidad en el espacio geográfico del Municipio de Ecatepec.

### Particulares

- Contar con un documento cartográfico y escrito que representa y zonifica cada uno de los fenómenos naturales perturbadores de manera clara y precisa.
- Desarrollar y fundamentar una base de datos homologada para cada uno de los fenómenos naturales perturbadores presentes.
- Sentar las bases para definir un esquema de prevención, planeación y gestión del riesgo.

## 1.4 Alcances

Se entregarán Mapas de Zonas de Riesgo (ZR) por cada uno de los fenómenos de riesgo establecidos por la SEDATU, con su respectivo texto descriptivo de las ZR para cada uno de los fenómenos, desarrollado a partir del análisis de todos los factores identificados.

El atlas permitirá:





- Tormentas de granizo
- Tormentas de nieve
- Ciclones tropicales
- Tornados
- Tormentas polvo
- Tormentas eléctricas
- Lluvias extremas
- Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres.

Por último el capítulo seis referente a los anexos contiene el glosario de términos, bibliografía, cartografía empleada con índice y breve descripción, así como el diccionario de los metadatos.





# Capítulo 2 Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

La zona que abarca el presente estudio comprende los límites territoriales del Municipio de Ecatepec de Morelos, el cual cuenta con 156.06km<sup>2</sup> de superficie total. Se localiza en el centro de la República Mexicana, en la zona metropolitana de la Ciudad de México; ocupa una porción de la región hidrológica<sup>26</sup>, en la Cuenca del Valle de México. Ecatepec constituye un continuo urbano con una elevación promedio de 2660 msnm. El municipio tiene como coordenadas extremas 19°39'32" N, 99°3'45"W, y 19°29'4" N, 99°1'43"W (ver mapa 2.1 en el anexo cartográfico y figura 2.1).

Los límites políticos del municipio son:

- I. Al Norte, colinda con los Municipios Mexiquenses de Tultitlán, Jaltenco, Tonanitla y Tecámac;
- II. Al Sur, con la Delegación Gustavo A. Madero del Distrito Federal y con los Municipios Mexiquenses de Netzahualcóyotl y Texcoco;
- III. Al Oriente, con los Municipios Mexiquenses de San Salvador Atenco, Texcoco, y Acolman;
- IV. Al Poniente, con los Municipios Mexiquenses de Coacalco y Tlalnepantla.

Para fines de diagnóstico general de riesgos, se utilizará una escala 1:80,000; para una evaluación urbana, la escala será de 1:40,000; mientras que los estudios que requieran una escala local, se analizarán a escala 1:20,000.

Fenómeno	Nivel de Análisis	Escala empleada
<b>Fenómenos Geológicos</b>		
Erupciones volcánicas		
Sismos		
Tsunamis		
Inestabilidad de laderas		
Flujos		
Caídos o derrumbes		
Hundimientos		
Subsidencia		
Agrietamientos		
<b>Fenómenos Hidrometeorológicos</b>		
Ondas cálidas y gélidas		



Fenómeno	Nivel de Análisis	Escala empleada
Sequías		
Heladas		
Tormentas de granizo		
Tormentas de nieve		
Ciclones tropicales		
Tornados		
Tormentas polvo		
Tormentas eléctricas		
Lluvias extremas		
Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres		

Tabla 2.1 Fenómenos estudiados, nivel de análisis y escalas empleadas.



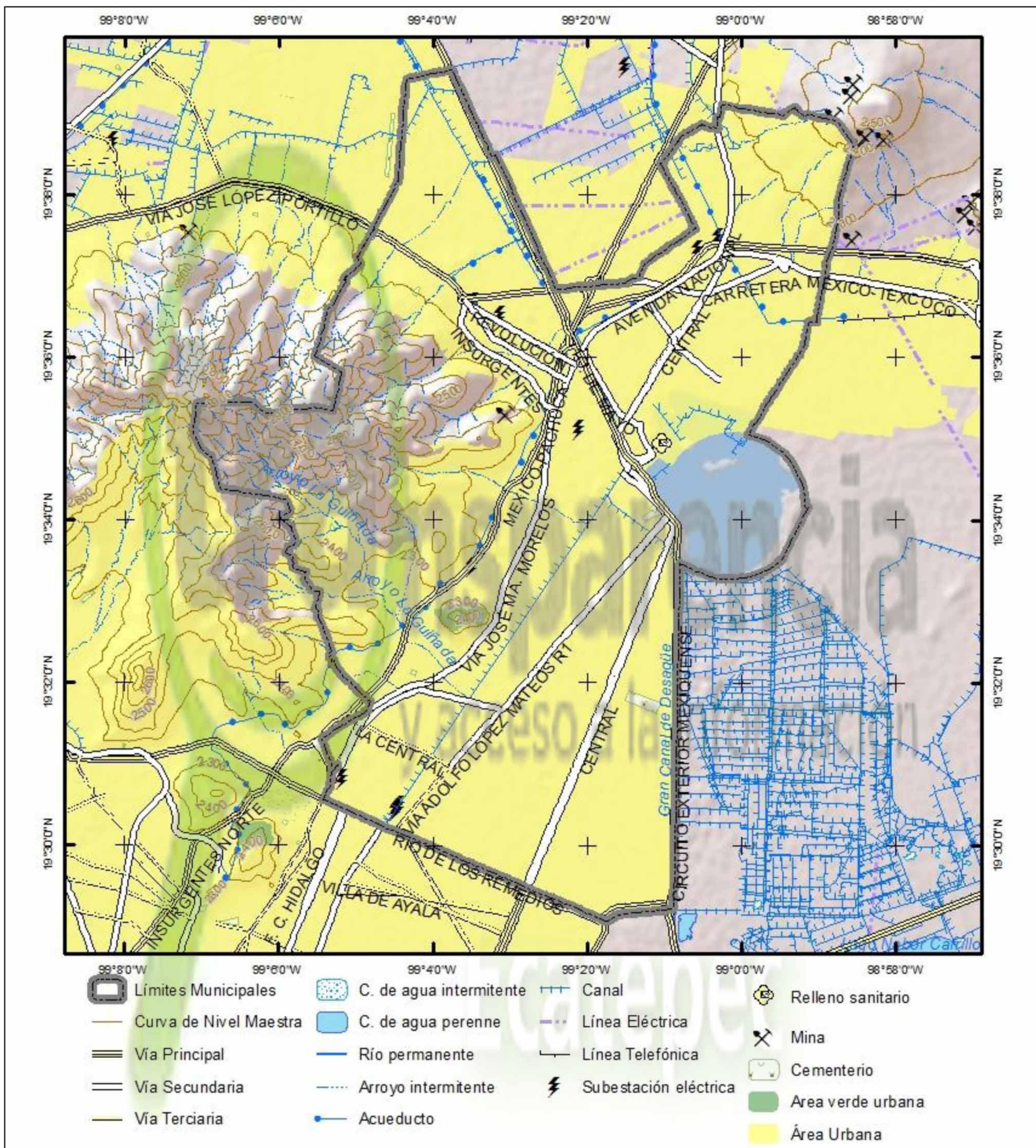


Figura 2.1 Mapa Base del Municipio de Ecatepec (Mapa Topográfico). Fuente: Cartas topográficas de INEGI.



# Capítulo 3 Caracterización de los elementos del medio natural

El Atlas de Riesgos tiene la finalidad de diagnosticar, ponderar y detectar los riesgos, peligros y vulnerabilidad de un determinado espacio geográfico. Ahora bien, un paso necesario para lograr el objetivo anterior, consiste en analizar las condiciones geográficas del área de estudio de manera detallada. Para ello se estudian diversos temas conocidos como elementos del medio natural, los cuales condensan la información indispensable para comprender el entorno geográfico.

El estudio integrado de los elementos geográficos permite un acercamiento inicial para conocer y entender la dinámica natural de un área, y con ello determinar los principales fenómenos que ocurren en dicha zona, así como su periodicidad, magnitud recurrente y localización. Los elementos del medio natural necesario para este tipo de estudios son fisiografía, geología, geomorfología, edafología, hidrología, climatología, uso del suelo y problemática ambiental.

En primera instancia, se presenta la fisiografía local, que muestra los distintos tipos de relieve; el conocimiento de su tipología y ubicación da un panorama de las topoformas que asociadas a otras características del área, permite el análisis primario de fenómenos naturales potencialmente peligrosos.

En lo que se refiere a la geomorfología, esta información permite conocer los procesos formadores del relieve; con ello se determinan la dinámica endógena y exógena del territorio en estudio, lo que a su vez, contribuye a predecir eventuales cambios en el relieve, como por ejemplo, deslizamientos por inestabilidad de laderas.

Por otro lado, la geología proporciona la información básica de los tipos de roca, mostrando su distribución espacial, sus edades, su origen, y su relación con otras estructuras como fallas y fracturas. Estos datos están directamente relacionados con la intensidad de los sismos, los deslizamientos de ladera, fallas y hundimientos, entre otros peligros.

La edafología trata sobre los distintos tipos de suelo; esta información permite identificar las características esenciales de los materiales edáficos como consolidación, granulometría, susceptibilidad a la erosión y su comportamiento ante los influjos de otros factores como clima y actividades humanas.

La hidrología describe la distribución espacial en un territorio dado de los cuerpos de agua y cauces que llevan agua, ya sean permanentes o estacionales, así como el tipo de aguas que los ocupan, como podrían ser pluviales o subterráneas. Estos datos, combinados con otros elementos del medio natural, permiten hacer determinaciones puntuales de peligros, por ejemplo, identificar áreas de inundación.

La información climática permite conocer los patrones meteorológicos y atmosféricos que se presentan en una determinada área y con ello conocer el tipo de fenómenos hidrometeorológicos más comunes, además de sus características generales como zona de impacto, magnitud probable y recurrencia temporal.



El uso de suelo y vegetación, permite identificar la distribución espacial de las actividades humanas, los centros de población, las áreas agropecuarias, así como las zonas que están dedicadas a la conservación de los ecosistemas naturales. Esta información es fundamental para conocer el grado de exposición de la sociedad a los peligros naturales. Así mismo, en el caso de las áreas naturales protegidas, se conoce la ubicación de los ecosistemas vulnerables a determinados peligros, como incendios o erosión, por mencionar algunos.

Toda la información relacionada con lo anterior, se expresa en mapas temáticos, ya que los datos tienen una variabilidad espacial, que sólo se puede visualizar con claridad en un documento cartográfico. Estos mapas temáticos representan el primer elemento para integrar una panorámica general de los riesgos actuales y probables a los que está expuesto el Municipio de Ecatepec. A continuación se presenta la información relevante a cada elemento del medio natural en el área de estudio.

### 3.1 Fisiografía

Dos de las más importantes provincias fisiográficas del país se encuentran dentro del territorio del Estado de México: la Sierra Madre del Sur y el Eje Neovolcánico; la primera se encuentra ubicada en la porción sur, mientras la segunda abarca la mayor parte del territorio estatal (73.9 %). El municipio de Ecatepec de Morelos se ubica en su totalidad dentro de esta última.

El Eje Neovolcánico o Cinturón Volcánico Transmexicano está compuesto por un conjunto de planicies escalonadas que se forman desde los estados de Colima y Nayarit hasta Veracruz. Estas se disponen desde los 500 hasta los 2600 metros de altitud y son producto de acumulaciones volcánicas y movimientos tectónicos, ambos procesos de intensidad considerable a lo largo del Cuaternario. Sobre las planicies que conforman el relieve se encuentran elevaciones volcánicas, serranías de pequeños conos, campos volcánicos y varios volcanes compuestos. Otro rasgo esencial lo dan las amplias cuencas cerradas ocupadas por lagos que tienen su origen en el bloqueo del drenaje original. Esta provincia fisiográfica funge como límite geológico, climático, geobiológico y biogeográfico.

Debido a su diversidad en cuanto a formas del relieve y morfogénesis, esta gran provincia se divide a su vez en varias subprovincias, con características particulares. La totalidad del territorio del municipio de Ecatepec de Morelos se localiza dentro de la subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. Esta es la mayor de las subprovincias que integran el Eje Neovolcánico, consta de sierras volcánicas y grandes aparatos individuales que se alternan con amplias llanuras, en su mayoría vasos lacustres.

Estas características se encuentran muy bien representadas dentro del territorio municipal ya que se localizan relieves accidentados con pendientes abruptas, zonas de ladera con pendientes suaves y zonas de acumulación totalmente planas. En este sentido se puede dividir al relieve en 3 zonas:

- Zonas escarpadas.- Se localizan en la mayor parte de la zona oeste del municipio, formadas por la Sierra de Guadalupe. Estas se presentan a partir de la cota de 2300 hasta la de 3000 metros de altitud. Las principales elevaciones encontradas son: El Pico de Díaz, el Pico de Tres Padres, el Pico de Moctezuma, el Pico Yoncuico, así como los cerros Las Canteras, Picacho Grande, Cuanahuatpec, Cerro Gordo, Cabeza Blanca, Chiconautla y De la Cruz.



- Zonas de transición.- Se ubican en la parte central del territorio municipal entre las curvas de 2100 y 2300 metros de altitud. Se puede considerar como zona de piedemonte.
- Zonas planas.- Estas se encuentran en la mayor parte de la porción oriental de la demarcación. Estas zonas se encuentran en los antiguos vasos lacustres del lago de Texcoco.

Provincia	Subprovincia	Sistema de topografías	Área Km <sup>2</sup>	% de superficie municipal
Eje Neovolcánico	Lagos y Volcanes del Anáhuac	Vaso lacustre	3.3459	2.14
		Vaso lacustre con lomerío	9.84241	6.31
		Vaso lacustre salino	111.92541	71.71
		Vaso lacustre de piso rocoso o Cementado	0.9229	0.59
		Vaso lacustre inundable y salino	0.02981	0.02
		Escudo volcanes	30.00346	19.22

Tabla 3.1 Provincias fisiográficas y principales topografías ubicadas dentro del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuentes: Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ecatepec de Morelos, México. INEGI 2009. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1 000,000 serie I. INEGI

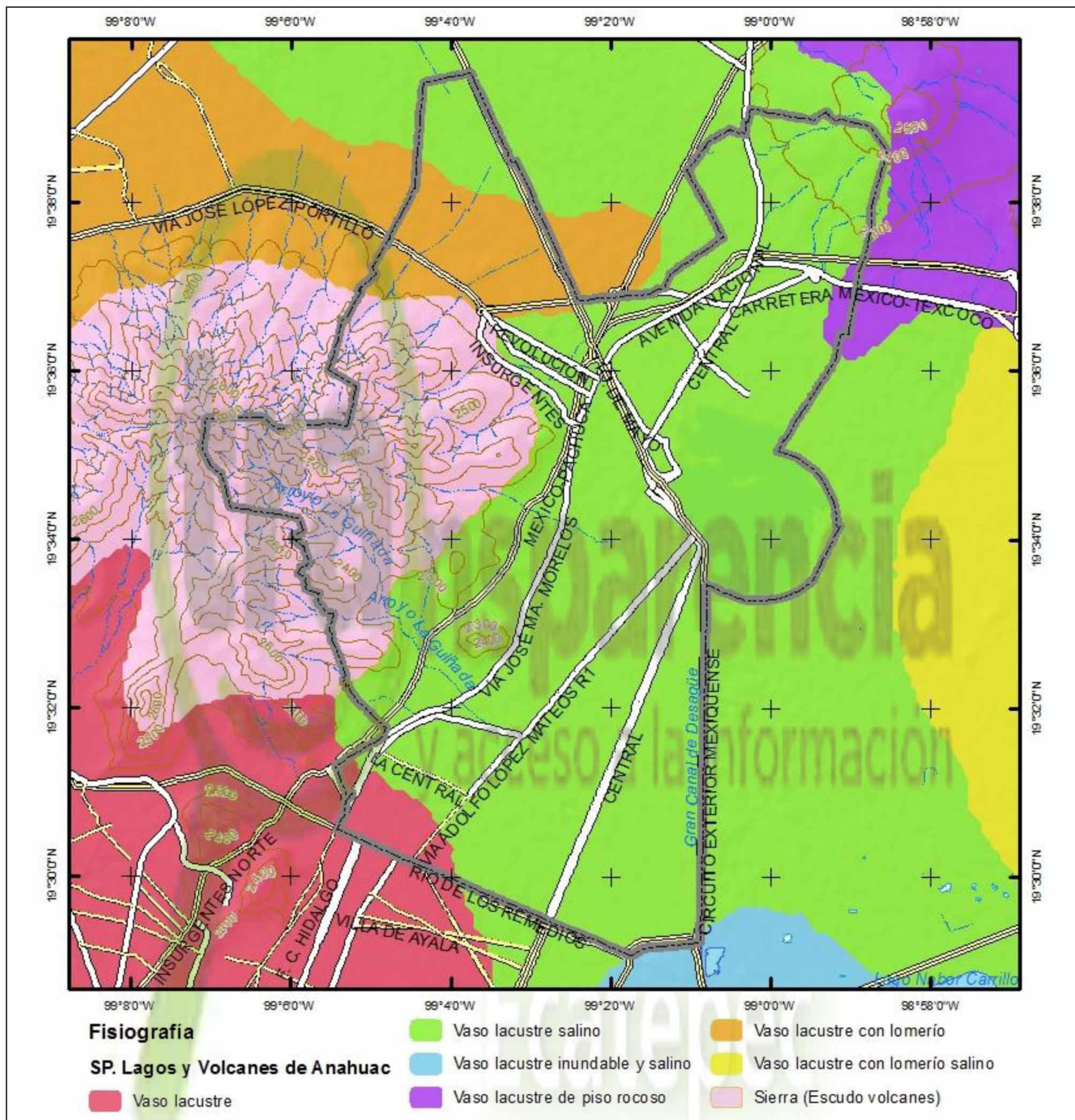


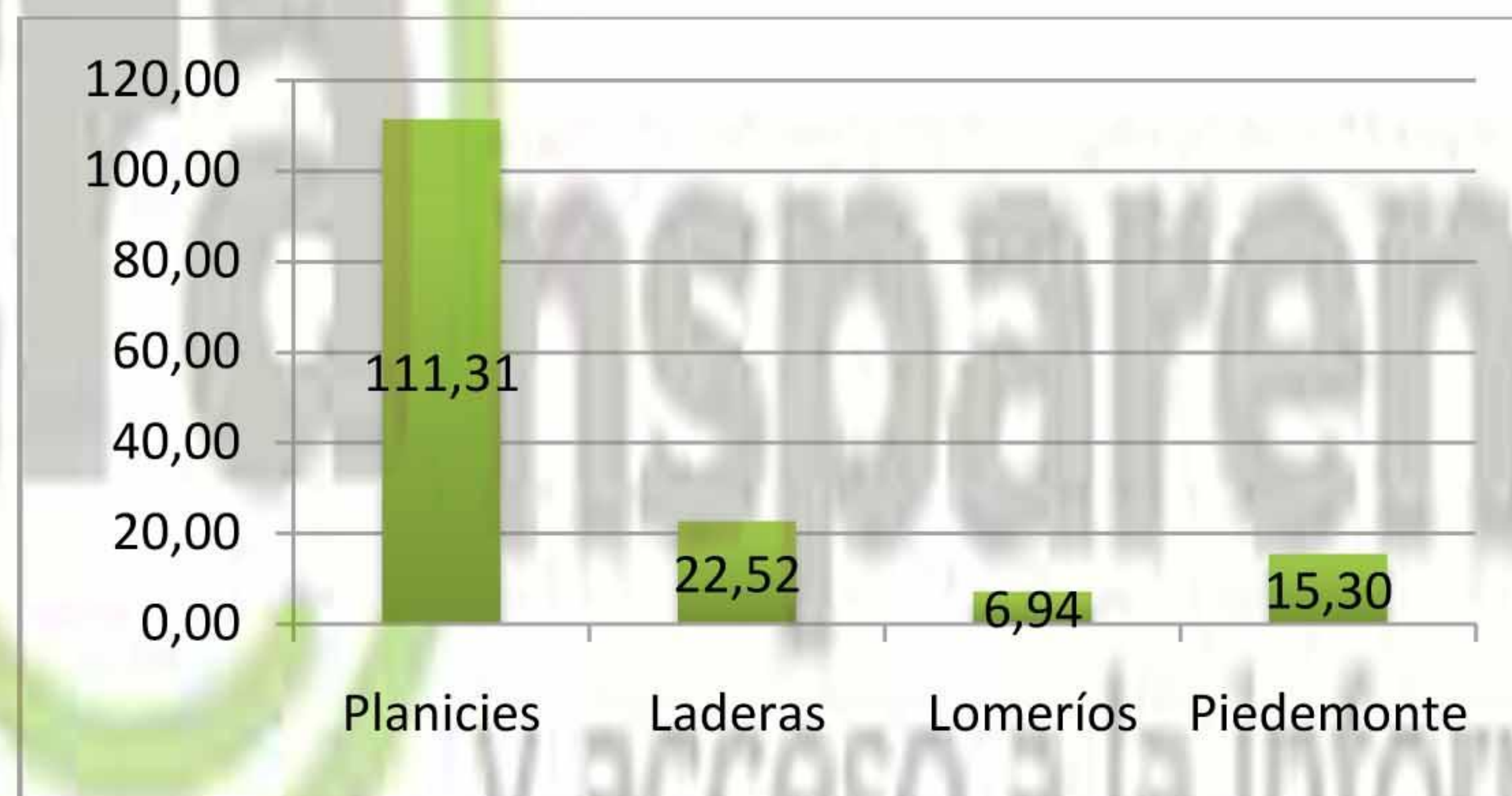
Figura 3.1 Mapa Fisiográfico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Carta Fisiográfica 1:1 000,000 serie I. INEGI



## 3.2 Geomorfología

La geomorfología es la ciencia que se encarga de estudiar y comprender el origen y evolución de los distintos elementos del relieve, los cuales son el resultado de la interacción de procesos endógenos (creadores) y exógenos (modeladores). Cada una de las formas del relieve interactúa con los elementos del medio geográfico de distinta forma, propiciando que en cada una se presenten distintas dinámicas, las cuales es necesario conocer y entender para la correcta interacción del hombre con el medio.

Como se comentó con anterioridad el municipio forma parte de la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico, por lo que su relieve está ligado estrechamente a las características geológicas y procesos morfológicos propios de esta gran región. Estos últimos, han modelado al relieve en cuatro grandes unidades geomorfológicas con múltiples características y dinámicas. Las planicies, laderas, lomeríos y zonas de piedemonte son las principales unidades geomorfológicas que se encuentran dentro del territorio municipal.



Grafica 3.1 Superficie en kilómetros cuadrados de las unidades geomorfológicas del Municipio de Ecatepec de Morelos. Elaboración propia.

Cada una de estas grandes unidades responde de manera distinta a las acciones de los procesos modeladores (movimientos gravitacionales, erosión fluvial, eólica, etc.) y formadores del relieve (levantamientos tectónicos, acumulación de sedimentos, vulcanismo, entre otros). Además, las características geográficas del municipio como clima, geología, vegetación, edafología, hidrología y fisiografía han originado que se presenten a su vez distintas unidades morfogénicas.

La zona más activa geomorfológicamente corresponde a la Sierra de Guadalupe, la cual está constituida esencialmente de lavas, característica que se aprecia prácticamente en todas las laderas. En general, los picos volcánicos conservan su forma original siendo la parte inferior la que ha sido transformada por la erosión en mayor grado. Los volcanes en especial los que constituyen la divisoria han perdido la forma original ya que están disecados por numerosos barrancos y se han desarrollado circos de erosión.

Esta sierra no ha escapado a la invasión de la mancha urbana, prácticamente toda la zona de piedemonte y partes de las laderas volcánicas han sido ocupadas por asentamientos humanos. Como es



frecuente en estos casos, muchas construcciones están expuestas a riesgos, sobre todo por corrientes torrenciales en la parte baja de los valles y por derrumbes que se producen durante las lluvias de fuerte intensidad en los escarpes y circos de erosión.

Unidad morfogénica	Descripción	Pendiente (grados)	Altitud (msnm)	Área (Km <sup>2</sup> )	% de Sup.
<b>Planicie lacustre</b>	Está formada por una concentración de sedimentos clásticos y productos piroclásticos los cuales se depositaron en ambientes lacustres.	0 - 2	2260 - 2300	52.27	33.5
<b>Planicie aluvial</b>	Constituida por depósitos clásticos, material aluvial y lahórico en forma de grava cubierto con tobas eólicas y aluviales.	0 - 4	2260 - 2300	59.04	37.8
<b>Laderas montañosas bajas</b>	Se forman a partir de derrames de lava.	8 - 22	2620 - 2740	19.88	12.7
<b>Laderas montañosas altas</b>	Formadas por derrames de lavas de andesita – basáltica a andesita, dacita y flujos piroclásticos.	6 - 16	2860 - 3020	0.83	0.5
<b>Laderas montañosas medias</b>	Conformadas por derrames lávicos de andesita, dacita y flujos piroclásticos.	20 - 44	3200 - 3320	0.83	0.5
<b>Lomeríos volcánicos denudados</b>	Compuestos por rocas básicas e intermedias, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos	0 a 10	2420 - 2580	6.38	4.1
<b>Lomeríos volcánicos</b>	Formados por rocas epiclásticas ácidas e intermedias y flujos piroclástico.	0 - 14	2300 - 2460	0.56	0.4
<b>Piedemonte denudatorio</b>	Compuestos de lavas, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos (formados por fragmentos derivados de rocas preexistentes por la acción del intemperismo y la erosión).	0 - 6	2500 - 2740	9.77	6.3
<b>Laderas montañosas tectonizadas</b>	Conformadas por derrames de lava y material piroclástico.	4 - 14	2420 - 2540	0.98	0.6
<b>Piedemonte denudatorio y tectonizado</b>	Está compuesto por lavas, tobas, cenizas, flujos piroclástico, lahar y pómez.	0 - 6	2500 - 2740	5.41	3.5
<b>Piedemonte de lahar</b>	Están constituidos por pequeños abanicos de lavas, cenizas y flujos piroclásticos.	0 - 10	2260 - 2380	0.12	0.1

Tabla 3.2 Principales unidades morfogénicas localizadas en el municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Lugo H., Diccionario Geomorfológico, UNAM. México 1989.

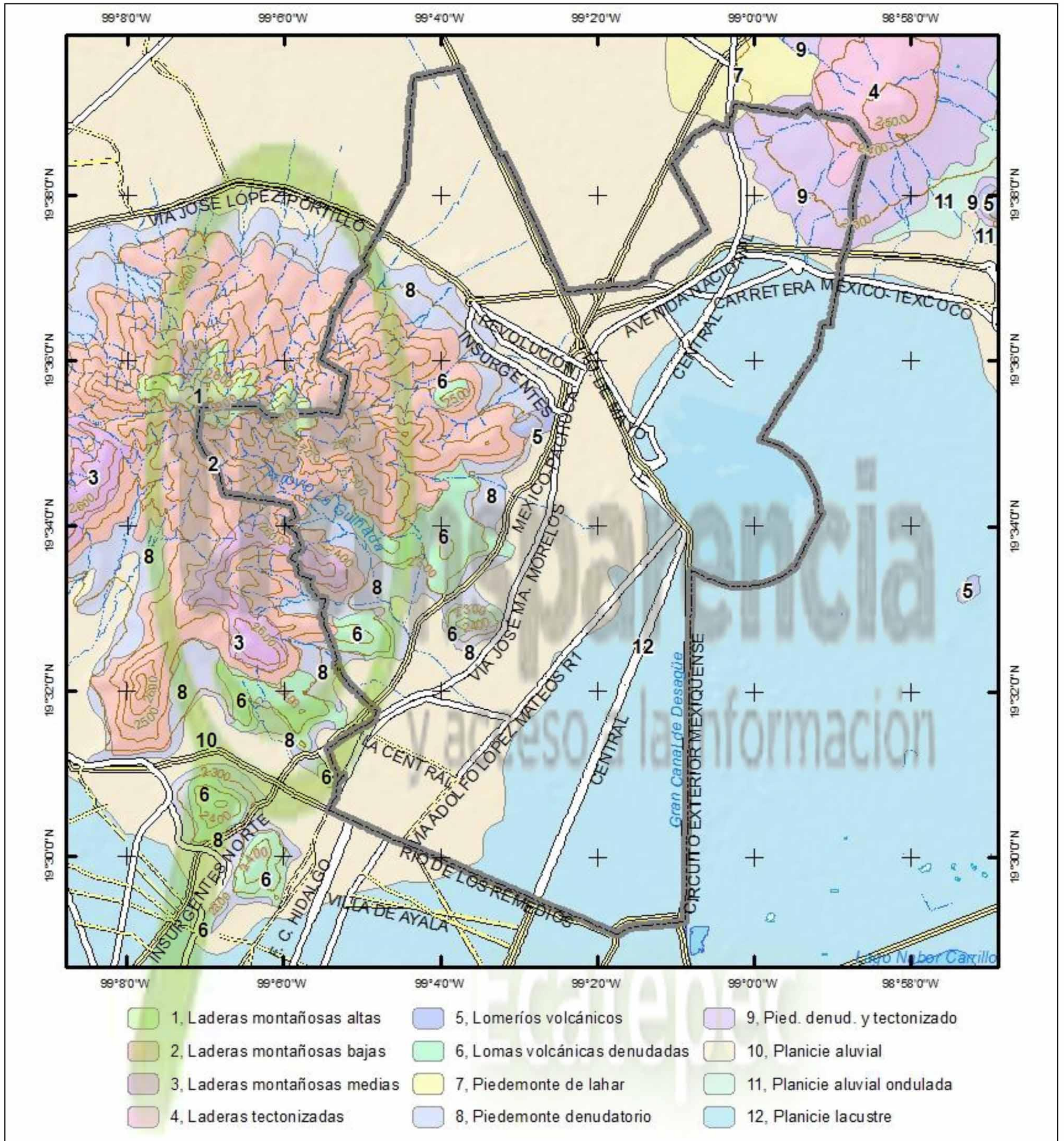
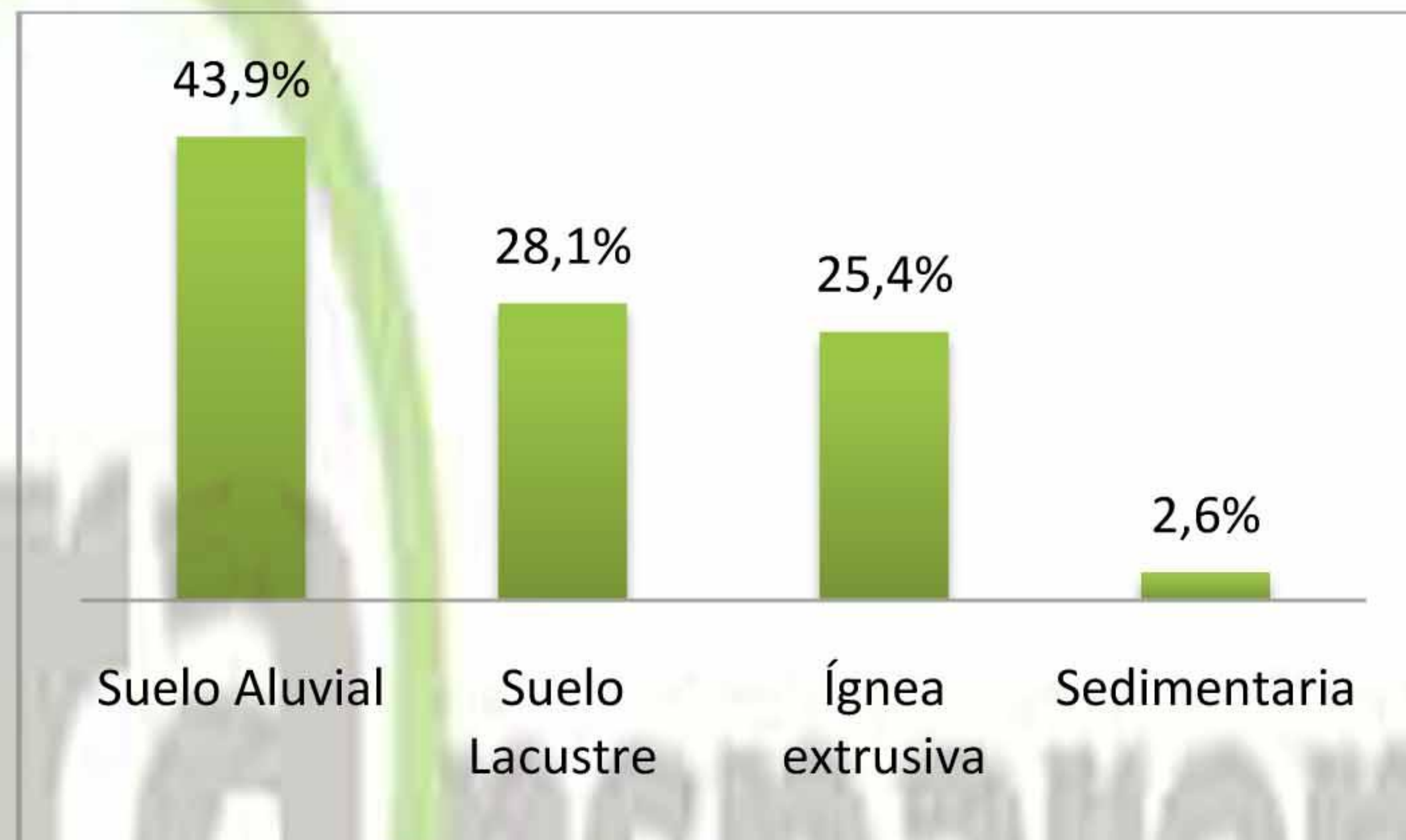


Figura 3.2 Mapa Geomorfológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Tapia Varela y López Blanco, IGg UNAM, 1999.

### 3.3 Geología

La geología del municipio de Ecatepec de Morelos está compuesta por rocas de tipo ígnea, sedimentaria y por enormes depósitos de sedimentos aluviales y lacustres los cuales son resultado de la intensa actividad exógena presente en la región.



Grafica 3.2 Porcentaje de la superficie de la clase e roca y suelo del Municipio de Ecatepec de Morelos.

Las rocas de tipo ígneo se hacen presentes en la zona de la Sierra de Guadalupe la cual es una unidad volcánica que consiste en domos y volcanes compuestos que constituyen una estructura circular de 17 km. de diámetro con una altura de 800 m. respecto a la planicie lacustre que la delimita. Los principales volcanes que la forman son de tipo compuesto originados por grandes erupciones explosivas que terminaron con actividad efusiva y extrusiva. El tipo de rocas predominantes son las andesitas y en cantidades menores riolita y dacita.

Por otra parte las rocas sedimentarias encontradas en el municipio son brechas sedimentarias originadas a partir de materiales piroclásticos depositados después de los episodios volcánicos registrados en la zona. De igual forma los suelos aluviales y lacustres se formaron a partir de los depósitos provenientes principalmente de los ríos.

Roca / Suelo	Características	Área (Km2)	% de superficie
<b>Andesita Ts(A)</b>	Roca ígnea efusiva de composición intermedia, color oscuro, compuesta de cristales de plagioclasa intermedia, minerales máficos y frecuentemente vidrio volcánico.	24.16	15.48
<b>Basalto Ts(B)</b>	Roca ígnea efusiva de composición básica y color oscuro, con frecuencia consiste principalmente en plagioclasas básicas, augita y olivino.	0.07	0.04
<b>Brecha Sedimentaria</b>	Es una roca sedimentaria detrítica. Una brecha es la consolidación de clastos angulosos en vez de redondeados,	4.05	2.60



<b>Ts(bs)</b>	debido a que los cantos experimentan abrasión y se redondean durante su transportación.		
<b>Brecha Volcánica Básica Q(Bvb)</b>	Cuando las gravas llegan a consolidarse, o a soldarse irregularmente por sus aristas forman una brecha volcánica y esto sucede generalmente entre dos corrientes de lava. Las rocas de este grupo varían ampliamente en sus resistencias, permeabilidad y comportamiento en sus afloraciones.	1.09	0.70
<b>Suelo aluvial Q(al)</b>	Cuando las partículas de material han sido transportadas por el agua, el suelo se forma a partir del aluvión y el suelo sedimentario que se produce es un suelo aluvial. Los suelos pueden ser transportados por aguas en movimiento como la de lluvia, la de los ríos o de las marismas. La sedimentación puede ocurrir en aguas acumuladas como en los lagos, los pantanos o el mar. Se encuentran en las zonas denominadas llanuras de sedimentación, donde la topografía es, por lo regular, ligeramente ondulada o casi llana. A menudo, la composición de estos suelos contiene suficiente arcilla para la retención del agua y la construcción de diques.	68.48	43.88
<b>Suelo Lacustre Q(la)</b>	El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas	43.89	28.12
<b>Toba Básica Q(Tb)</b>	Las tobas, son un grupo de rocas formado de materiales arrojados por erupciones volcánicas tales como lapilli, ceniza y arena posteriormente compactados y cementados. La toba Básica está constituida por fragmentos piroclásticos de composición básica. La unidad presenta un color gris oscuro, mientras que al intemperismo adopta un color crema con tonos rojizos.	4.67	2.99
<b>Volcanoclástico Ts(Vc)</b>	Son fragmentos rocosos tales como cenizas, arenas, etc., arrojados durante las erupciones volcánicas explosivas. El su conjunto originan tobas, brechas y otras rocas. Por su trabajo y forma pueden ser bombas, bloques, lapilli, arenas, cenizas.	9.67	6.19

Tabla 3.3 Tipos de roca y suelo localizados en el municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Carta Geológica E14-2 esc. 1:250000.

Producto de esta intensa actividad volcánica y tectónica presente en la zona se pueden encontrar a lo largo del municipio fallas y fracturas originadas principalmente por esfuerzos de tensión, contracción y por el rompimiento de la corteza terrestre. De acuerdo con García-Palomo et al 2006 dentro del territorio municipal se localizan 12 fracturas y tres fallas normales, las cuales se encuentran en su totalidad dentro de la Sierra de Guadalupe.

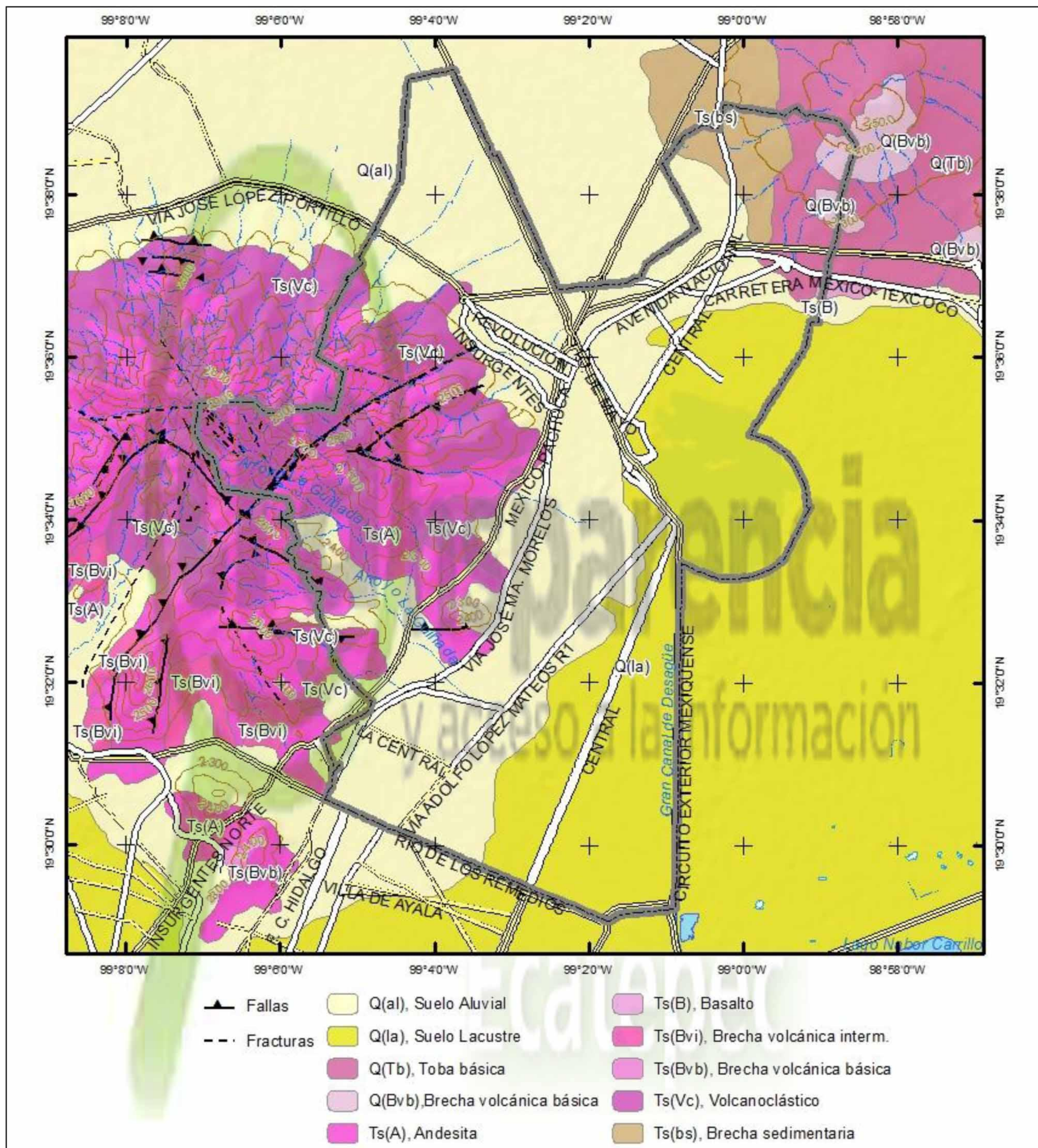


Figura 3.3 Mapa Geológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Carta Geológica E14-2, INEGI

### 3.4 Edafología

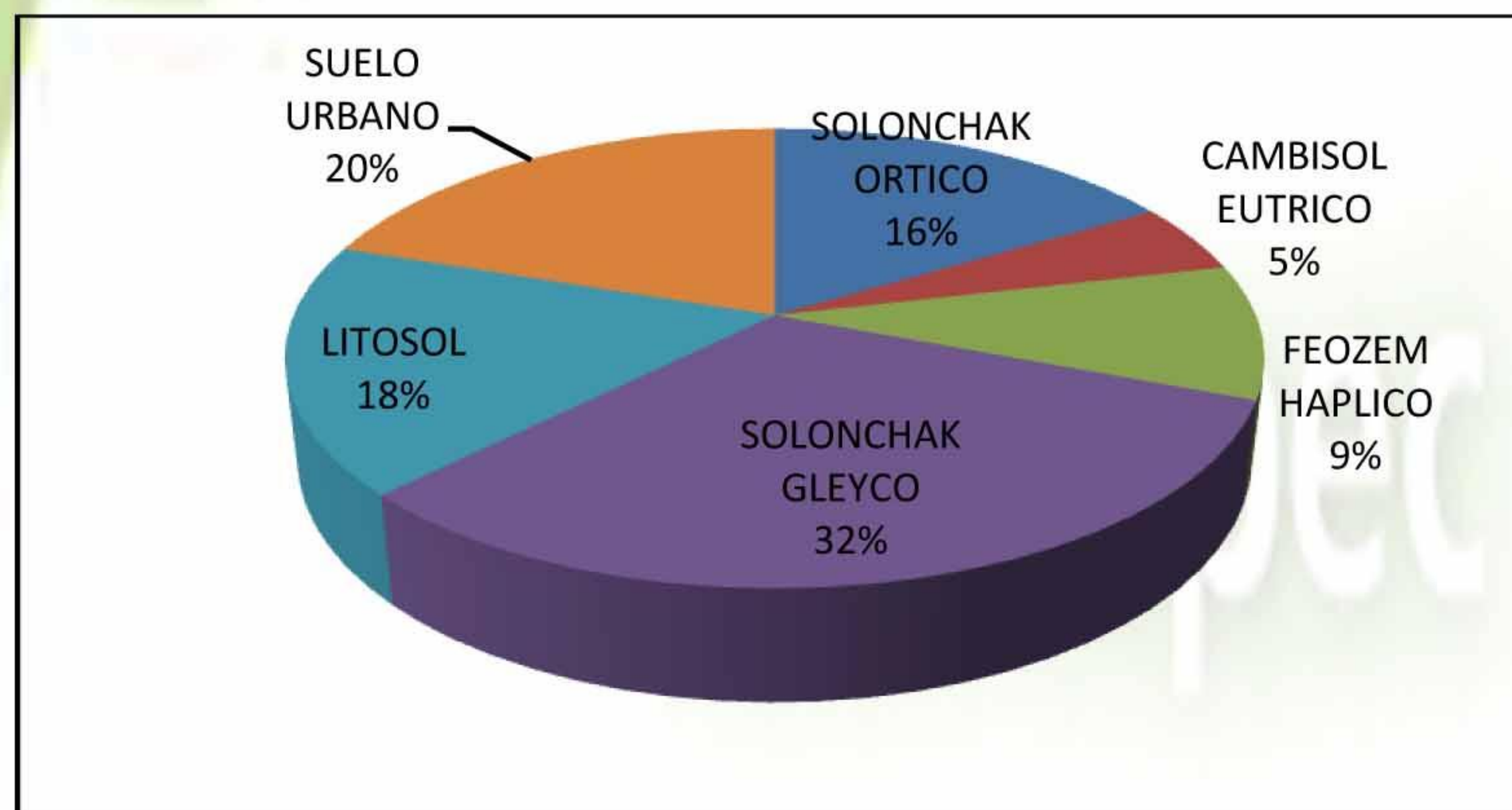
El suelo es uno de los principales soportes de la vida al igual que el agua y el aire, ocupa la mayor parte de superficie terrestre y sobre él se dan la mayor parte de las actividades humanas. Es considerado como una superficie de contacto donde interactúan varios factores que intervienen en su formación y determinan sus características particulares como la geología, el tiempo, el clima, la geomorfología y la vegetación. De igual forma es catalogado como un recurso natural no renovable debido a que su proceso de formación y madurez tarda cientos de años.

Así pues, el suelo es un material que se desarrolla en respuesta a interacciones ambientales complejas, evoluciona de manera gradual y responde de distinta manera ante las condiciones del medio geográfico. Es por esa razón que existen varios tipos de suelo a lo largo del país. En la Cuenca del Valle de México se presentan diferentes tipos de suelo resultado de sus particulares condiciones espaciales.

Las condiciones geomorfológicas e hidrológicas que presenta el municipio de Ecatepec de Morelos como planicies lacustres, laderas montañosas y escurrimientos que no tienen salida al mar han determinado de manera preponderante el tipo de suelo encontrado dentro del municipio. En las zonas de ladera y piedemonte que corresponden a la porción de la Sierra de Guadalupe que se encuentra dentro de la demarcación, se localizan los suelos de tipo Litosol a partir de los 2300 a 3000 msnm aproximadamente. Esta zona es bastante dinámica ya que se presenta un acarreo de materiales hacia zonas más bajas.

Por otra parte en la zona de piedemonte de la Sierra a una altitud aproximada de 2250 a 2260 msnm, se localizan suelos de tipo Feozemháplico, los cuales son desarrollados y ricos en materia orgánica. En la parte central del municipio, en la zona de origen lacustre se presentan los suelos tipo Solonchak los cuales son salinos. Al noreste, al incrementarse la altitud se halla suelo tipo Cambisoleutrítico el cual es un suelo joven y poco desarrollado.

En la siguiente grafica se observa el porcentaje de superficie que ocupan los suelos en el municipio, es para destacar que la mayor parte son de tipo Solonchak con un 48%, ubicado en la parte lacustre del municipio, seguido por suelo urbano (20%) y Litosol (18%).



Grafica 3.3 Porcentaje de la superficie de los suelos del Municipio de Ecatepec de Morelos.



Suelo	Características	Área (Km2)	% de superficie
<b>CambisolEutríco</b>	En general los suelos Cambisol, son suelos jóvenes y poco desarrollados, pero a diferencia de los demás presenta nutrientes. Su fase física presenta rocas duras a menos de 50 cm de profundidad.	7.72	4.9
<b>FeozemHáplico</b>	El Feozem es un suelo con una capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materia orgánica y con nutrientes. El FeozemHáplico no presenta ninguna propiedad especial.	14.76	9.5
<b>Litosol</b>	Se encuentran en todos los climas y puede sostener diversos tipos de vegetación, en todas las sierras de México, barrancas, lomeríos y en algunos terrenos planos. Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepalcates o caliche endurecido. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales.	27.42	17.6
<b>SolonchakGleyco</b>	Los suelos Solonchak se presentan en diversos climas, pero principalmente en zonas donde se acumula salitre tales como lagunas costeras y lechos de lagos. Las características de los solonchaks gleyicos, provocan inundaciones en época de lluvia por la poca permeabilidad, el alto manto freático y la necesidad de dar salida al agua. Es gris o azulosa y al exponerse al aire se mancha de rojo.	49.52	31.7
<b>SolonchakOrtíco</b>	Presenta las características definidas de la Unidad. No son aptos para actividades agrícolas.	25.63	16.4
<b>Suelo urbano</b>	Suelo cubierto por asentamientos humanos e infraestructura.	31.02	19.9

Tabla 3.4 Suelos ubicados dentro del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: INIFAP - CONABIO 1995 y Guía para la interpretación de cartografía. Edafología INEGI 2004.

y acceso a la información

Ecatepec



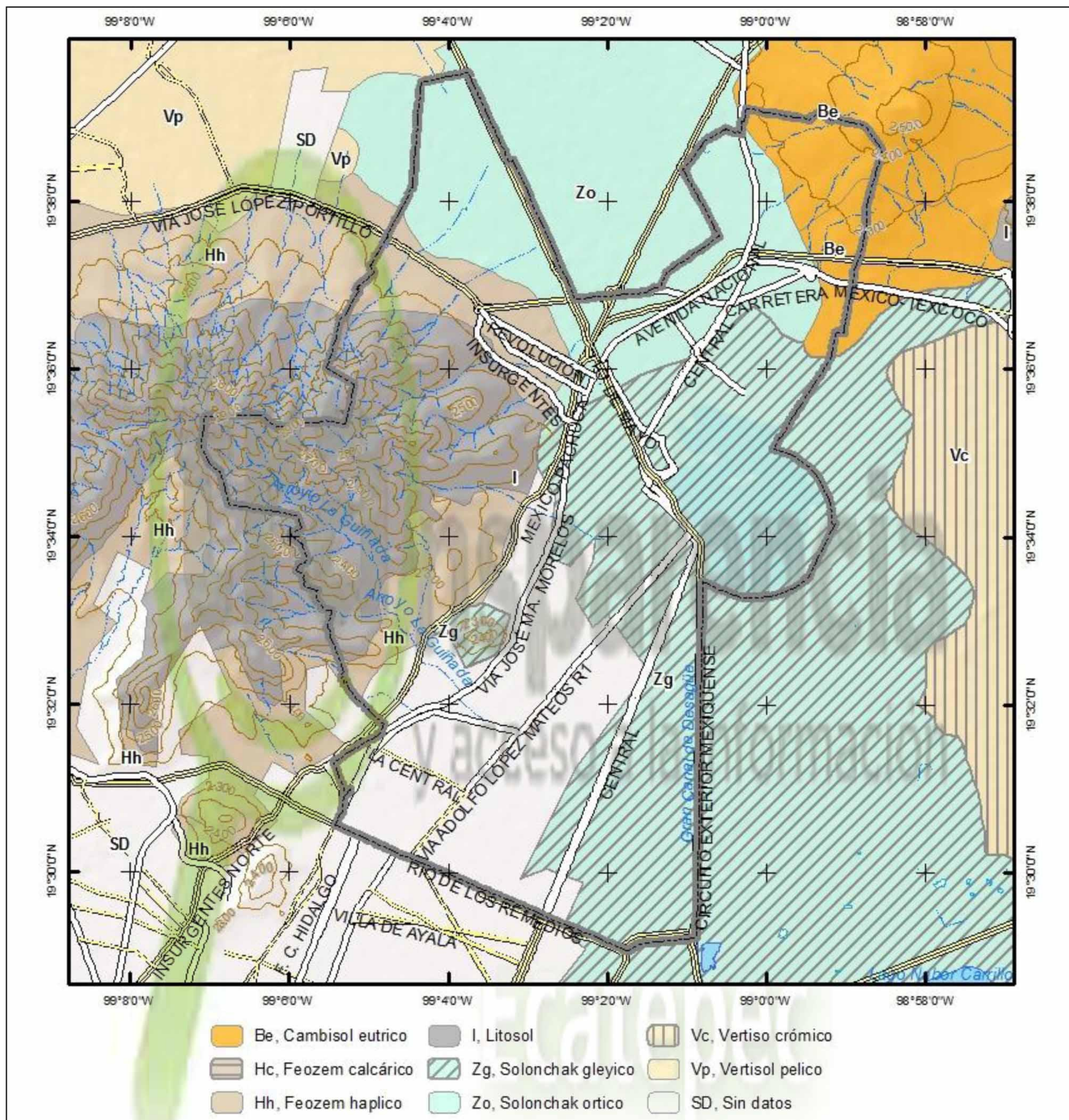


Figura 3.4 Mapa Edafológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: INIFAP - CONABIO 1995



### 3.5 Hidrografía

La hidrografía del municipio está compuesta principalmente por escurrimientos de tipo intermitente y canales que transportan aguas negras fuera del territorio del Distrito Federal. La mayor parte de los escurrimientos nacen en las partes más altas de la Sierra de Guadalupe, los cuales en periodo de lluvias acarrearán gran cantidad de sedimentos provenientes de las zonas más elevadas y erosionadas de la Sierra, así como basura, lo que ocasiona severos problemas a los habitantes del municipio.

Los elementos hidrológicos más importantes encontrados dentro del municipio se describen en la siguiente tabla:

Tipo	Nombre
Canal	Canal Las Sales
Canal	Gran Canal de Desagüe
Arroyo	Arroyo La Guiñada
Salina	Depósito de Evaporación Solar El Caracol
Salina	El Caracol
Arroyo	Arroyo Majada Grande

Tabla 3.5 Elementos hidrológicos más importantes del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI, Carta Topográfica E14A29, E14B21, E14A39 y E14B31 Esc. 1:50000

Es importante mencionar que el municipio no cuenta con cuerpos de agua lénticos (lagos, lagunas, presas). Al este se localiza el depósito de evaporación solar “El Caracol”, que concentraba y evaporaba las aguas del ex Lago de Texcoco; en este sitio se extraía carbonato de sodio, sosa cáustica y sal común, que posteriormente eran procesados. Actualmente “El Caracol” se encuentra en desuso.

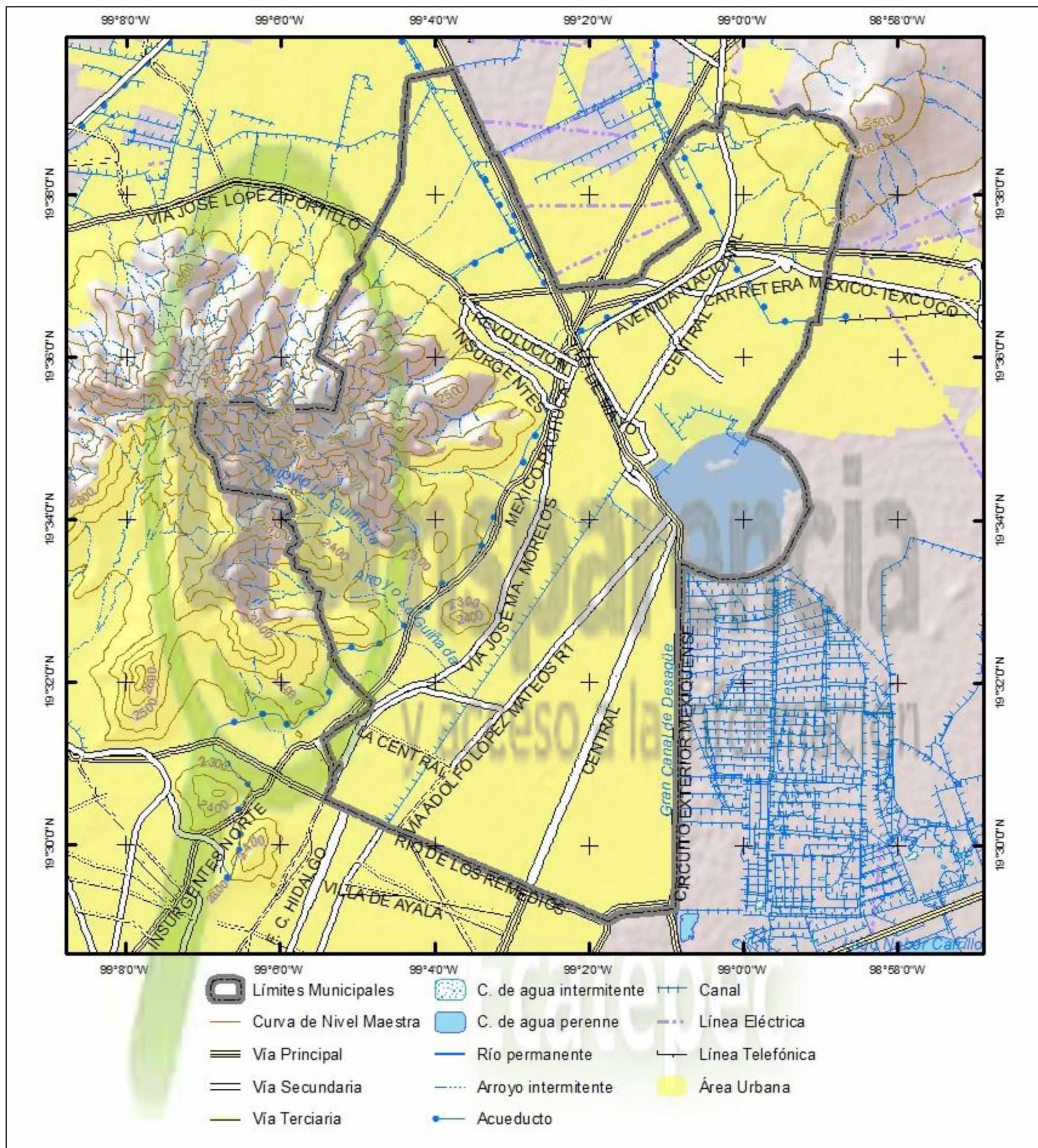


Figura 3.5 Mapa Hidrográfico del Municipio de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI



### 3.6 Cuencas y Subcuencas

El municipio de Ecatepec de Morelos se localiza dentro de la región hidrológica número 26 Pánuco (RH26) la cual se encuentra dentro de la Región Administrativa IX, Golfo Norte de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) la cual está conformada por 154 municipios de nueve entidades federativas, cuya superficie suma 127,867 km<sup>2</sup>, los cuales corresponden al 6.5% del territorio nacional.

Esta región hidrológica se encuentra integrada por las cuencas de los ríos Pánuco, Moctezuma, Tamuín y Támesi, además cubre parte de los estados de México, Hidalgo, Querétaro Puebla, Veracruz, Guanajuato, San Luis Potosí, Tamaulipas y Nuevo León, así como una parte del Distrito Federal, lugar donde el río Pánuco tiene su origen artificialmente. Es importante mencionar que esta región comprende completamente la cuenca del río Pánuco, que es uno de los más importantes del país tanto por la superficie que ocupa (84,956 km<sup>2</sup>), que lo coloca en el cuarto lugar entre los de la República, como por el elevado volumen de su escurrimiento, que ocupa el quinto lugar en el ámbito nacional.

De igual forma el territorio municipal se encuentra ubicado dentro de la subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango, misma que forma parte de la Cuenca del Río Moctezuma. Esta cuenca se encuentra situada entre los 19° y 22° de latitud norte y entre los 90° y 100°15' de longitud oeste. Está limitada por las siguientes cuencas hidrológicas: al sur con la del río Balsas, al oriente con las de los ríos Tuxpan, Cazonas y Tecolutla, al poniente con la del río Lerma y al norte con las de los ríos Tempoal y Pánuco.

Por otra parte la subcuenca Lago de Texcoco y Zumpango es de tipo endorreica, es decir el agua no tiene salida fluvial hacia el océano, cualquier precipitación que escurra dentro de la cuenca a través de corrientes regularmente de tipo intermitente permanece en ese lugar, dejando al sistema únicamente por infiltración o evaporación, este tipo de procesos contribuyen a la concentración de sales en el lugar. Actualmente el lago de Texcoco se encuentra en proceso de desaparición y el de Zumpango en curso de recuperación ya que representa un alto valor ecológico para la zona. En esta subcuenca se localizan obras de ingeniería como el Canal de las Sales y el Gran Canal de Desagüe.

Región		Cuenca			Subcuenca			
Clave	Nombre	% de la superficie municipal	Clave	Nombre	% De la superficie municipal	Clave	Nombre	% de la superficie municipal
RH26	PÁNUCO	100	D	R. MOCTEZUMA	100	p	L. TEXCOCO Y ZUMPANGO	100

Tabla 3.6 Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ecatepec de Morelos, México. INEGI 2009 y Cuaderno estadístico municipal Ecatepec de Morelos, INEGI 2005.

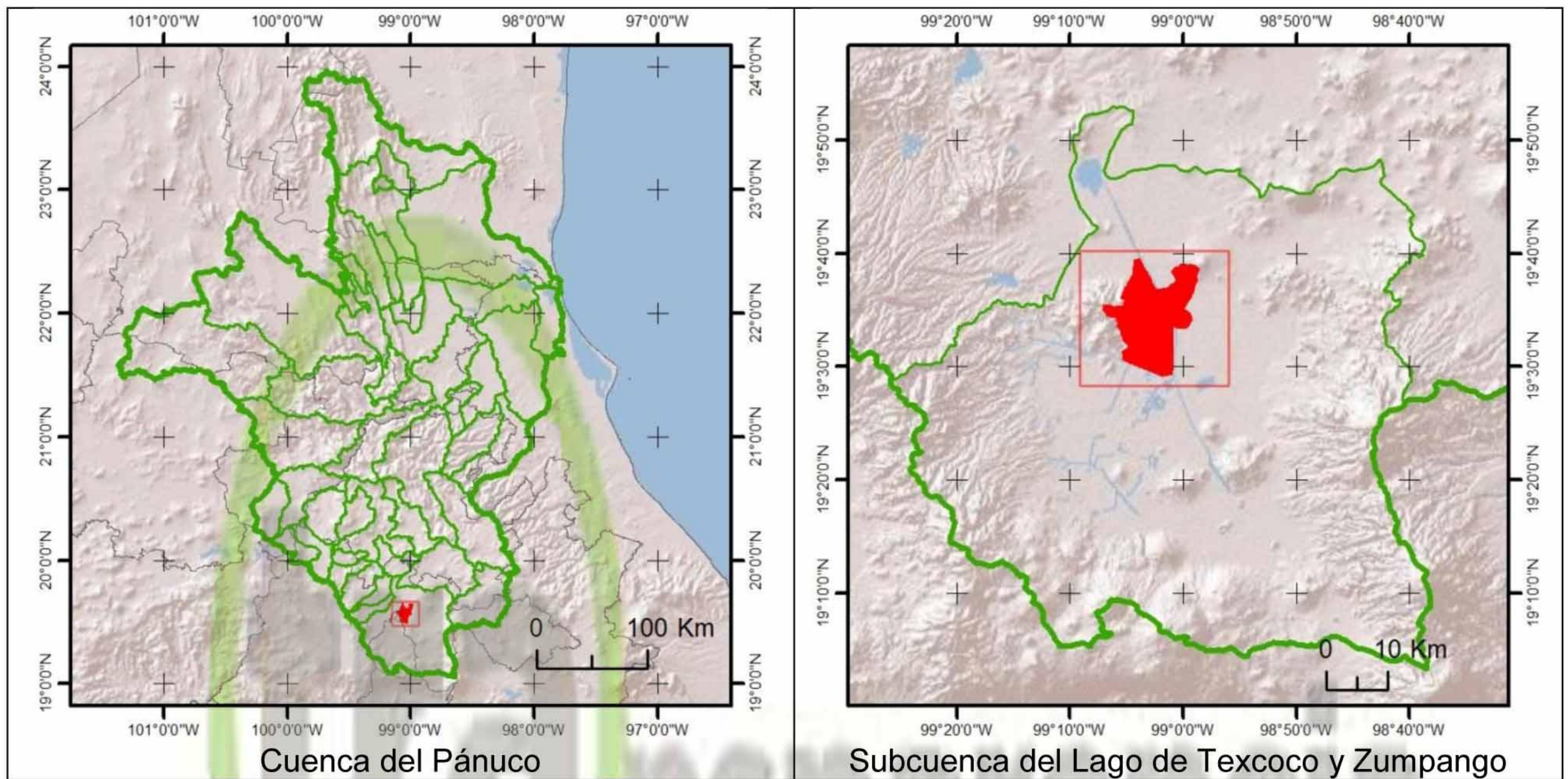


Figura 3.6 Mapa de Cuenca y Subcuenca los que pertenece el Municipio de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI

### 3.7 Clima

El municipio de Ecatepec de Morelos posee un clima templado en el 65% de su territorio y variaciones en su relieve y altitud sobre todo en la porción oriental hacen que se presente también clima del tipo semiseco. Estos cambios de geomorfología y altitud afectan directamente a los elementos climáticos del lugar, por lo que en las partes altas no existe la misma temperatura, presión, humedad, nubosidad y precipitación que en las partes bajas.

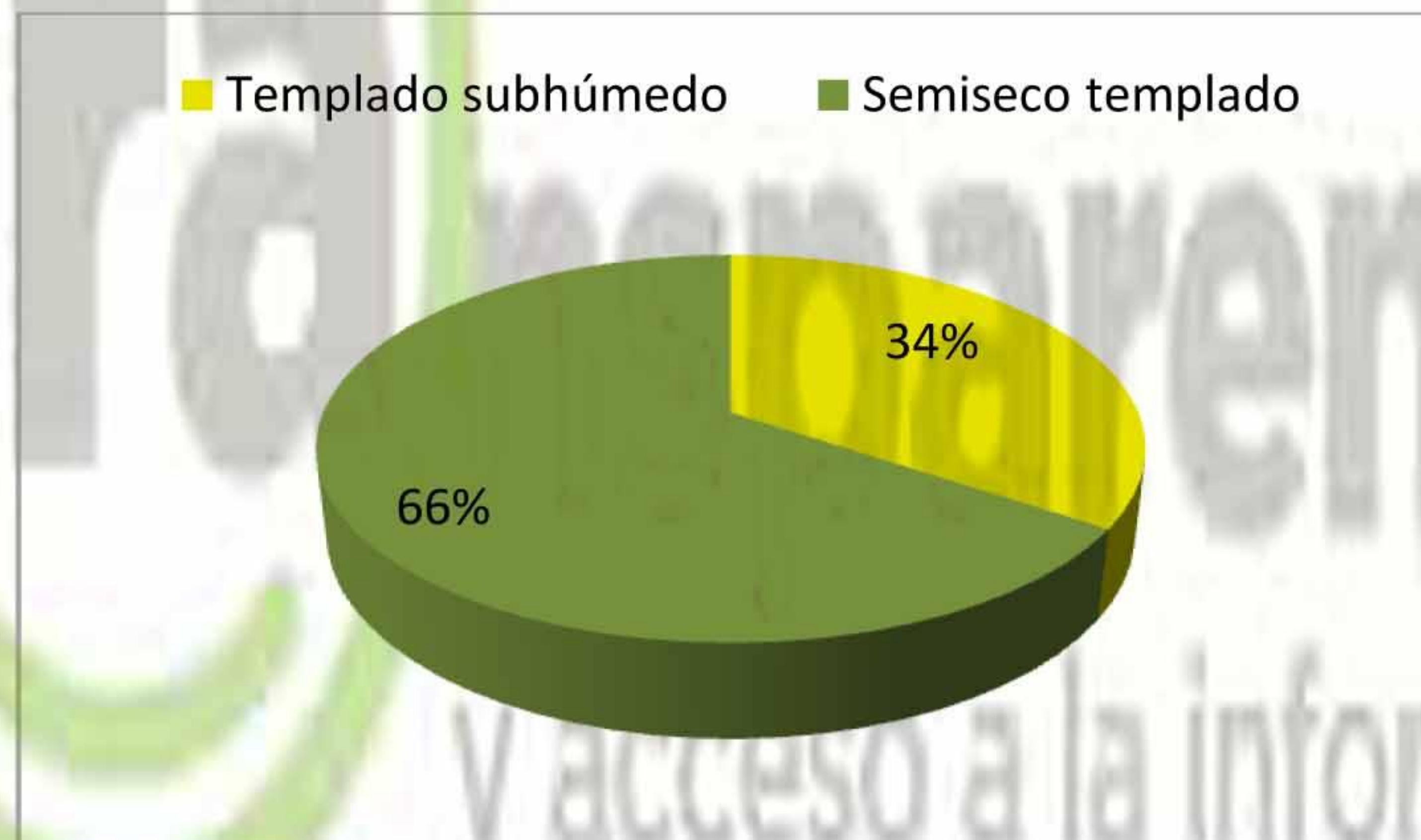
La parte noreste perteneciente a la Sierra de Guadalupe tiene un clima Templado subhúmedo C (w0)(w) y en las planicies corresponde un clima Semiseco templado Bs1kw; ambos con lluvias en verano.

Clima	Descripción	Ubicación	Área (Km <sup>2</sup> )	% de superficie
C(w0)(w)	Templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C, subhúmedo, precipitación	Se presenta al oeste del municipio, en zonas de lomeríos y la a las faldas de la Sierra de Guadalupe. A este clima lo divide	53.71137	34.4



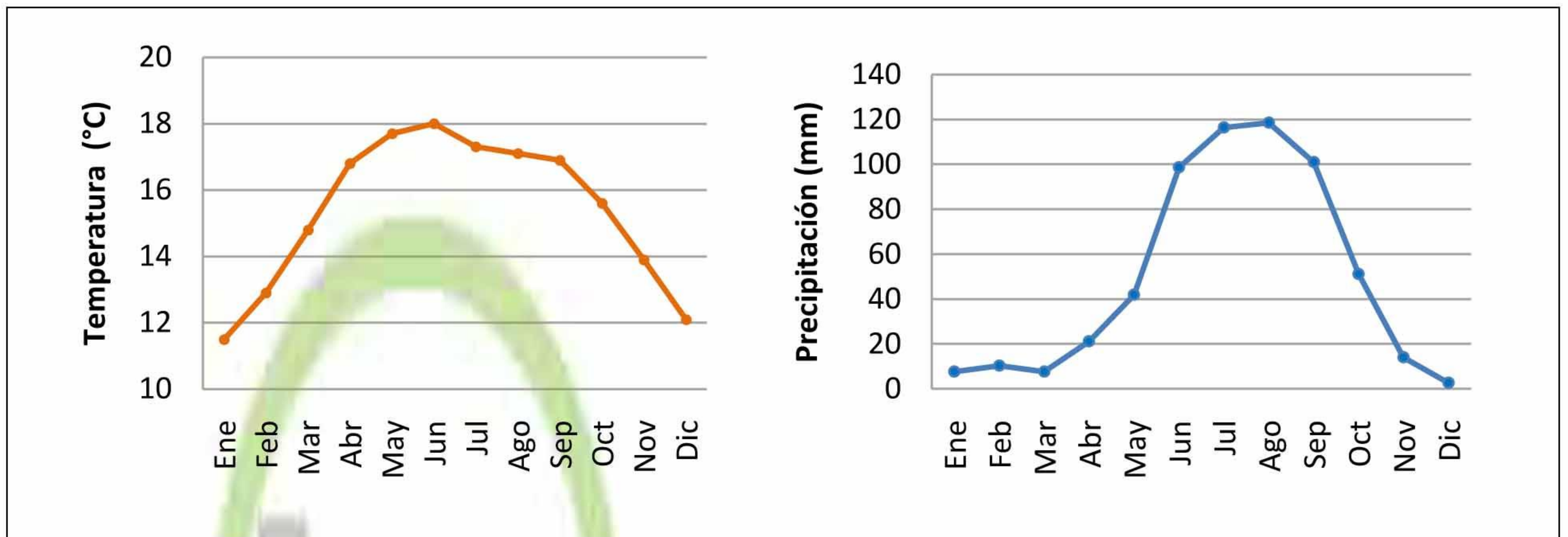
Clima	Descripción	Ubicación	Área (Km <sup>2</sup> )	% de superficie
	anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	principalmente la isoyeta de 600mm.		
<b>Bs1kw</b>	Semiseco, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18° C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	Se ubica en la mayor parte del municipio del centro hacia el este, en zonas planas donde se encontraban antiguos vasos lacustres.	102.35853	65.6

Tabla 3.7 Climas del Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de la serie recursos naturales, INEGI.



Gráfica 3.4 Porcentaje de la cobertura municipal de climas en el Municipio de Ecatepec.

De acuerdo con datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional en el lapso de 1981-2010 se ha registrado en el municipio una temperatura media de anual de 15.4 °C y una precipitación de 591mm. Los siguientes gráficos muestran el comportamiento medio anual de estos elementos del clima.



Grafica 3.5 Comportamiento de la temperatura y precipitación media mensual del Municipio de Ecatepec de Morelos, 1982 - 2010. Fuente: Normales Climatológicas, SMN.

La temperatura influye en el contenido de agua en la atmósfera o humedad atmosférica; cuanto más caliente está una masa de aire, mayor es la cantidad de vapor de agua que puede retener. En contrapartida, a temperaturas bajas puede almacenar menos vapor de agua. La humedad relativa es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría admitir, sin producirse condensación, conservando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica y se expresa en porcentaje. La humedad relativa de esta región es de 30.5% en la parte más baja del municipio al ubicado este, hasta subir gradualmente hacia la parte suroeste del municipio en la Sierra de Guadalupe, con una humedad relativa de 38%. En la región se presentan vientos del norte y noreste con intensidades de 5 m/s.

y acceso a la información

Ecatepec

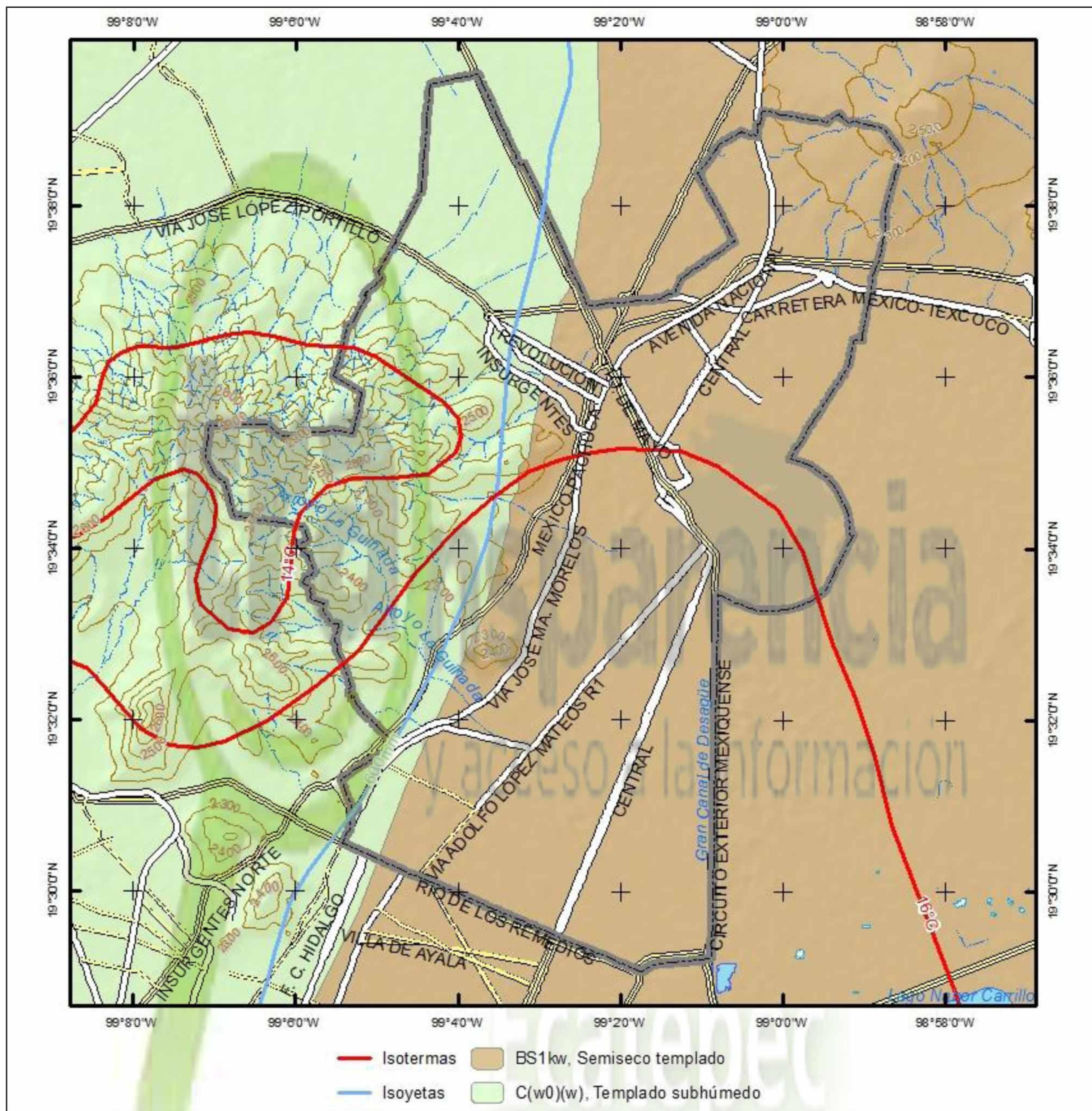


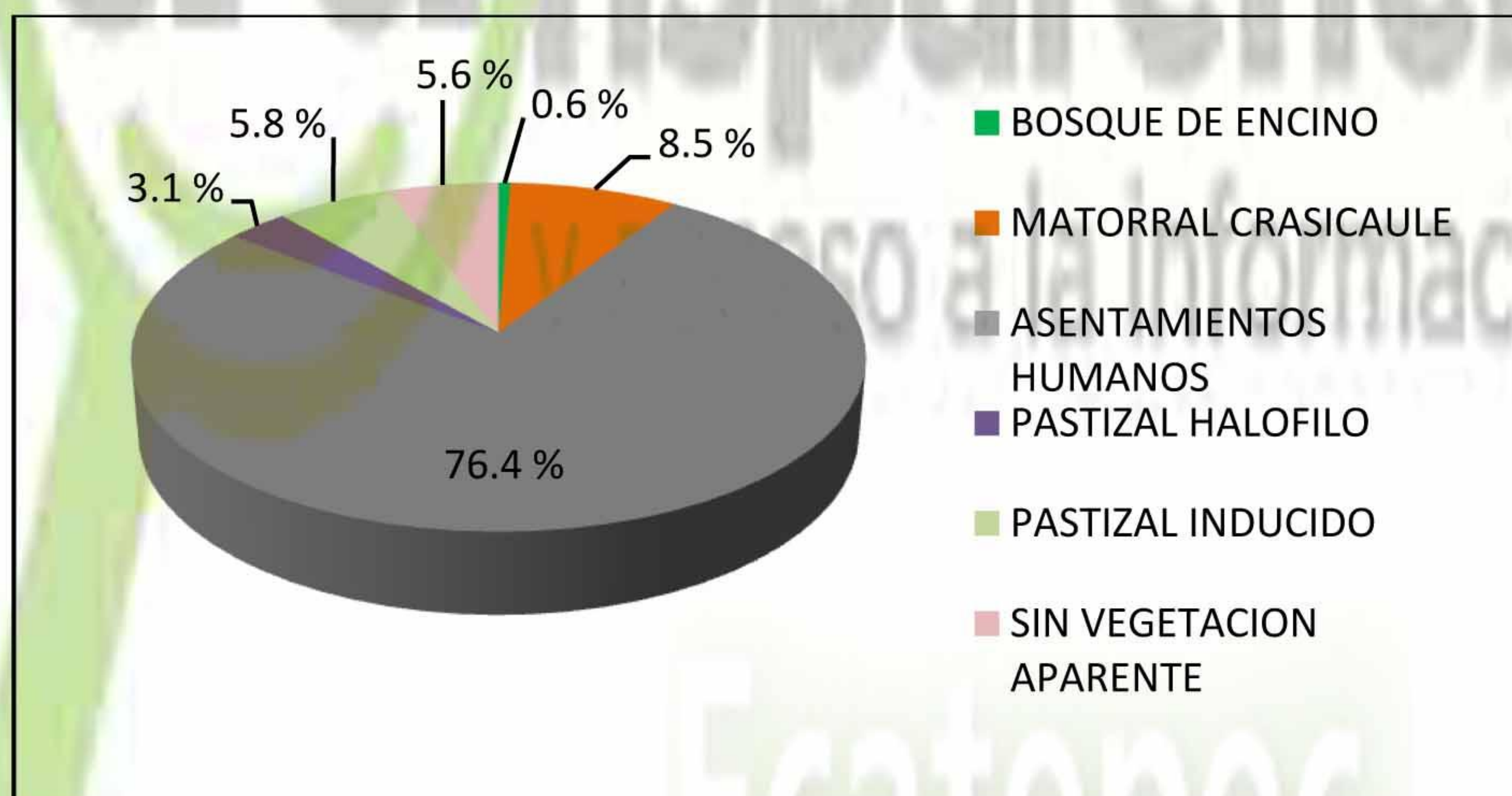
Figura 3.7 Mapa de Climas del Municipio de Ecatepec. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de la Serie Recursos Naturales, INEGI



### 3.8 Uso de suelo y vegetación

Uno de los aspectos que es indispensable conocer al momento de realizar diagnósticos o estudios del riesgo es cómo se está utilizando la superficie del territorio ya que no todos los fenómenos susceptibles de ocasionar peligros o riesgo se desenvuelven con la misma forma o intensidad en un tipo de cobertura que en otro, por ejemplo la susceptibilidad a movimientos de ladera no va a ser la misma en una superficie cubierta por bosque que en aquellas zonas desprovistas de árboles. Esta información es muy importante para la puesta en marcha de políticas de planeación, ordenamiento territorial, desarrollo urbano y el aprovechamiento de los recursos naturales.

La vegetación del municipio ha sido alterada de manera irreversible por el crecimiento de la mancha urbana, la cual se ha extendido más allá de las zonas planas alcanzando aquellas con pendientes inadecuadas para ser habitadas. Los tipos de vegetación encontrados dentro del municipio se pueden dividir en tres tipos, bosques, matorrales y pastizales. Los primeros se encuentran en las partes más altas de la Sierra de Guadalupe, dentro de las zonas de clima templado; los matorrales se localizan en la mayor parte de las laderas siendo estos los más afectados por el crecimiento de los asentamientos humanos; por otra parte, los pastizales de tipo inducido se localizan en las zonas de piedemonte los cuales son el producto de la alteración de la vegetación original y los pastizales de tipo halófilo se localizan en los suelo salinos ubicados en las cercanías al depósito de evaporación solar El Caracol.



Grafica 3.6 Porcentajes de cobertura municipal de los distintos tipos de uso de suelo y vegetación del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Conjunto vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV INEGI Carta E14-2 escala 1:250000.



Tipo de cobertura	Características	Área (Km2)	% de superficie
<b>Bosque de encino</b>	Estos bosques se distribuyen prácticamente en todo México, principalmente en las sierras madres, y Eje Neovolcánico, así como en los estados de Oaxaca y Chiapas. Las especies más comunes de estas comunidades son encino laurelillo, encino blanco y roble. Es el tipo de vegetación que cuenta con la menor superficie dentro del municipio, solo se encuentra en las partes más altas de la Sierra de Guadalupe.	0.97542	0.6
<b>Matorral crasicale</b>	Este tipo de vegetación muestra predominancia de cactáceas grandes con tallos aplanados o cilíndricos como Nopaleras, Chollales, Cardonales, Tetecheras, etcétera. Se ubica en la zona de laderas del municipio.	13.30371	8.5
<b>Asentamientos humanos</b>	Ocupan la mayor parte del municipio.	119.26056	76.4
<b>Pastizal halófilo</b>	Son los pastos que se desarrollan en suelos con alto contenido de sales solubles. Se localiza principalmente en las cercanías al depósito de evaporación El Caracol.	4.80001	3.1
<b>Pastizal inducido</b>	Este tipo de pastizal es el que surge cuando es eliminada la vegetación original del lugar, es decir aparece como consecuencia de desmonte de cualquier tipo de vegetación. Se localiza principalmente en la zona de piedemonte de la Sierra de Guadalupe.	9.02834	5.8
<b>Sin vegetación aparente</b>	Se incluye en este rubro a aquellas zonas que se encuentran desprovistas de vegetación o que ésta no es aparente y por ende no se le puede considerar bajo alguna de las clasificaciones de vegetación existentes. Se encuentra principalmente dentro de las instalaciones del depósito de evaporación.	8.70187	5.6

Tabla 3.8 Uso del suelo y vegetación del municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Conjunto Vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV INEGI Carta E14-2 escala 1:250000, Rzedowski. La vegetación de México. Limusa, primera edición 1978, México.

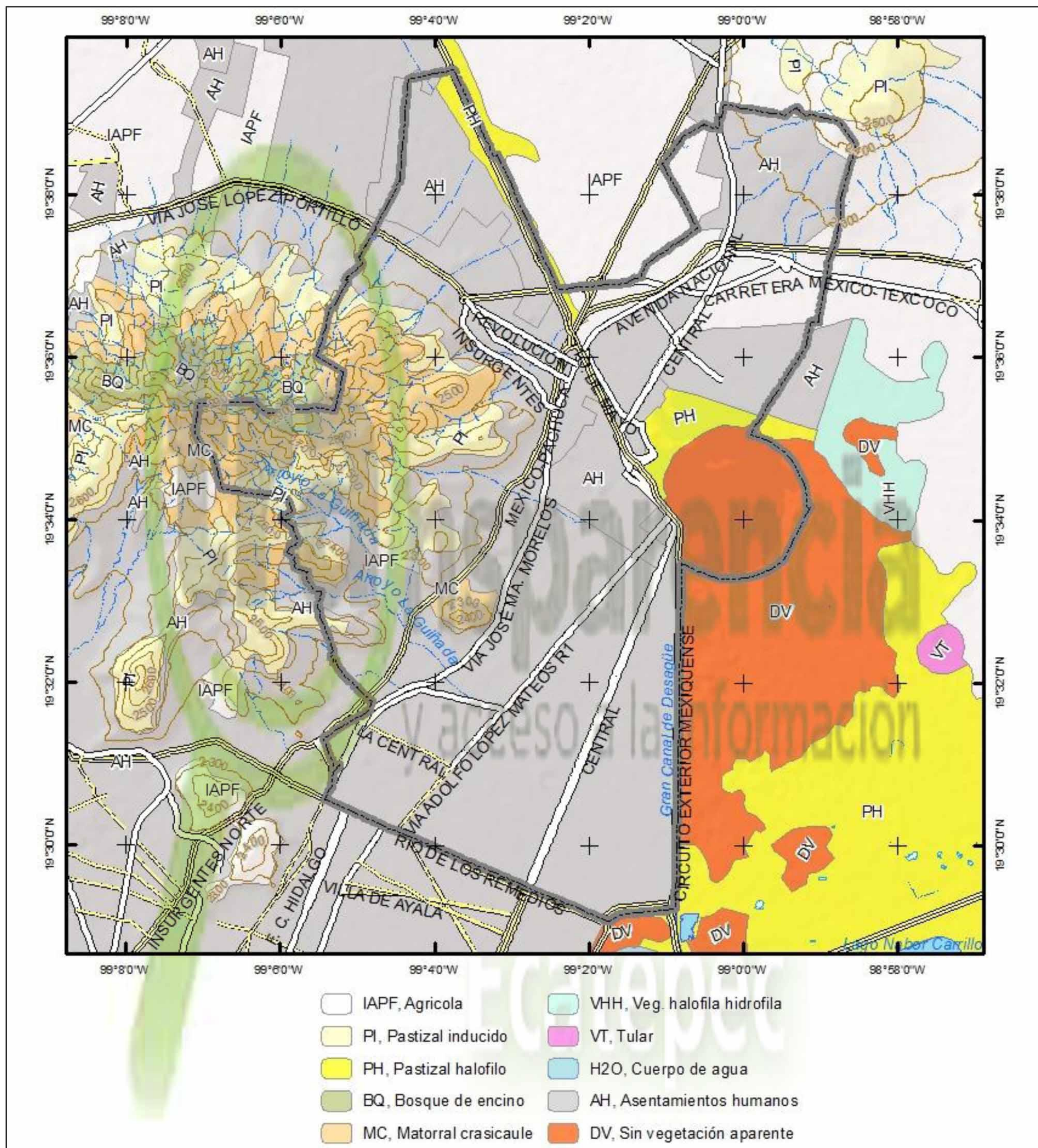


Figura 3.8 Mapa de Uso de Suelo y Vegetación en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI



## 3.9 Áreas naturales protegidas

De acuerdo con la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) las Áreas Naturales Protegidas (ANP) son porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y que producen beneficios ecológicos cada vez más reconocidos y valorados. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley.

En nuestro país se cuenta con 176 áreas naturales de carácter federal, y cada uno de los Estados tiene diferentes categorías de ANP. Una porción del territorio del municipio de Ecatepec de Morelos forma parte del Área Natural Protegida "Sierra de Guadalupe" con categoría de Parque Estatal, con decreto inicial el 10 de agosto de 1976, al cual se le integraron áreas situadas en la cota de los 2250 a 2350, sobre el nivel del mar, por Decreto del Ejecutivo del Estado, publicado en la Gaceta del Gobierno, de 23 de noviembre de 1978.

El Parque Estatal "Sierra de Guadalupe" tiene una extensión aproximada de 72.04 km<sup>2</sup>, ubicado en los municipios de Coacalco de Berriozábal, Ecatepec de Morelos, Tlalnepantla de Baz y Tultitlán, Estado de México. En la parte correspondiente al municipio de Ecatepec de Morelos hay una extensión de 22.83 km<sup>2</sup>.

Este Parque Estatal se ha visto disminuido por el crecimiento de la mancha urbana con el surgimiento desordenado de los asentamientos humanos en las partes limítrofes, e incluso en el interior del área, los cuales incluyen tanto asentamientos irregulares, como otros autorizados, que en conjunto propician un crecimiento súbito de las demandas de servicios urbanos difíciles de satisfacer por las autoridades por una parte y por la otra una disminución en su área de reserva.

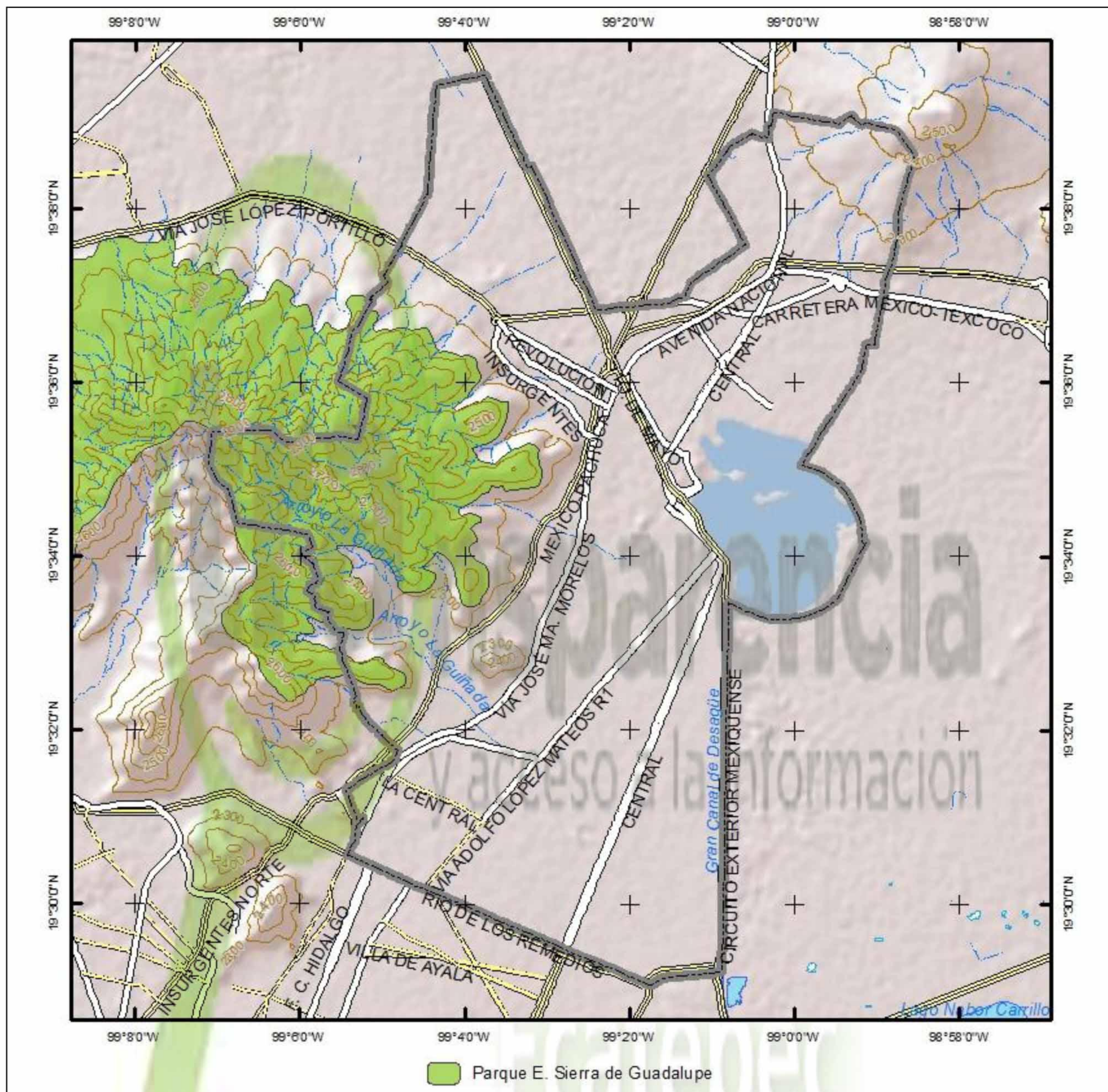


Figura 3.9 Mapa de Áreas Naturales Protegidas del Municipio de Ecatepec. Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.



# Capítulo 4 Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

La dinámica demográfica, así como las actividades y estructura económica que componen al Municipio de Ecatepec, constituyen una parte fundamental a considerar dentro del Atlas de Riesgo. Esto permite la identificación de los diversos factores socioeconómicos culturales y políticos, detectando el grado de vulnerabilidad social que pudieran presentar ciertos sectores de la sociedad, facilitando la toma de decisiones, y el planteamiento de estrategias dirigidas a la población que pueda ser más susceptible a sufrir daños por los riesgos, ya sean estos naturales o provocados por el ser humano.

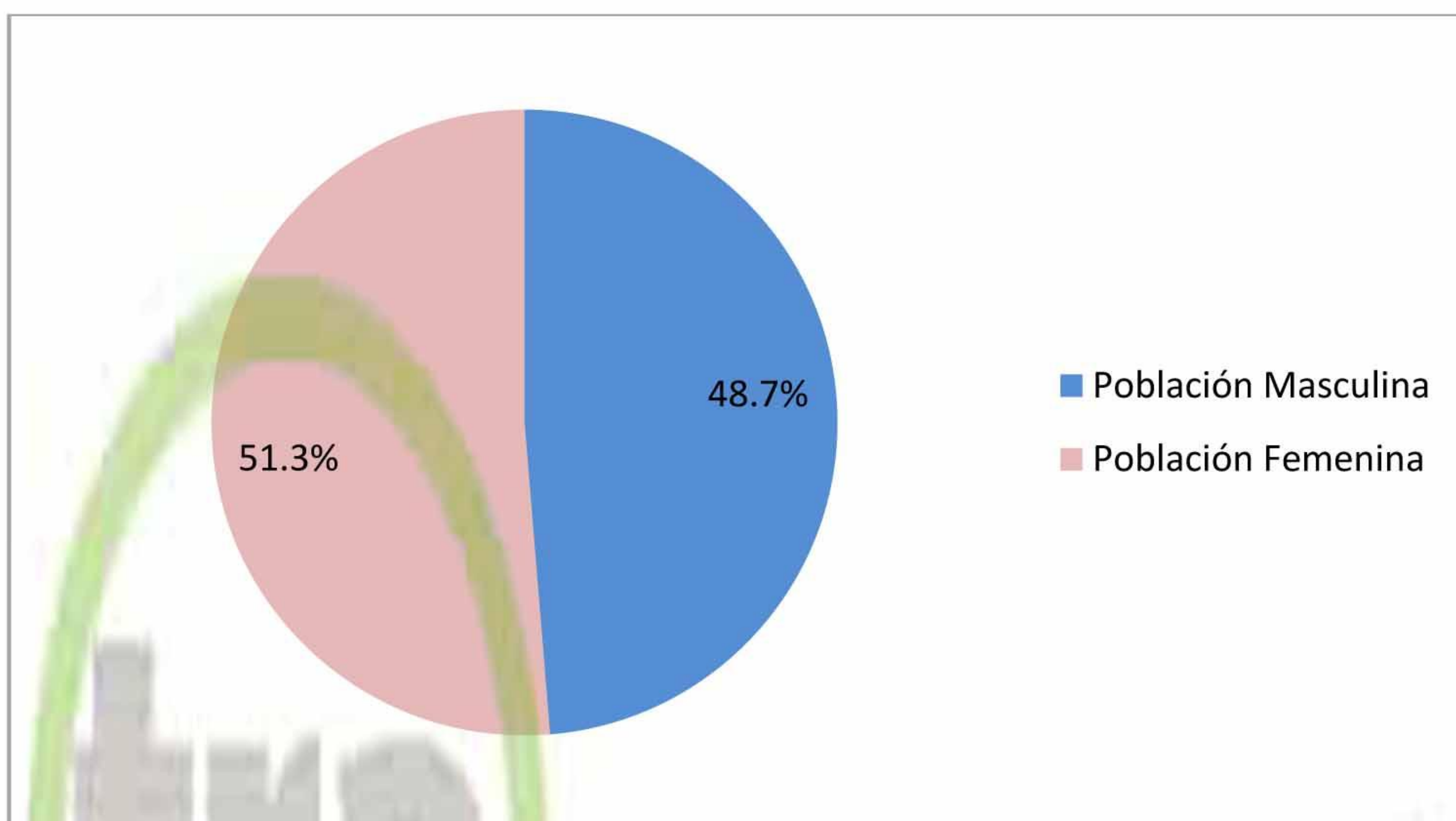
## 4.1 Elementos demográficos

Los componentes demográficos de los que se hace mención en esta caracterización, corresponden a las variables estadísticas poblacionales, generadas por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), recopilada a través de los Censos y Conteos Poblacionales, con los que se construye los indicadores que muestran la manera en la que está estructurada la población.

### 4.1.1 Dinámica demográfica

El Estado de México, según datos obtenidos por el INEGI, contaba con una población de 15,175,862 habitantes en el año 2010; el municipio de Ecatepec concentra al 10.9% de la población total, es decir, a 1,656,107 habitantes, de los cuales el 51.3% eran mujeres, mientras que el 48.7% restante eran hombres.

El Municipio de Ecatepec ha tenido una alta dinámica migratoria, el 55.4% de la población total son personas que ha nacido en otra entidad federativa, pero radica en el municipio, es decir 916,799 habitantes, mientras que la población mayor de 5 años que ha nacido en Ecatepec pero ha residido en otra Entidad Federativa para el 2010 son 65,484, es decir el 4.38% de esa categoría de edad. Para ese mismo año, el crecimiento natural fue de 27,886 personas, originando una tasa de crecimiento natural de 16.8 por mil habitantes. Por otro lado, la tasa bruta de natalidad fue de 19.1 personas por cada mil habitantes, ya que en el año 2010 se registraron 35,165 nacimientos.



Grafica 4.1 Población Masculina y Femenina en 2010 en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

#### 4.1.2 Proyección de la población de Ecatepec al año 2030

Según la CONAPO, la población del municipio de Ecatepec se mantendrá en crecimiento constante durante los próximos años, de tal suerte que para el año 2030, la población total será de 2,039,602, de los cuales 1,045,708 serán mujeres mientras que 993,895 serán hombres. Es de notar que para ese año, el grupo de edad más numeroso será el de 45 a 64 años, seguido por el grupo de 0 a 14 años. En la siguiente tabla se observan las proyecciones para cada lustro hasta el año 2030, desgregado por sexo y grupo de edad.

Grupos de Edad	Año 2015	Año 2020	Año 2025	Año 2030
<b>Mujeres</b>				
0-14	219,329	221,817	226,057	221,958
15-29	222,913	218,396	212,116	215,063
30-44	206,288	212,911	219,842	222,681
45-64	194,900	220,434	240,004	254,769
>65	59,502	79,800	104,571	131,237
<b>Subtotal</b>	<b>902,931</b>	<b>953,357</b>	<b>1,002,591</b>	<b>1,045,708</b>
<b>Hombres</b>				
0-14	228,577	232,340	237,614	233,457
15-29	222,173	220,838	216,329	220,979
30-44	184,778	194,237	205,709	213,024



Grupos de Edad	Año 2015	Año 2020	Año 2025	Año 2030
45-64	171,982	191,676	207,473	221,064
>65	50,263	66,819	85,715	105,370
<b>Subtotal</b>	<b>857,774</b>	<b>905,910</b>	<b>952,840</b>	<b>993,895</b>
<b>Ambos</b>				
0-14	447,907	454,157	463,671	455,415
15-29	445,086	439,233	428,446	436,042
30-44	391,066	407,148	425,551	435,705
45-64	366,882	412,110	447,477	475,834
>65	109,765	146,619	190,286	236,607
<b>Total</b>	<b>1,760,705</b>	<b>1,859,266</b>	<b>1,955,431</b>	<b>2,039,602</b>

Tabla 4.1 Proyección de la población de Ecatepec por año, por sexo y grupos de edad, 2015-2030, Fuente: CONAPO

### 4.1.3 Distribución de población

El Municipio de Ecatepec forma parte del continuo urbano de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. Si bien la superficie municipal no está urbanizada por completo debido a la presencia de la Sierra de Guadalupe, la población se concentra eminentemente en la zona urbana, sólo el 0.06% de las 1,656,107 de personas habita en las tres pequeñas áreas rurales del municipio que son las localidades de Mesa de los Leones (578 hab.), Tierra Blanca Segunda Sección (480 hab.) y Vista Hermosa (34 hab.)

En lo que se refiere a la distribución de la población en función de las áreas geoestadísticas básicas, los habitantes se concentran con mayor énfasis en las zonas residenciales del sureste municipal, así como en el extremo norte. Cabe señalar, que esta concentración relativa de población se expresa fundamentalmente en las zonas habitacionales de menores ingresos, en contraposición a las áreas mayormente industriales o comerciales. En el mapa 4.1 del anexo de cartas se observa la distribución de población por área geoestadística básica (AGEB).





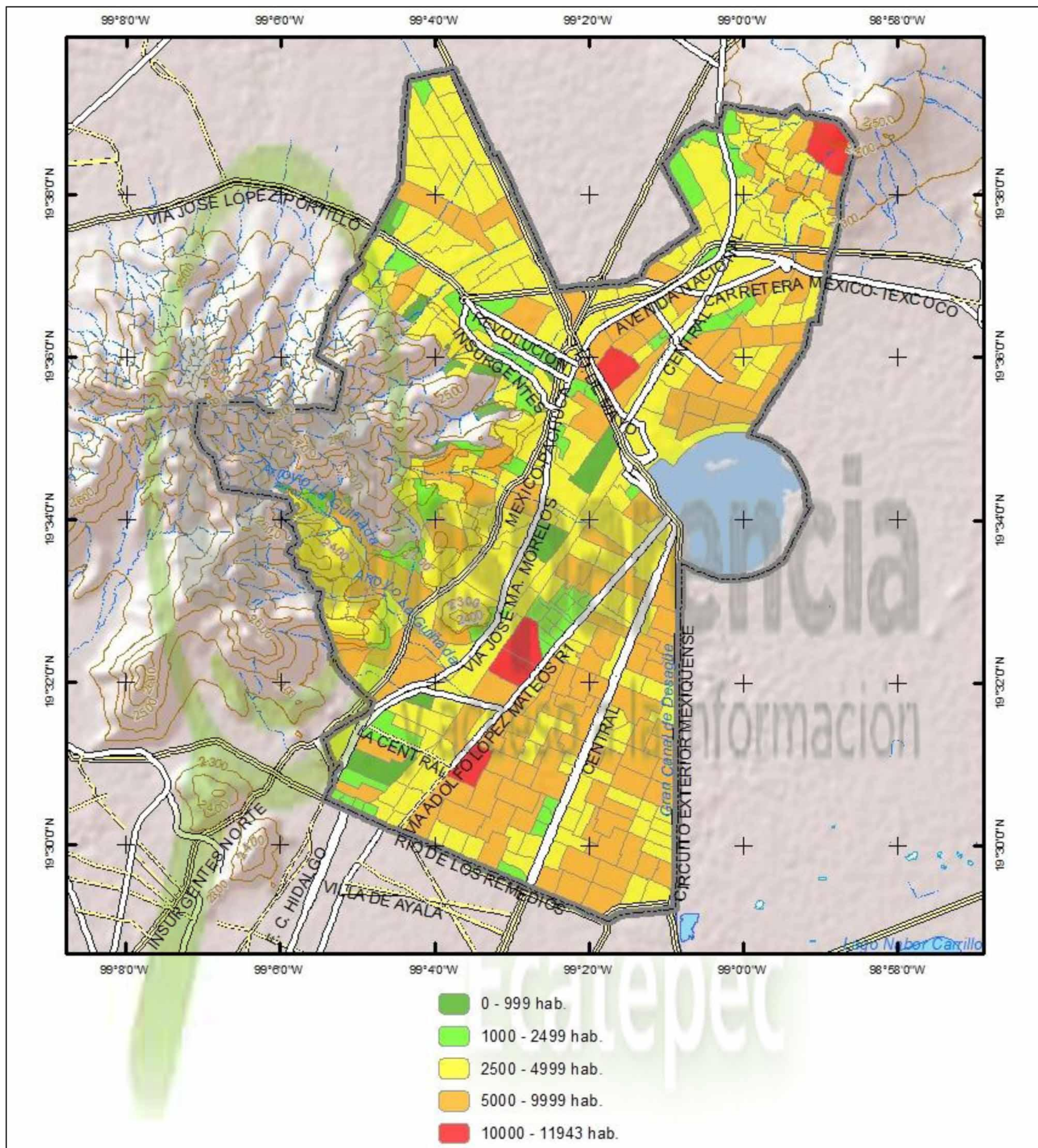
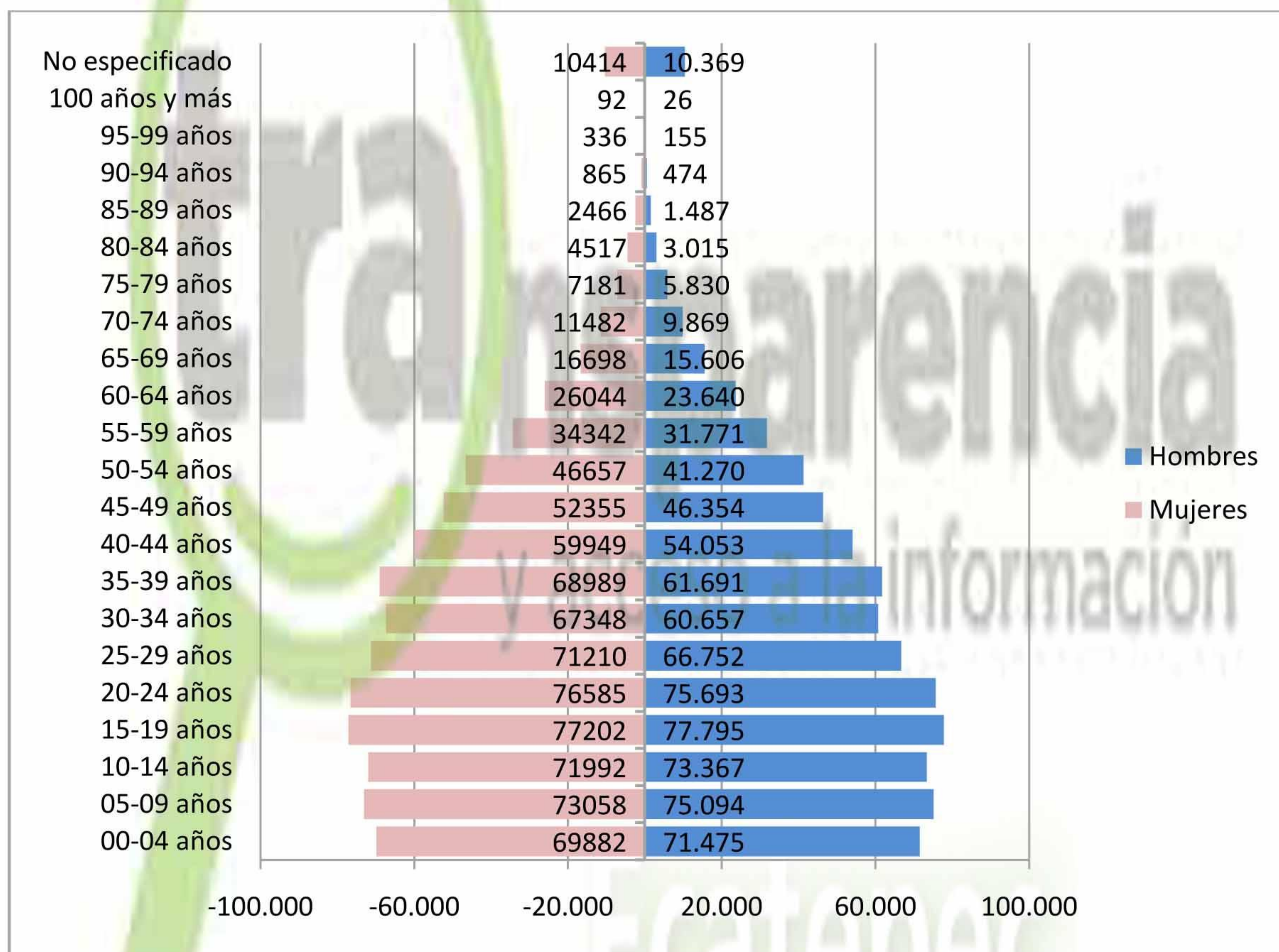


Figura 4.1 Mapa de Distribución de la Población por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



### 4.1.4 Pirámide Poblacional

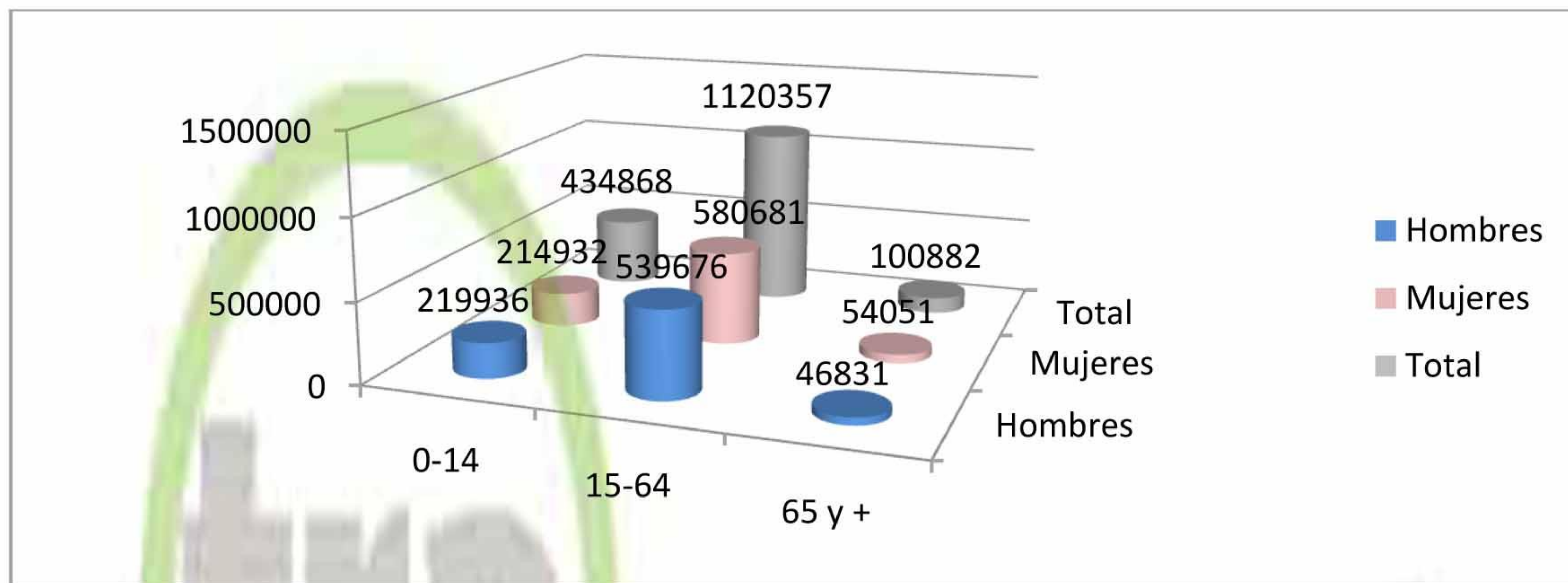
En la pirámide de edades del Municipio de Ecatepec, se observan los grupos quinquenales de edad, diferenciada por sexo. En la base, se observa mayor nacimiento de hombres, esta mayoría se mantiene hasta los 19 años, donde se concentra el 35.6% de la población total ; a partir los 20 años en adelante la cifra de mujeres se incrementa respecto a la de hombres, las cifras indican que más mujeres en el municipio llegarán a edades avanzadas en una relación de 77% mujeres contra 33% de hombres de 70 años y más, la base de la pirámide comienza siendo ancha, es decir, con un número importante de nacimientos 31,637 tan solo durante 2010, de los 5 a los 39 años se acumula el 68.8% de la población, las implicaciones directas de este fenómeno poblacional se dan en el empleo, así como en temas de carácter educativo, ya que la demanda de estos comienza a ser mayor.



Grafica 4.2 Pirámide Poblacional del Municipio de Ecatepec, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

En un ejercicio de simplificación, para el año de 2010, del total de habitantes del Municipio de Ecatepec, el 67,6% de la población total pertenecía al grupo de entre los 15 años hasta los 64 años, de los cuales 580,681 eran mujeres y 539,676 hombres, seguido por el grupo de 0 a 14 años con el 26,3% de niñas y

niños, es decir 214,932 y 219,936 respectivamente, mientras los adultos mayores que es el grupo de 65 años y más ocupaba el 6.1%, 54,051 mujeres y 46,831 hombres, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.



Grafica 4.3 Distribución de la Población por grupos de edad, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

### 4.1.5 Mortalidad

La tasa de mortalidad, es el indicador demográfico que señala el número de defunciones de la población municipal por cada 1,000 habitantes, durante un periodo determinado. De tal manera, que para el año de 2010 en el Municipio de Ecatepec, la tasa bruta de mortalidad fue de 4.4 defunciones por cada mil habitantes; en caso de la mortalidad infantil, esta fue de 10.8 a cada 1000. En ese mismo año hubo 35,165 nacimientos registrados, de los cuales 31,637 nacieron vivos. Hubo 7,279 defunciones generales registradas, de las cuales 343 fueron defunciones de menores de un año. En relación a datos de salud, hay 23,325 habitantes por unidad médica, 774 habitantes por médico, y 2,012 habitantes por cama censable.

### 4.1.6 Densidad de población

La densidad de población, se refiere a la distribución del número de habitantes a través de la superficie municipal, que es de 156.06 km<sup>2</sup>, entre la población total 1'656,107 habitantes; lo que corresponde a 10,611 habitantes por kilómetro cuadrado, o bien a 106.11 habitantes por hectárea; se hace notar que a nivel estatal la densidad promedio es de 679 habitantes por km<sup>2</sup>, lo que muestra la alta densidad demográfica que prevalece para este municipio en general, haciendo que Ecatepec sea el municipio más densamente poblado de todo el Estado de México. En lo que corresponde a la densidad de población vista como un fenómeno interno, las zonas habitacionales del norte y del sureste del municipio son las que presentan mayor concentración de población, principalmente debido a que son áreas residenciales. En el mapa 4.2 del anexo de cartas se observa la densidad por área geostatística básica (AGEB).

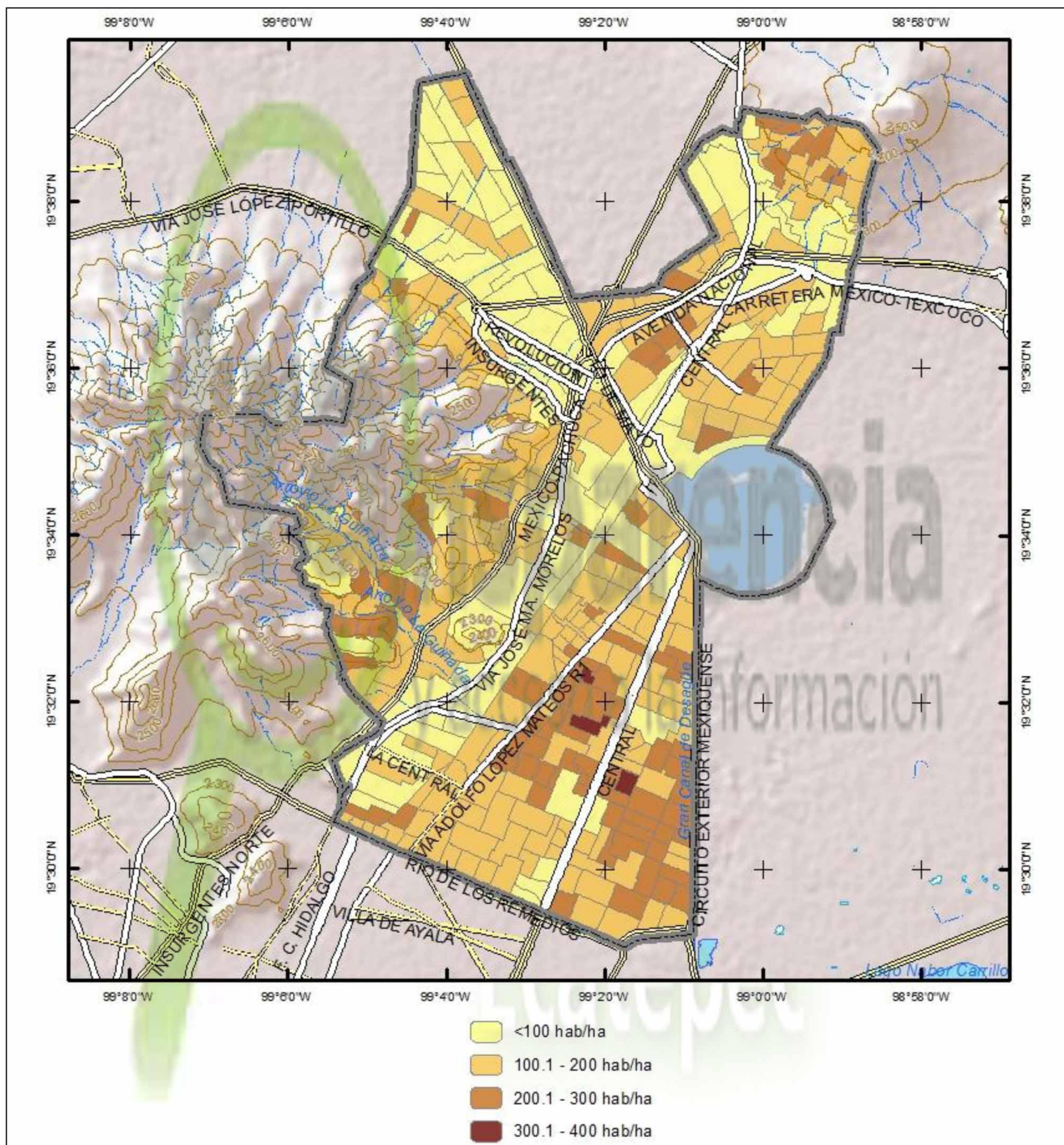


Figura 4.2 Mapa de Densidad de la Población por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



## 4.2 Características sociales

Es importante analizar los datos relacionados con los niveles de bienestar, tales como educación, salud y hacinamiento, lo que permite conocer las condiciones de vida de los habitantes del municipio, con lo que se puede establecer estrategias focalizadas diferenciadas según el grado de vulnerabilidad en correlación con los niveles de desarrollo existentes.

### 4.2.1 Escolaridad

Uno de los factores importantes de prevención se establece dentro del sistema escolarizado, debido a la concientización que toman los jóvenes en lo referente a los peligros que puedan existir y la forma de enfrentarlos. Por otra parte, los indicadores en este rubro, están relacionados con la adopción de actitudes y conductas preventivas que contribuyen en la disminución de riesgos, debido al conocimiento que se puede obtener sobre fenómenos y riesgos. El contar datos educativos, así como la ubicación de los planteles, facilita la elaboración de este Atlas de Riesgo, estableciendo zonas de vulnerabilidad ante cualquier fenómeno.

Según datos del INEGI, en el municipio de Ecatepec hay una tasa de alfabetización de 98% entre la población de 15 años y más; desagregado por sexos, en el mismo rango de edad, las mujeres cuentan con una tasa de 97.36% mientras que para los hombres la tasa es de 98.78%. La población total de personas mayores de 5 años y más que estudian y/o estudiaron la primaria fue de 451,535 para el año 2010.

Durante el ciclo escolar 2010, se registraron, por nivel educativo, las siguientes estadísticas de alumnos egresados: preescolar, 56,597 alumnos; primaria, 193,869 alumnos; secundaria, 82,821 alumnos; educación media superior, 42,247 alumnos; y educación superior, 23,396 alumnos.

Mientras que el Grado Promedio de Escolaridad de la población de 15 años y más en 2010 fue de 8.68, es decir, el nivel de instrucción del municipio corresponde a 8.68 años de educación formal, lo que significa primaria y secundaria completa. En el mapa 4.3 del anexo de cartografía se observa el grado promedio de escolaridad por AGEB.

Por otra parte, en 2010 en lo referente al analfabetismo, grupo de población vulnerable por su condición, se registraron a 32,311 personas mayores de 15 años que no sabían leer ni escribir, de los cuales, el 69.5% eran mujeres y el 30.5% eran hombres.

Concepto	Población
Población de 5 años y más , 2010	1,493,008
Población de 5 años y más con primaria , 2010	451,535
Población de 18 años y más con nivel profesional, 2010	128,967



Concepto	Población
Grado promedio de escolaridad de la población de 15 años y más, 2010	9.4 años
Alumnos egresados en preescolar, 2010	30,038
Alumnos egresados en primaria, 2010	30,713
Alumnos egresados en secundaria, 2010	25,482
Alumnos egresados en educación media superior, 2010	10,656
Alumnos egresados en educación superior, 2010	1,747
Personal docente en preescolar, 2010	2,296
Personal docente en primaria, 2010	6,542
Personal docente en secundaria, 2010	4,234
Personal docente en educación media superior, 2010	3,343
Personal docente en educación superior, 2010	1,900
Total de escuelas en educación básica y media superior, 2010	1,682
Escuelas en preescolar, 2010	680
Escuelas en primaria, 2010	619
Escuelas en secundaria, 2010	255
Escuelas en educación media superior, 2010	128
Escuelas en educación superior, 2010	32
Tasa de alfabetización de las personas de 15 años y más, 2010	98%
Tasa de alfabetización de los hombres de 15 años y más, 2010	98.78%
Tasa de alfabetización de las mujeres de 15 años y más, 2010	97.36%

Tabla 4.2 Estadística básica de educación en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)

Otro dato importante que ayuda a identificar la vulnerabilidad, es el grupo de población de 15 años y más con primaria incompleta, cabe señalar, que este indicador al igual que el analfabetismo, es utilizado como variable para medir el índice de marginación. En 2010 según datos registrados en el Censo existían 88,252 habitantes de 15 años y más que no concluyeron la primaria, el 5.33% del total de la población.

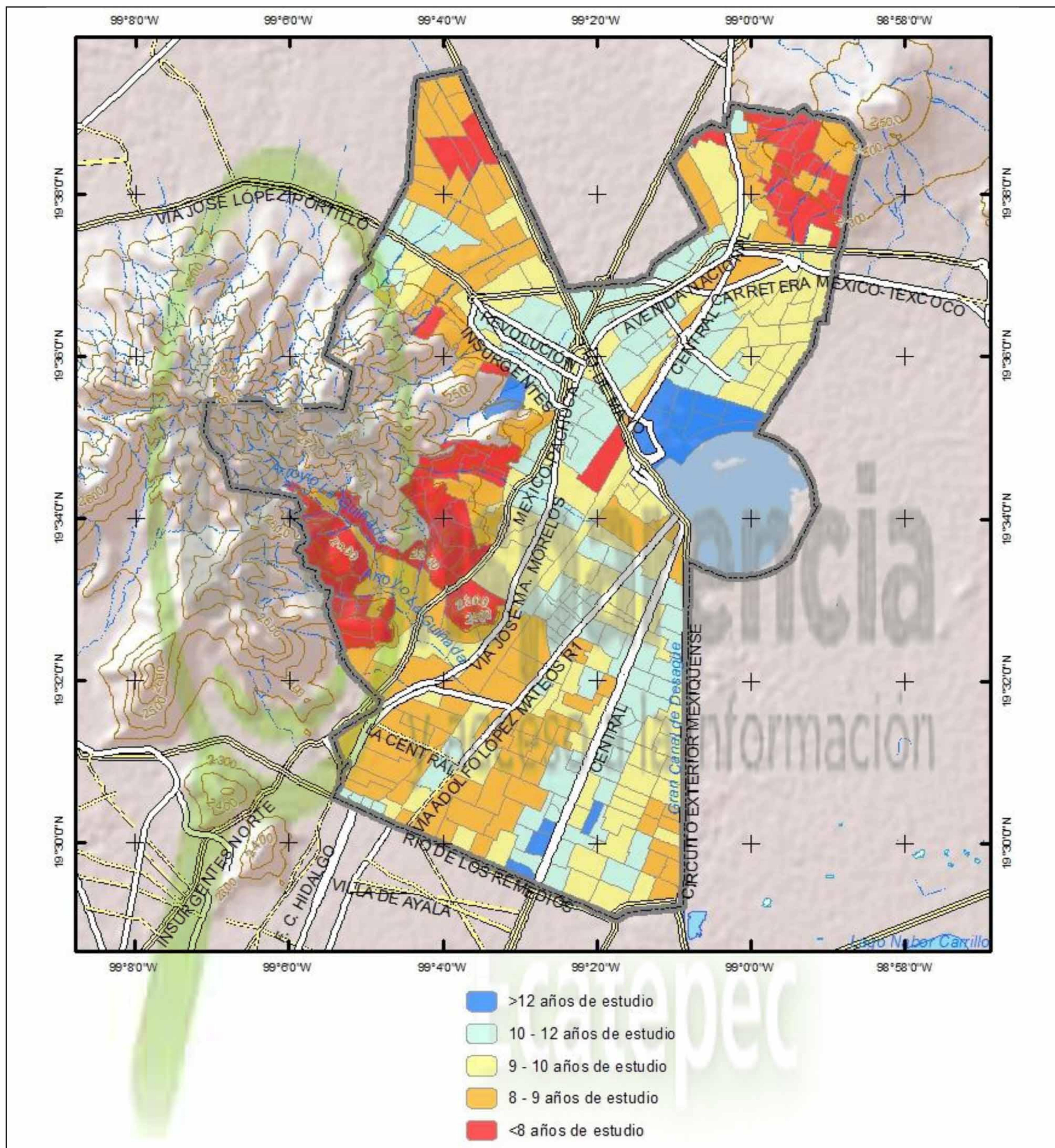


Figura 4.3 Mapa de Escolaridad (años de estudio) por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



## 4.2.2 Hacinamiento y vivienda

En lo que se refiere al hacinamiento, el promedio de ocupantes por cuarto en las viviendas del municipio fue de 1. El hacinamiento se considera a partir de 3 personas ocupando la misma habitación, por lo que con base en los datos de INEGI, no existe hacinamiento a nivel general del municipio. En el mapa 4.4 se observa el promedio de ocupación por cuarto por vivienda por AGEB.

Con relación a la vivienda, los datos estadísticos sobre calidad de la edificación proporcionan la información con respecto a la situación que guardan, para determinar la vulnerabilidad como consecuencia del tipo de materiales con las que están construidas, los riesgos en la infraestructura y servicios, como consecuencia del hacinamiento que se pudiera presentar en el municipio.

En el municipio, en 2010 INEGI registro un total de 473,784 viviendas, de las cuales se contaba con 418,845 de vivienda habitadas, con un promedio de 3.97 habitantes por vivienda. La viviendas habitadas con piso de material diferente de tierra ascendían a 401,446, es decir, el 95.84%. En lo referente a servicios, se registraron 393,319 viviendas que contaban con los servicios de agua entubada, luz y drenaje, lo que representa una cobertura del 93.9%.

Concepto	Unidad
<b>Vivienda</b>	
Total de viviendas particulares habitadas, 2010	419,087
Viviendas particulares habitadas con piso diferente de tierra, 2010	401,640
Viviendas particulares habitadas que disponen de agua de la red pública en el ámbito de la vivienda, 2010	395,255
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje, 2010	408,707
Viviendas particulares habitadas que disponen de excusado o sanitario, 2010	409,211
Viviendas particulares habitadas que disponen de energía eléctrica, 2010	410,541
Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	393,397
Viviendas particulares habitadas que disponen de refrigerador, 2010	361,649
Viviendas particulares habitadas que disponen de televisión, 2010	403,783
Viviendas particulares habitadas que disponen de lavadora, 2010	309,712
Viviendas particulares habitadas que disponen de computadora, 2010	145,044
<b>Hacinamiento</b>	
Promedio de ocupantes por vivienda (total municipal)	3.97
Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas (total municipal)	1

Tabla 4.3 Estadística básica de Vivienda en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.



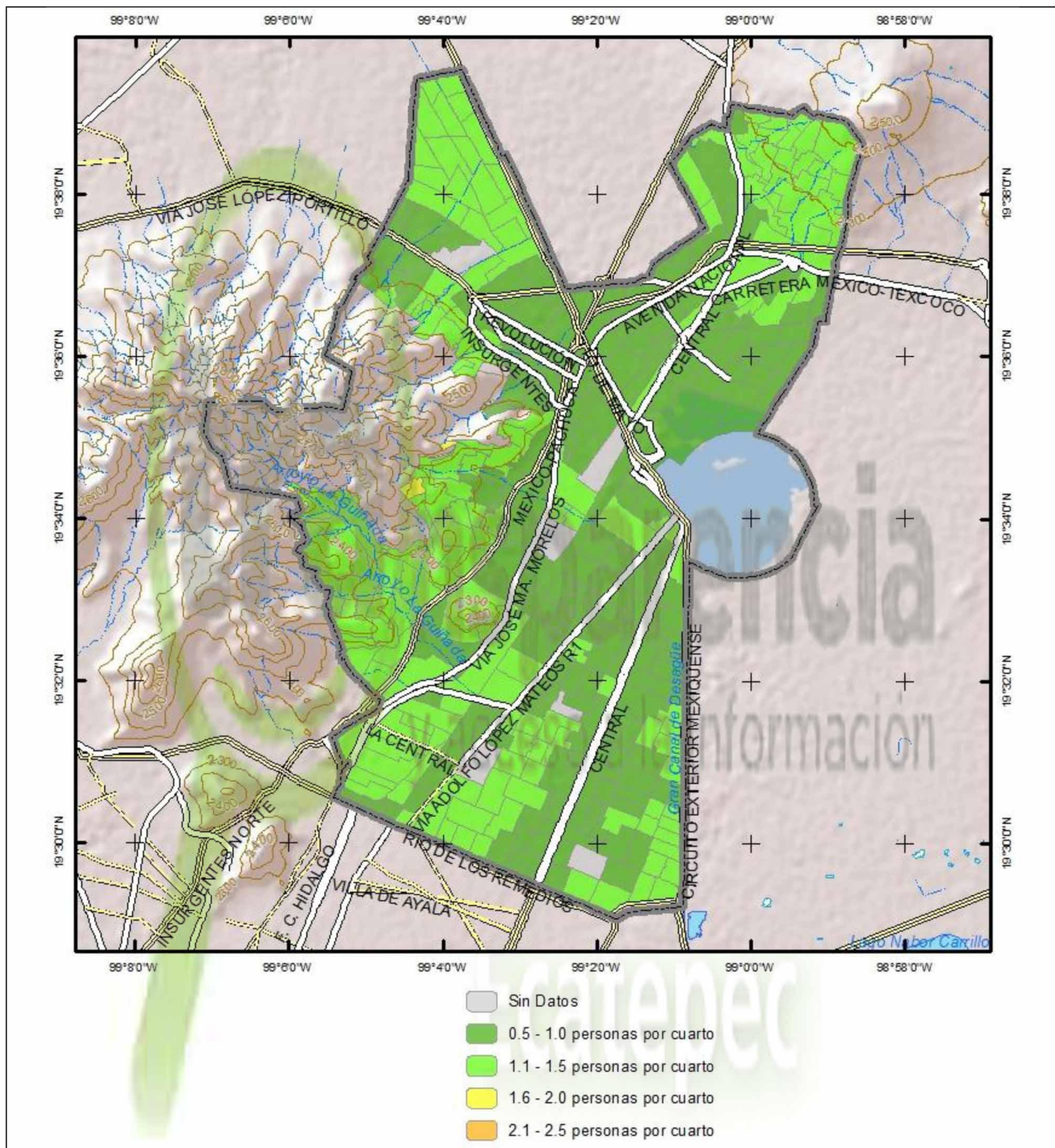


Figura 4.4 Mapa de Hacimiento en la Vivienda por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



### 4.2.3 Población con discapacidad

En el Municipio de Ecatepec habitan un total de 245,599 personas con alguna clase de discapacidad, incluyendo auditivas, de habla, visuales, mentales o motrices. Esta población posee un mayor grado de vulnerabilidad ya que su condición, en caso de desastre, incrementa la probabilidad de sufrir daños derivados de las limitaciones de movilidad, o percepción sensorial de un peligro inminente.

Tipo de limitación	No. Personas
Población con limitación en la actividad	245,599
Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	121,541
Población con limitación para ver, aun usando lentes	74,17
Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	15,515
Población con limitación para escuchar	21,329
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	8,822
Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	9,368
Población con limitación mental	20,209
Población sin limitación en la actividad	1,410,508

Tabla 4.4 Tipos de limitación en la población del Municipio de Ecatepec. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Principales Resultados por Localidad ITER, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

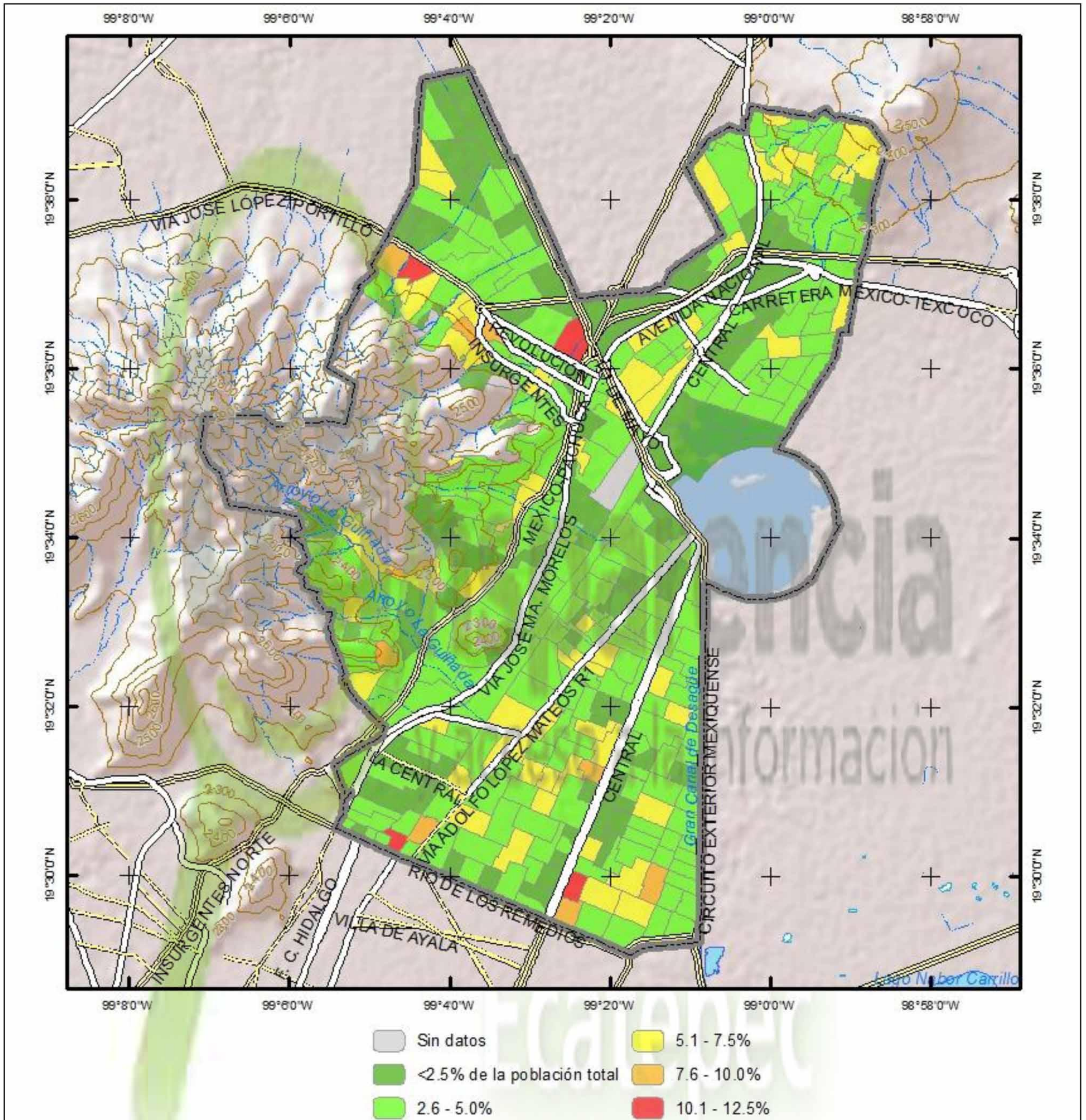


Figura 4.5 Mapa de Porcentaje de Personas con Discapacidad con respecto a la población total por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



## 4.2.4 Marginación y Pobreza

Una manera de identificar las zonas vulnerables es a través del índice de marginación, que en su carácter multidimensional, utiliza variables sociales, demográficas y territoriales mediante el uso de indicadores, con lo que se pueden focalizar las estrategias al ser los grupos más expuestos a riesgo y vulnerabilidades sociales.

Para el 2010, con base en datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda realizado por el INEGI, el Consejo Nacional de Población (CONAPO) realizó el índice y grado de marginación a nivel municipal y localidad, donde el municipio de Ecatepec tuvo un índice de marginación de -1.61 lo que lo clasifica con un grado de marginación **muy bajo**, ocupando el lugar 113 de 125 a nivel estatal y en el lugar 2,352 de 2,454 a nivel nacional. Por otra parte, con la finalidad de ubicar las principales localidades que componen al municipio y observar cual es la situación que guardan con respecto al índice de marginación, se investigaron las 3 localidades rurales del municipio, las cuales se encuentran con un grado de marginación alto, sin embargo, en estas habitan sólo 1092 personas, es decir el 0.06% de la población total del municipio; en la cabecera municipal, que aglutina a 1,655,015 personas, es decir el 99.93% de la población del municipio, el grado de marginación muy bajo. En el caso global del Municipio de Ecatepec, según datos del programa SEDESOL-Hábitat, 11.1% de la población tiene ingreso inferior a la línea de bienestar mínimo, y 47.5% tiene ingreso inferior a la línea de bienestar.

Localidad	Población Total	Índice de Marginación	Grado de Marginación
<b>Ecatepec de Morelos</b>	1,655,015	-1.362979894	Muy bajo
<i>Mesa de los Leones</i>	578	-0.091157806	Alto
<i>Tierra Blanca Segunda Sección (Ejido Ecatepec)</i>	480	-0.377440621	Alto
<i>Vista Hermosa</i>	34	-0.314589473	Alto

Tabla 4.5 Índice y grado de Marginación en la cabecera municipal y localidades rurales (en cursiva) del Municipio de Ecatepec. Fuente: CONAPO, Índice de Marginación por Localidad, 2010.

En lo que se refiere a pobreza, el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL) reporta que en el Municipio de Ecatepec un 10.2% de la población padece de pobreza alimentaria, 18.6% padece de pobreza de capacidades y 49.6% padece de pobreza patrimonial; sin embargo, el cálculo del índice de rezago social resulta de -1.308, es decir, muy bajo, lo que coloca al municipio en el lugar 2262 de 2454 a nivel nacional en este rubro.

Concepto	Grado	Concepto	Grado
Pobreza alimentaria (%)	10.2	Índice de rezago social	-1.30801
Pobreza de capacidades (%)	18.6	Grado de rezago social	Muy bajo
Pobreza de patrimonio (%)	49.6	Lugar que ocupa en el contexto nacional	2262

Tabla 4.6 Indicadores, índice y grado de rezago social, Municipio de Ecatepec, 2010. Fuente: CONEVAL

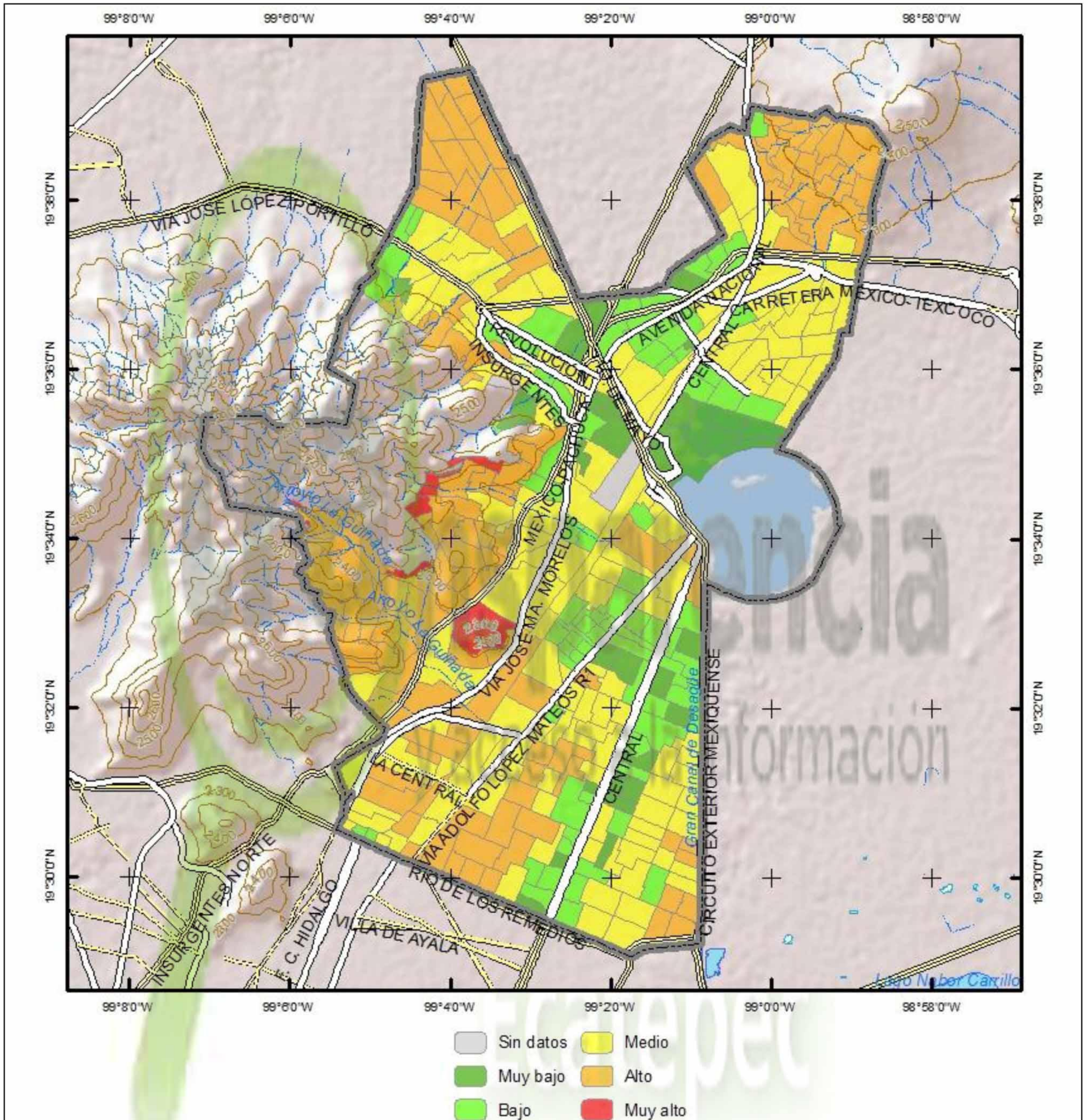


Figura 4.6 Mapa de Grado de Marginación por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



## 4.3 Principales actividades económicas

Los fenómenos naturales y antropogénicos tienen una repercusión directa en las dinámicas económicas, por ello es fundamental identificar las principales actividades económicas realizadas en el municipio. Concentrando estas actividades se realizan la siguientes tablas, la cual muestran los principales sectores económicos subdivididos por los tipos de actividades económicas (Primarias, Secundarias y Terciarias).

En lo que se refiere al sector primario, el municipio de Ecatepec es una zona altamente urbanizada, existen pequeñas hectáreas que son de cultivo, pero no alcanzan un grado alto de producción, en lo equivalente a la producción ganadera es nula, pues al no tener espacio de pastoreo no permite llegar a tener un número de cabezas de ganado extensivo.

Concepto	Unidad
Superficie sembrada (ha)	43
Avena forrajera(ha)	24
Cebada grano(ha)	5
Maíz grano(ha)	14
Superficie cosechada(ha)	33
Avena forrajera(ha)	21
Maíz grano(ha)	12
Producción anual obtenida(ton)	598
Avena forrajera(ton)	565
Maíz grano(ton)	33
Superficie reforestada(ha)	11
Reforestación (árboles)	6680

Tabla 4.7 Volumen de producción del Sector Primario para el Municipio de Ecatepec, 2010. Fuente: IGECM, Boletín de Estadísticas Vitales, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Finanzas, 2011.

Con respecto al sector secundario, las actividades manufactureras suman 5,583 unidades económicas, las cuales emplean a 45,806 trabajadores de forma directa, con una producción per cápita de \$1159.2 pesos, haciendo que este sector sea la primera fuente de riqueza del municipio.

En cuanto al sector terciario, las actividades comerciales generan la segunda fuente de riqueza del municipio, y tiene el primer lugar como fuente de empleo, ya que suman 31,349 unidades económicas, las cuales emplean a 72,263 personas de forma directa generando \$139.2 pesos per cápita



Concepto	Total unidades económicas*	Sector Secundario		Sector Terciario	
		Actividades mineras	Actividades manufactureras	Actividades comerciales	Transporte, correos y almacenes
<b>Unidades económicas</b>	57,559	(SD)	5,583	31,349	112
<b>Personal ocupado dependiente de la razón social</b>	182,200	110	45,806	72,263	3,259
<b>Personal ocupado no dependiente de la razón social</b>	25,935	0	7,552	12,182	397
<b>Valor agregado censal bruto (miles de pesos)</b>	36,176,354	12,917	21,532,161	6,647,523	698,962
<b>Total de activos fijos (miles de pesos)</b>	25,925,374	946	12,460,388	5,501,506	2,008,893
<b>Producción bruta total por persona ocupada (miles de pesos)</b>	437.0	143.6	1159.2	139.2	530.3
<b>Valor agregado censal bruto por persona ocupada (miles de pesos)</b>	173.8	117.4	403.5	78.7	191.2

\* Se incluyen los datos del sector primario en este rubro.

Tabla 4.8 Estadística básica de los Sectores Secundario y Terciario para el Municipio de Ecatepec, 2009. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el Censo de Económico 2009, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

### 4.3.1 Características de la población económicamente activa

Mediante la identificación de las características de la población económicamente activa, es posible localizar aquellos sectores susceptibles de sufrir daño, en su persona o bienes que posea. En este sentido, se presentan algunos indicadores que permitirán asociar elementos para determinar la vulnerabilidad social ante los desastres naturales, definida como la serie de factores económicos, sociales y culturales que determinan el grado en el que un grupo social está capacitado para la atención de la emergencia, su rehabilitación y recuperación frente a un desastre.

La población económicamente activa, es aquella población que están en edad de trabajar, que se encuentran ocupados en algún sector de la economía y que son remunerados por su trabajo. Con base en datos obtenidos en el Censo de Población 2010, la Población Económicamente Activa en el Municipio era de 699,245 personas, es decir, de los 1,286,693 habitantes que ocupan el grupo de edad de 12 años y más, el 54.3% de este grupo de edad se encontraba de manera activa, de los cuales, el 65.2% eran hombres, y el restante 34.8% eran mujeres.



Por otra parte se encuentran la Población Económicamente Inactiva, en este indicador se consideran a las personas de 12 años y más, pensionados o jubilados, estudiantes, personas que tienen alguna limitación física o mental permanente que les impide trabajar, así como a las personas dedicadas al quehacer del hogar, estas últimas son consideradas debido a que no perciben un salario. Cabe señalar que este grupo de personas son clasificadas con mayor vulnerabilidad debido a su condición económica. En 2010 se registraron a un total de 583,037 personas como económicamente inactivas, de las cuales predominan la mujeres con el 72.4%, mientras que en los hombres, sólo el 27.6% se mantenía inactivo, siendo las mujeres el grupos con mayor vulnerabilidad.

## 4.4 Reserva territorial

El Municipio de Ecatepec cuenta formalmente las reservas territoriales del Parque Ecológico Ehécatl y parte del Parque Estatal Sierra de Guadalupe, esta última considerada reserva ecológica.

La reserva territorial del Parque Ecológico Ehécatl, es un área natural de 9 hectáreas usada como atractivo turístico, cuenta con zoológico, aviario, granja didáctica y jardín botánico.

El Parque Estatal Sierra de Guadalupe es una reserva territorial ecológica que pertenece a los municipios de Ecatepec, Coacalco, Tultitlán y Tlalnepantla. Cuenta con una superficie de 5,306.75 hectáreas de las cuales 1,667.07 hectáreas se localizan dentro del municipio de Ecatepec, es decir el 34.41%. El uso de suelo es forestal, de protección y conservación ecológica, urbana y recreativa, la tenencia de la tierra es ejidal, particular, comunal y estatal. Cuenta con fauna de mamíferos como el ratón de campo, cacomiztle, zorrillo, conejo, ardilla, en cuanto aves; gorrión, zorzal, colibrí, halcón, cernícalo, lechuza, garza, codorniz y palomas, reptiles tales como víboras, camaleón, lagartija y sapos. La vegetación está compuesta por bosque de pino, bosque de encino, vegetación halófito y pastizal. Su problemática principal es la invasión urbana, pues los asentamientos irregulares invadieron las faldas de la Sierra de Guadalupe, donde se asentaron 50 comunidades irregulares que llegaron a reunir más de medio millón de habitantes. En los 19 años recientes la Sierra perdió más de mil hectáreas de áreas verdes por la expansión de la mancha urbana.

En el año 2003 se autorizó el fraccionamiento Las Américas, con 13 mil viviendas que ocupan una de las antiguas reservas territoriales más grandes del municipio, donde operaba la fábrica Sosa Texcoco.

Desde hace siete años en Ecatepec no se permite edificar conjuntos habitacionales de alto impacto y las autoridades mantienen una veda de facto ante la presión de las inmobiliarias por apoderarse del espacio restante.

## 4.5 Equipamiento urbano

### 4.5.1 Equipamiento de transporte

El municipio de Ecatepec cuenta con una longitud de carreteras al 2010 de 55 kilómetros, de los cuales de Troncal federal son 16, y de Alimentadoras estatales 39. Las principales vías de comunicación son la





Autopista México–Pachuca, la Autopista México-Pirámides, la Carretera Federal libre a Pachuca, la Carretera Federal México-Texcoco-Lechería, y el Circuito Exterior Mexiquense. La infraestructura ferroviaria está constituida por el paso del ferrocarril MéxicoVeracruz que atraviesa el municipio en el sentido sur-norte y se desvía al oriente al llegar a Jardines de Morelos

## 4.5.2 Equipamiento deservicios

Para el año 2010, en el Municipio había 1,860 Escuelas en total, de las cuales de Preescolar son 680, de Primaria 619, de Secundaria 255, de Educación Media Superior 128, de Superior 32 y de Otros tipos de Escuelas 146. Hay 14 también Bibliotecas.

En lo que se refiere a Unidades de comercio y abasto, hay 134 Mercados, 33 Tianguis, 63 Tiendas de autoservicio, 25 Tiendas departamentales y 5 Rastros.

Las actividades industriales en el municipio se desarrollan en 7 zonas: Esfuerzo Nacional, Xalostoc, Santa Clara, Tulpetlac, Urbana Ixhuatepec, La Viga, Cerro Gordo y Francisco Villa.

## 4.5.3 Equipamiento de salud

En el municipio de Ecatepec hay 71 unidades médicas que engloban un total de 823 camas y 2141 médicos, y 2810 enfermeras. A continuación se presentan los datos de equipamiento de salud por institución.

Infraestructura	Unidad
<b>Unidades médicas</b>	71
ISEM	52
DIF 3	
IMSS	9
ISSSTE	3
ISSEMyM	4
<b>Camas censables</b>	823
ISEM	248
DIF	9
IMSS	476
ISSEMyM	90
<b>Recursos humanos</b>	
<b>Personal médico</b>	2141



Infraestructura	Unidad
<b>ISEM</b>	685
<b>DIF</b>	51
<b>IMSS</b>	1032
<b>ISSSTE</b>	76
<b>ISSEMyM</b>	297
<b>Enfermeras</b>	2810
<b>ISEM</b>	887
<b>DIF</b>	51
<b>IMSS</b>	1523
<b>ISSSTE</b>	75
<b>ISSEMyM</b>	274

Tabla 4.9 Equipamiento de Salud en el Municipio de Ecatepec, 2010. Fuente: IGCEM, Boletín de Estadísticas Vitales, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Finanzas, 2011.

transparencia  
y acceso a la información

Ecatepec



# Capítulo 5 Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

El territorio municipal de Ecatepec se encuentra sujeto a gran variedad de fenómenos que pueden causar desastres. Por su cercanía a la Sierra de Guadalupe está expuesto a deslizamientos de ladera y derrumbes; por su antigua configuración de llanura de inundación, el municipio está expuesto a hundimientos por contracción de arcillas, y a inundaciones provocadas principalmente por lluvias intensas. Los tipos de desastres anteriores tienen como origen un fenómeno natural, por lo que se les suele llamar desastres naturales, aunque en su desarrollo y consecuencias tiene mucho que ver la acción del hombre. Los distintos fenómenos y los desastres que éstos generan se tratarán con mayor detalle más adelante; el propósito de esta enunciación inicial es resaltar la amplitud de la problemática y la gravedad de sus posibles consecuencias.

El Ayuntamiento de Ecatepec, ha establecido en el pasado sólidas estrategias de protección civil; con frecuencia las medidas de protección han sido rebasadas por las fuerzas de la naturaleza, pero en todos los casos ha logrado sobreponerse a los embates de las manifestaciones de fenómenos destructivos. Por ello se ha llegado a reconocer que, para enfrentar mejor los efectos de estas fuerzas, es necesario adoptar un enfoque global, que cubra los aspectos científicos y tecnológicos relativos al conocimiento de los fenómenos y al desarrollo de las medidas para reducir sus efectos, y que en base a ellos prevea esquemas operativos para apoyar a la población con medidas organizativas de la población misma, para que esté preparada y responda de manera apropiada al embate de los fenómenos peligrosos. A partir de la administración encabezada por el Mtro. Pablo Bedolla López, se ha establecido que se debe dar atención a los fenómenos destructivos desde la fase de prevención, que se refiere a las acciones tendientes a identificar los riesgos y a reducirlos antes de la ocurrencia del fenómeno.

Este trabajo corresponde a la parte técnico-científica del conjunto de tareas que tienden a la reducción de los impactos de los desastres a nivel municipal. Un requisito esencial para la puesta en práctica de las acciones de protección civil es contar con diagnósticos de riesgos, o sea, conocer las características de los eventos que pueden tener consecuencias desastrosas y determinar la forma en que estos eventos inciden en los asentamientos humanos, en la infraestructura y en el entorno. El proceso de diagnóstico implicó la determinación de los escenarios o eventos más desfavorables que pueden ocurrir, así como de la probabilidad asociada a su ocurrencia. Los escenarios incluyeron el otro componente del riesgo, que consiste en los efectos que los distintos fenómenos tienen en los asentamientos humanos e infraestructura expuesta a eventos. Debido a que los riesgos son complejos porque implican la interacción dinámica entre los fenómenos naturales, el entorno, y la cambiante sociedad, este Atlas de Riesgo debe actualizarse permanentemente.

Antes de adentrarse en el estudio individual de cada riesgo, es importante explicar algunos conceptos generales sobre la medición del riesgo. El riesgo se calcula en función de una formulación probabilística, que en su planteamiento más general se expresa de la manera que se describe a continuación.

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}; R = P \times V$$

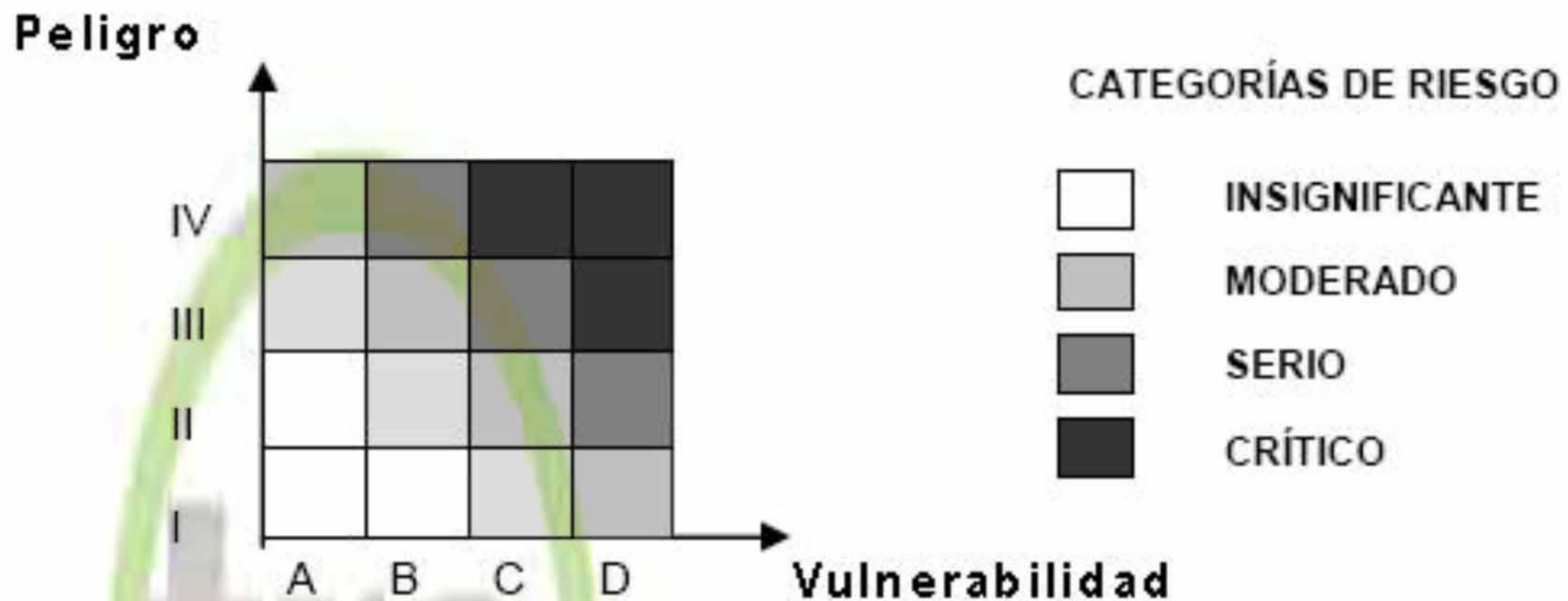


Figura 5.1 Representación gráfica de la medición del Riesgo en función del peligro y vulnerabilidad

Se llama peligro P, a la probabilidad de que se presente un evento de cierta intensidad, tal que pueda ocasionar daños en un sitio dado. Se llama vulnerabilidad V, a la propensión de estos sistemas a ser afectados por el evento; la vulnerabilidad se expresa como una probabilidad de daño. Finalmente, el riesgo es el resultado de los dos factores. En este esquema, el riesgo se expresa como un resultado posible de un evento; ya que P y V son dos probabilidades,

En este Atlas, para determinar las probabilidades de ocurrencia de distintos fenómenos, se obtuvieron las estadísticas sobre la incidencia de los mismos. Los servicios meteorológicos, sismológicos, etc., realizan el monitoreo y llevan estadísticas de los fenómenos, de las que se pueden derivar estimaciones de probabilidad de ocurrencia de intensidades máximas. En muchos casos las estadísticas cubrieron lapsos mucho menores que aquellos necesarios para determinar los periodos de retorno útiles para diagnóstico de riesgo, por lo que se aplicaron periodos de retorno.

El concepto de período de retorno en términos probabilísticos no implica que el proceso sea cíclico, o sea que deba siempre transcurrir cierto tiempo para que el evento se repita. Un periodo de retorno de 10 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 50 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 2 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 20 años. Como se verá en los apartados siguientes, para algunos de los fenómenos no es posible representar el peligro en términos de periodos de retorno, porque no ha sido posible contar con la información suficiente para este tipo de representación; en estos casos, se recurrió a escalas cualitativas, buscando las representaciones de uso más común y de más utilidad para las aplicaciones usuales en el tema específico.

Para la representación de los resultados de los estudios de peligro, se utilizaron mapas a distintas escalas, en los que se identifican los tipos e intensidades de los eventos que pueden ocurrir. Los mapas se realizaron en software especializado denominado Sistemas de Información Geográfica, ya que estos permiten representaciones graficas mucho más completas y ágiles de las distintas situaciones. Además,



estos sistemas facilitaran la actualización oportuna de las representaciones del riesgo necesarias para cada caso.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec pretende proporcionar la información más completa posible sobre los peligros y sobre la incidencia de los fenómenos a nivel local. El presente documento tiene el propósito principal de difundir conocimientos sobre los problemas que se presentan en el municipio y de proporcionar una visión de conjunto sobre la distribución geográfica de los riesgos, en el entendido de que los estudios de riesgo deberán ser producto de esfuerzos específicos para cada tipo de fenómeno y para cada localidad. Así, el esquema de este documento, representa no sólo la información de los peligros, sino también la de los riesgos que se derivan de las condiciones locales específicas y de la situación de población y de infraestructura expuesta a los fenómenos potencialmente desastrosos. Este Atlas será el instrumento operativo base para los programas de protección civil y los planes de emergencia.





## 5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico

Aquellos fenómenos en los que intervienen la dinámica y los materiales del interior de la Tierra o de la superficie de ésta son denominados fenómenos geológicos, los cuales, para nuestros fines, pueden clasificarse de la siguiente manera: sismicidad, vulcanismo, y procesos de remoción en masa. Estos fenómenos han estado presentes a lo largo de toda la historia geológica del planeta y, por tanto, seguirán presentándose obedeciendo a patrones de ocurrencia similares. La sismicidad y el vulcanismo son consecuencia de la movilidad y de las altas temperaturas de los materiales en las capas intermedias de la Tierra, así como de la interacción de las placas tectónicas. Otros fenómenos geológicos son propios de la superficie terrestre y son debidos esencialmente a la acción del intemperismo y la fuerza de gravedad, teniendo a ésta como factor determinante para la movilización masiva, ya sea de manera lenta o repentina, de masas de roca o sedimentos con poca cohesión en pendientes pronunciadas. En ocasiones estos se presentan como deslizamientos o colapsos también que también pueden ser provocados por sismos intensos.

El Municipio de Ecatepec hasta el momento se ha visto afectado por algunos fenómenos geológicos de carácter destructivo, como lo son los procesos de remoción en masa y los hundimientos y subsidencia. Adicionalmente, la dinámica geológica se puede expresar de un momento a otro, por lo que estar preparados es de vital importancia para una sociedad. En las siguientes páginas se presentan los análisis de cada uno de los fenómenos mencionados, considerando lo sucedido en el pasado y estimando posibles escenarios futuros.

### 5.1.1 Erupciones volcánicas

El vulcanismo es un conjunto de fenómenos geológicos resultantes de la expulsión de materiales desde la corteza terrestre a la superficie, debido a la presión y posterior liberación por medio de fisuras en las rocas. Los fenómenos asociados a vulcanismo abarcan desde fluidos de lava, hasta caída de ceniza, incluyendo flujos piroclásticos, caída de materiales como tefra y bombas, lahares, y deslizamientos, por mencionar sólo los más representativos.

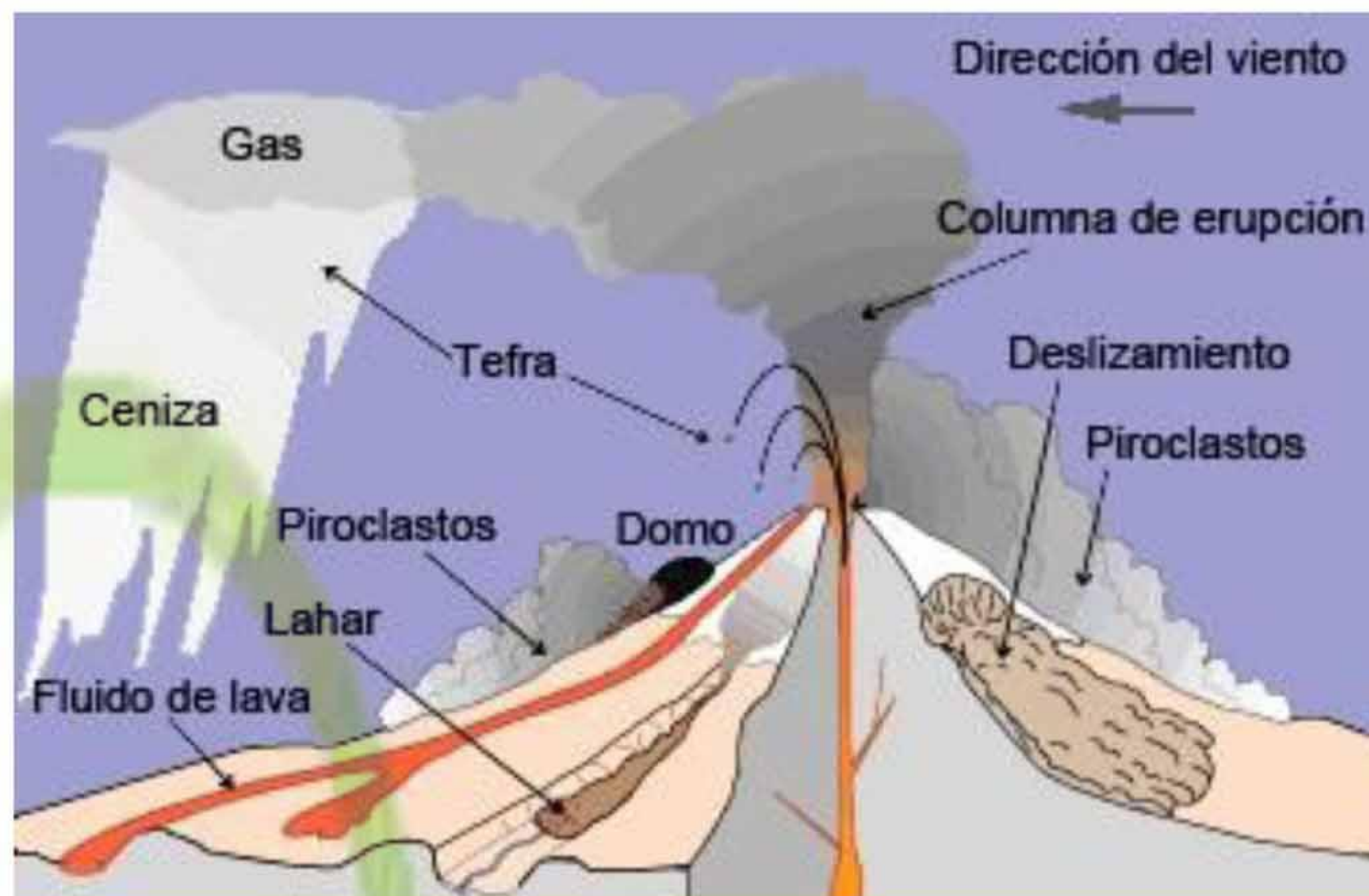


Figura 5.2 Representación gráfica de los múltiples fenómenos peligrosos asociados al vulcanismo. Fuente: U.S.G.S.

El Municipio de Ecatepec se encuentra en el campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, por lo que el territorio municipal es susceptible a la aparición de nuevos volcanes, o a la erupción de los volcanes activos cercanos. Sin embargo, no es posible determinar mediante ningún método, la aparición de un nuevo volcán en una zona geográfica dada, ni predecir un evento eruptivo de un volcán activo. Por otro lado, antes de una erupción, los volcanes presentan disturbios precursores que si se detectan y analizan a tiempo permiten anticiparse a las erupciones y prevenir a las comunidades en riesgo implementando planes de emergencia y medidas de mitigación.

Para la elaboración del mapa de peligro volcánico del Municipio de Ecatepec, se siguió la metodología del CENAPRED, que en resumen consiste en lo siguiente:

1. Identificación de volcanes activos a menos de 100 km de la zona de interés
2. Reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes detectados
3. Determinar las amenazas volcánicas, e identificar si afectan el área de interés

## Peligro por vulcanismo

Se detectaron tres volcanes activos a menos de 100 Km de distancia del Municipio de Ecatepec, los cuales son el Nevado de Toluca, Popocatepetl y el Xocotépetl. De los tres volcanes activos a menos de 100 km de distancia se realizó una investigación documental para obtener los registros relacionados con peligros. Los resultados se presentan a continuación.

### Xocotépetl

El Volcán Xocotépetl (también conocido como Jocotitlán) se encuentra a 75km de la cabecera municipal, tiene una elevación de 3,920 msnm y forma parte del grupo de volcanes activos del Eje Neovolcánico Transversal. El Xocotépetl es un estratovolcán que ha presentado, al menos, dos episodios eruptivos ocurridos en los últimos 10 mil años. El más reciente sucedió hace menos de mil años, se estima que



pudo haber ocurrido entre 1100 y 1300 d.C. Es de categoría 2 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Se estima que en caso de que este volcán presentara un nuevo evento eruptivo, los flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y deslizamientos no afectarían al municipio de Ecatepec debido a la presencia de la Sierra de Guadalupe. Con base en lo anterior, y debido a que este volcán no ha presentado actividad en los últimos 900 años, se estima que el peligro que representa para el Municipio de Ecatepec es nulo.

### **Nevado de Toluca**

El volcán Nevado de Toluca se encuentra a 95km de la cabecera municipal, es un estratovolcán con una altitud de 4680 msnm que a lo largo de su historia geológica ha tenido erupciones violentas acompañadas de flujos piroclásticos, lahares, avalanchas, caída de cenizas y pómez. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Durante los últimos 50,000 años, este volcán ha presentado al menos ocho erupciones vesubianas, cuatro plinianas, una ultrapliniana, y tres erupciones acompañadas de la destrucción de domos. Además, en los últimos 100,000 años han presentado dos avalanchas de escombros. El volcán Nevado de Toluca se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso.

El Instituto de Geofísica de la UNAM, determinó con base en el estudio de los productos eruptivos emitidos por el Nevado de Toluca, que los flujos piroclásticos representan el peligro volcánico más importante, por su frecuencia y por el área que han cubierto en las erupciones pasadas. Después están los lahares, seguidos por la caída de cenizas y finalmente las avalanchas de escombros. Mediante un análisis que se plasmó en cartografía de riesgos, se determinó que ningún evento eruptivo podría afectar más allá del Valle de Toluca, por lo que se descarta totalmente una afectación al Municipio de Ecatepec en caso de un evento eruptivo, es decir, el peligro que representa para el territorio de Ecatepec es nulo.

y acceso a la información

Ecatepec



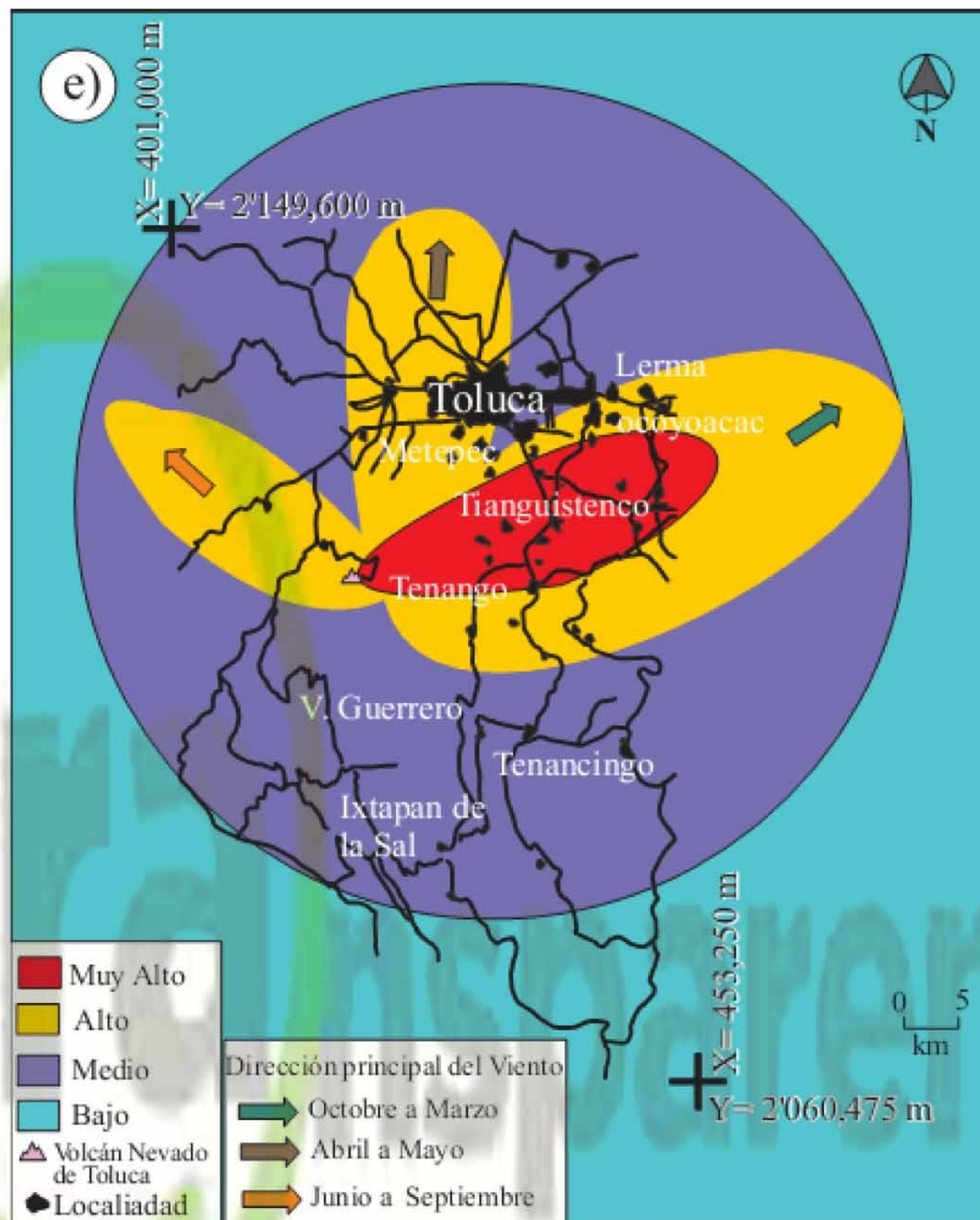


Figura 5.3 Mapa de peligros volcánicos del volcán Nevado de Toluca, donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Ecatepec, ubicado a 95km al E. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

## Popocatépetl

El volcán Popocatépetl se encuentra a 90km del punto más cercano a la cabecera municipal, tiene una altitud de 5452 msnm. El Popocatépetl es un estratovolcán de edad aproximada de 730,000 años, durante los cuales ha estado activo, a pesar de que en escala humana haya habido largos periodos de reposo. Desde su primera erupción registrada en 1347, ha presentado múltiples manifestaciones. De 1921 a 1991 no se tuvo registro de actividad volcánica. A partir de 1993 hubo fumarolas claramente visibles desde 50 kilómetros de distancia. El 23 de julio de 1994 lanzó fumarolas; y el 21 de diciembre de 1994 inició una serie de pequeñas erupciones, lluvias de ceniza con temblores locales de baja magnitud. El fenómeno se repitió a finales de 1995 y principios de 1996. El 25 de diciembre de 2005 se produjo en el cráter del volcán una nueva explosión, que provocó una columna de humo y cenizas de tres kilómetros de altura y la expulsión de lava. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad alta (o mayor).

Según el Instituto de Geofísica de la UNAM, en general el volcán representa un peligro mayor para las áreas cercanas al volcán, moderado para el sureste y este del Estado de México, y menor para la Ciudad de México. En el caso del Municipio de Ecatepec, el peligro es medio, debido a su lejanía y a que se

ubica parcialmente cubierto por el Volcán Iztacihuatl, lo que implica que en caso de una erupción, no habría afectación por caída o derrame de materiales volcánicos, pero sí lo habría por caída de cenizas.

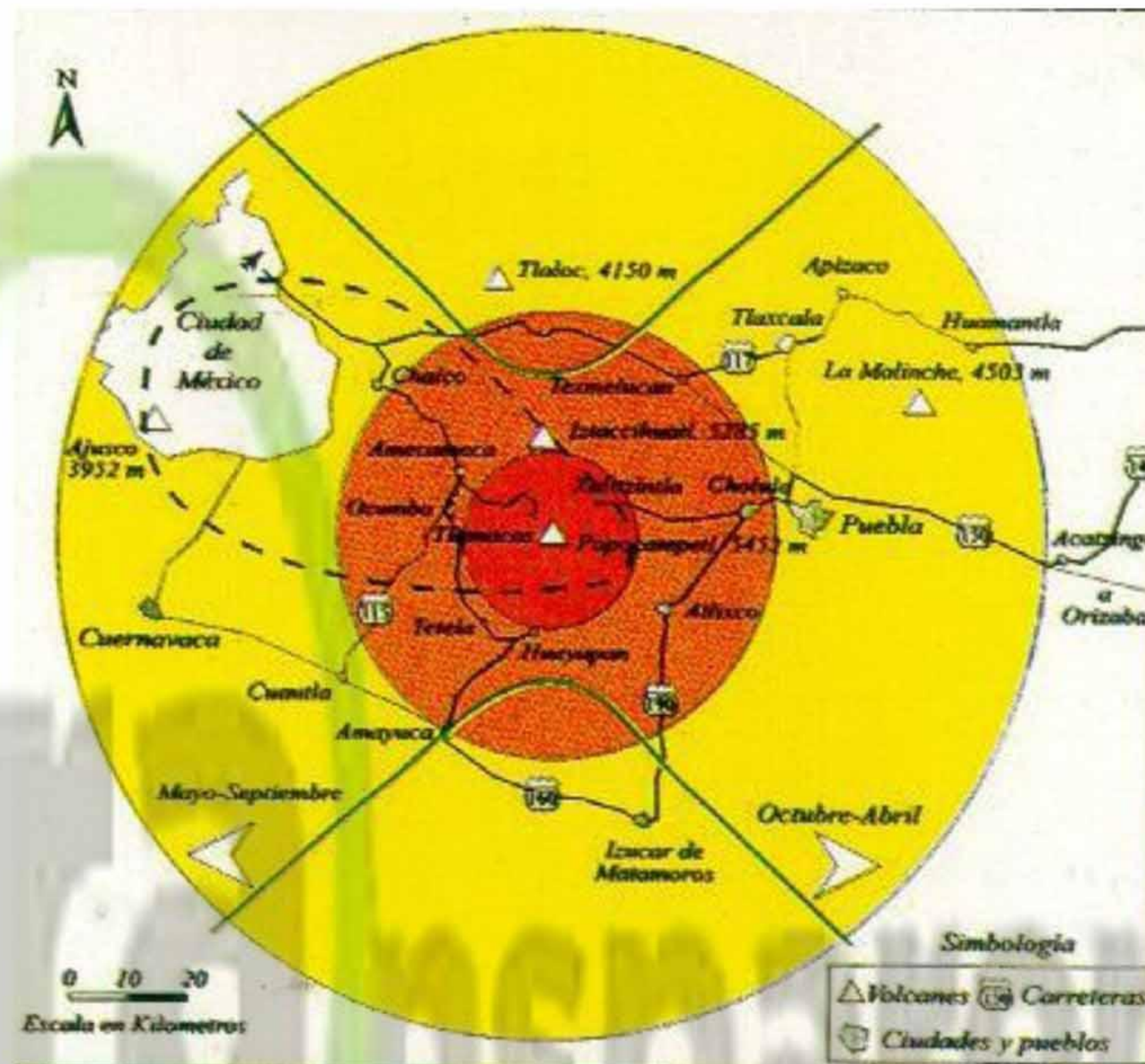


Figura 5.4 Mapa de peligros por caída de materiales volcánicos (ceniza) del volcán Popocatepetl, en donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Ecatepec por materiales balísticos, pero sí por cenizas. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

## Vulnerabilidad y riesgo por vulcanismo

La vulnerabilidad a fenómenos volcánicos para el municipio de Ecatepec es Alta, debido a que la economía y rutas generales de abastecimiento de alimentos, agua y energéticos están interconectadas con la Ciudad de México. Un evento al que toda la ciudad incluyendo el área metropolitana, podría dañar la economía, es el cierre del Aeropuerto Benito Juárez por un fenómeno de exhalación de cenizas. De igual manera, los sistemas primarios hidráulicos, de transporte y hospitales podrían dejar de funcionar adecuadamente, afectando a toda la población de la cuenca del Valle de México. Es con base a lo anterior, que se estimó la vulnerabilidad como Alta para este municipio.

Para el Municipio de Ecatepec, se estima que el riesgo por vulcanismo es **MEDIO**, debido a las siguientes consideraciones:

- Alta vulnerabilidad a los fenómenos volcánicos debido a una posible afectación a las actividades económicas (por ej., un eventual cierre del aeropuerto de la Ciudad de México).
- Peligro moderado debido a la actividad reciente del Volcán Popocatepetl.



## 5.1.2 Sismos

Un sismo o temblor es una sacudida del terreno que se produce debido a una súbita liberación de energía por reacomodos de materiales de la corteza terrestre que superan el estado de equilibrio mecánico. La litosfera está dividida en varias placas, cuya velocidad de desplazamiento es del orden de varios centímetros por año. En los límites entre placas, donde éstas hacen contacto, se generan fuerzas de fricción que impiden el desplazamiento de una respecto de la otra, generándose grandes esfuerzos en el material que las constituye. Si dichos esfuerzos sobrepasan la resistencia de la roca, ocurre una ruptura violenta y la liberación repentina de la energía acumulada. Desde el foco (o hipocentro), ésta se irradia en forma de ondas sísmicas, a través del medio sólido de la Tierra en todas direcciones. El eje Neovolcánico Transversal, y por extensión el Municipio de Ecatepec, se encuentra afectado por la interacción de dos placas tectónicas.

Los sismos no pueden predecirse; no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, los sismos se presentan en regiones bien definidas a nivel regional y se puede elaborar una estimación de las intensidades máximas esperadas, en función de los antecedentes históricos y la geología local. La sismicidad se refiere al grado de susceptibilidad de un área a presentar sismos, lo cual a su vez está asociado a ciertas condiciones geológicas, tales como posición con respecto a las márgenes de las placas geológicas.

### *Peligro por sismicidad*

#### **Zonificación Sísmica**

En las bases de datos de sismos del Servicio Sismológico Nacional, en la zona en que se emplaza el municipio y sus alrededores, se registran siete epicentros fechados durante las décadas de 1980 y 1990. De estos, 6 han sido epicentros de profundidad somera (6-9 km) y sólo uno de 3.5° en escala de Richter, muy reciente (28 de junio de 2010) pero sin mostrar relación con alguna tendencia sísmica recurrente en la zona, por lo que se pueden descartar condiciones de peligro por sismicidad local en la zona. No obstante, los sismos pueden ocurrir a decenas e incluso cientos de kilómetros y causar grandes daños.

El peligro más notable que para Ecatepec representaría la actividad sísmica en la costa del Pacífico, tiene que ver con la subsidencia general de la Cuenca de México. Debido a que su zona urbana se encuentra en la Zona de Transición de la Zonificación Geotécnica, y por tanto, en vecindad con la Zona Lacustre, las consecuencias estarían relacionadas con una deformación del terreno en su extensión urbana y hacia la parte oeste de la misma, como parte del proceso de subsidencia de la Cuenca de México.

De acuerdo con la división de zonas sísmicas en el país por parte de la Comisión Federal de Electricidad, el Municipio de Ecatepec se ubica en la Zona intermedia B, donde se registran sismos no tan frecuentemente, y las aceleraciones del suelo no sobrepasan el 70%. Esto aunado a su geología local, donde predominan las rocas de origen volcánico, las intensidades esperadas en caso de un sismo son significativamente menores en relación a las que podrían afectar a las zonas lacustres cercanas.



Debido a que las regiones sísmicas del país son muy extensas, el área de estudio presenta una homogeneidad en esta capa de información. Sin embargo, se emplearon los criterios de la Clasificación de Suelos de la Norma de Construcción Sismoresistente Europea NSCE-02 para poder definir las zonas del área de estudio de Ecatepec que presentan características similares a las velocidades de propagación de ondas sísmicas secundarias reportadas en dicha norma. A través de la comparación de las velocidades de propagación de ondas sísmicas en diversos materiales de origen geológico entre las características geológicas de Ecatepec y las características descritas en la NSCE-02, se determinó el comportamiento de la velocidad de propagación de ondas sísmicas secundarias ( $V_s$ ) en la zona de estudio, en función de la siguiente tabla:

Tipo de suelo	Descripción	$V_s$	C
I	Roca compacta, suelo cimentado o granular muy denso	>750	1.0
II	Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros	750-400	1.3
III	Suelo granular de compactación media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme	400-200	1.6
IV	Suelo granular suelto o suelo cohesivo blando	<200	2.0

Tabla 5.1 Velocidad de propagación de las ondas secundarias en función del tipo de material superficial a 20m.  
Fuente: Norma NSCE-02

### Aceleraciones máximas según tres diferentes periodos de retorno

La aceleración sísmica es una medida de intensidad de los terremotos que consiste en la medición directa de las aceleraciones que sufre la superficie del suelo. La unidad de aceleración sísmica es la intensidad del campo gravitatorio ( $1g = 981 \text{ cm/s}^2 = 9.81 \text{ m/s}^2$ ). A diferencia de la escala Richter o la escala de magnitud de momento, la aceleración sísmica no mide la energía total liberada del terremoto, sino la intensidad del sismo en la superficie, por lo que tiene una correlación directa con la escala de Mercalli. La aceleración sísmica se utiliza para establecer normas de construcción y determinar el riesgo sísmico para la infraestructura expuesta. Durante un sismo, el daño en los edificios y las construcciones está relacionado con la velocidad y la aceleración sísmica, y no directamente con la magnitud del terremoto.

Para el Municipio de Ecatepec se analizaron las aceleraciones máximas del suelo para tres diferentes periodos de retorno, con la finalidad de conocer el peligro sísmico según diferentes rangos de tiempo. Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado se eligieron los periodos de retorno más representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años. En ellos se muestran aceleraciones máximas para terreno firme para un periodo de retorno dado (tiempo medio, medido en años, que tarda en repetirse un sismo con el que se exceda una aceleración dada).

Los mapas de aceleración sísmica máxima son resultado de la elaboración del programa Peligro Sísmico en México (PSM, 1996) realizado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Comisión Federal de Electricidad, y CENAPRED. En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 10 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de  $11 \text{ cm/s}^2$  ó  $1.12\%g$ , lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de IX grados, o sea, violento con daño potencial fuerte; pánico generalizado, daños considerables en estructuras especializadas,



paredes inclinadas, grandes daños en importantes edificios, con derrumbes parciales, edificios desplazados fuera de las bases.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 100 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 81 cm/s/s, lo que implica un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, un sismo extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

En el caso del mapa de aceleración sísmica máxima para un periodo de retorno de 500 años, se espera un evento sísmico con aceleraciones de 135 cm/s/s ó 13.76%g, lo que corresponde a un sismo en la escala de Mercalli de X grado, o sea, extremo con daño potencial muy fuerte; algunas estructuras de madera bien construidas quedan destruidas, la mayoría de las estructuras de mampostería y el marco destruido con sus bases, rieles doblados.

Escala de Mercalli (Instrumental)	Aceleración sísmica máxima (%g)	Velocidad sísmica máxima (cm/s)	Percepción del temblor	Daño potencial	Periodo de retorno (años)
I	< 0.0017	< 0.1	No apreciable	Ninguno	ND
II-III	0.0017 - 0.014	0.1 - 1.1	Muy leve	Ninguno	ND
IV	0.014 - 0.039	1.1 - 3.4	Leve	Ninguno	ND
V	0.039 - 0.092	3.4 - 8.1	Moderado	Muy leve	ND
VI	0.092 - 0.18	8.1 - 16	Fuerte	Leve	ND
VII	0.18 - 0.34	16 - 31	Muy fuerte	Moderado	ND
VIII	0.34 - 0.65	31 - 60	Severo	Moderado a fuerte	ND
IX	0.65 - 1.24	60 - 116	Violento	Fuerte	10
X+	> 1.24	> 116	Extremo	Muy fuerte	100 y/o 500

Tabla 5.2 Correlación entre Escala de Mercalli y Aceleración sísmica, así como periodos de retorno asociados en el municipio de Ecatepec. Fuente: USGS ShakeMapScientificBackground, elaboración propia.

### Periodos de Retorno para Aceleraciones de 15%g o Mayores

Se sabe que, para los tipos constructivos que predominan en el Municipio de Ecatepec, los daños son considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre). Por tal razón, se realizó el mapa de periodos de retorno de aceleraciones de 15%g o mayores utilizando información de la Comisión Federal de Electricidad.

En el estudio realizado por la CFE, el periodo de retorno para eventos con una aceleración de 15%g ó 147.15 cm/s<sup>2</sup> es de 750 años, por lo que prácticamente cada siete siglos se produciría un evento de esa intensidad.



## Vulnerabilidad sísmica de viviendas en las zonas urbanas

Se estableció un parámetro para estimar los posibles daños esperados en el Municipio de Ecatepec, definido como índice de vulnerabilidad sísmica  $I_{sb}$ , y que se interpreta como el nivel de susceptibilidad de las viviendas a sufrir un daño en un escenario por un determinado coeficiente sísmico. Los datos se pasaron de intensidad sísmica a coeficiente sísmico para hacer más práctico su manejo y se estableció una variación discreta para hacerla corresponder a la zona sísmica B (a la que pertenece del municipio según la CFE).

Para la elaboración del presente análisis, se tomó como base la metodología de Ramírez de Alba, Pichardo-Lewenstein, Arzate-Cruz (2007) que propusieron un criterio para establecer la vulnerabilidad básica en términos del costo de reparación de las estructuras dañadas, enfocado a la aplicación por municipios en zonas de riesgo y compañías de seguros.

El índice de susceptibilidad de daños por sismo se define de acuerdo a la ecuación 1.

$$I_{sd} = V_b * T_e * E \quad (1)$$

Donde

$I_{sd}$  = Índice de susceptibilidad a daños por sismo

$V_b$  = vulnerabilidad básica

$T_e$  = factor de terreno blando

$E$  = factor de tipología estructural y calidad de construcción

### Cálculo de la vulnerabilidad básica ( $V_b$ )

Con el primer criterio, se pudo observar que para las intensidades más altas de IX en escala Mercalli modificada, se tiene un porcentaje de daños entre 15% y 65%; para intensidades moderadas de VIII entre 10% y 35%; y para intensidades relativamente bajas de VI se tiene entre 1% y 1.5% de estructuras dañadas. Para establecer el daño probable en función del coeficiente sísmico  $c$ , primero se recurre a relaciones que se han propuesto entre intensidad y aceleración, de esta manera la intensidad IX se relaciona con  $500 \text{ cm/seg}^2$ ; la intensidad de VIII con  $350 \text{ cm/seg}^2$  y la de VI con  $60 \text{ cm/seg}^2$ . En este caso, el coeficiente sísmico corresponde a las aceleraciones del suelo, que para la zona B, la aceleración de respuesta es 3.5 veces la del suelo, esto por la forma de espectro de diseño, o sea,  $c = 0.21$ .

Para valores de  $c$  menores de 0.21 no se tienen datos por lo que se optó por un criterio simple (menor intensidad menor daño), es decir una recta que pasa por el origen hasta el valor correspondiente a 0.21 que es de 0.010 (zona B donde generalmente se manifiestan daños por sismos intensos ocurridos en zonas vecinas). De esta manera, se realizó la ecuación 2.

$$V_b = 0.0476c \quad (2)$$

$$c = 0.21$$

$$V_b = 0.0476 * 0.21 = 0.009996$$



### Cálculo del factor de terreno blando ( $T_e$ )

El factor de terreno blando,  $T_e$ , se calcula con datos geológicos y topográficos, depende del coeficiente sísmico y de una variable que permita estimar si se pueden presentar amplificaciones de los efectos sísmicos debidos a las características del subsuelo, que se denomina  $T_b$ . La fórmula empleada por el método es la ecuación 3.

$$T_e = (1.67c + 1.37) * T_b + 1 \quad (3)$$

Para obtener el coeficiente sísmico,  $c$ , (terreno duro) se recurrió a lo propuesto en el Manual de Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, o sea, 0.14 para la zona B.

La relación  $T_b$  se define como el área de terreno con posibilidades de incrementar los efectos sísmicos al área total. El tabulado de valores propuesto por el método se enlista a continuación:

Características del terreno	$T_b$
Predominio de terrenos altos con valles aluviales antiguos, topografía uniforme.	0.00
Predominio de terrenos aluviales con escasos depósitos de arcilla. O bien depósitos de arcilla consolidados con topografía uniforme.	0.25
Predominio de terrenos aluviales con depósitos significativos de arcilla no consolidados y topografía accidentada.	0.50
Predominio de terrenos aluviales poco consolidados, con zonas significativas cercanas a lechos de ríos o grandes áreas urbanas sobre depósito de arena.	0.75
Predominio de terrenos cerca de costas, lechos de ríos o rellenos sobre antiguos lagos o bien terrenos muy escarpados con propensión a movimiento de taludes.	1.00

Tabla 5.3 Variables sísmicas del Terreno según su topografía. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

En el caso del Municipio de Ecatepec, y de acuerdo a la cartografía topográfica, de pendientes y geológica, el territorio en su totalidad corresponde a la zona con “Predominio de terrenos aluviales con escasos depósitos de arcilla. O bien depósitos de arcilla consolidados con topografía uniforme”, por lo que  $T_b = 0.25$

Continuando con la ecuación 3:

$$T_e = (1.67c + 1.37) * T_b + 1$$

$$c = 0.14$$

$$T_b = 0.75$$

$$T_e = ((1.67 * 0.14) + 1.37) * (0.75 + 1) = 2.80$$



### Cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción (E)

Para el cálculo del factor por tipología estructural y calidad de construcción, E, se los autores propusieron un criterio empírico, tomando la forma de un factor de amplificación o de reducción según el caso, de acuerdo a la ecuación 4.

$$E = p^x / 1 - p \quad (4)$$

El valor **p**, se define como la relación del número de edificaciones con posible comportamiento insatisfactorio al total de construcciones. Una forma de calcular este valor es a partir de los datos del censo población y vivienda, que consignan tipologías estructurales y construcciones hechas con materiales precarios. En este caso, el municipio embona dentro de la categoría “Predominio de estructuras de mampostería reforzada, concreto reforzado y acero estructural, no más de 10% de estructuras con muros de adobe o mampostería no reforzada”.

Para el índice de calidad de construcción, **x**, se utiliza los valores tabulados en la tabla de características de la construcción, los cuales en el caso de la zona de estudio corresponde a: “Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento”, como un promedio general.

Tipo de estructuras	p
Predominio de estructuras de mampostería reforzada, concreto reforzado y acero estructural, no más de 10% de estructuras con muros de adobe o materiales precarios.	0.1
Igual que el anterior pero con más de 10% de estructuras con muros de adobe o mampostería no reforzada	0.2
Casi igual cantidad de estructuras de mampostería reforzada y concreto reforzado respecto a los de adobes y mampostería sin refuerzo.	0.3
Localidades donde exista predominio de las estructuras cuyos muros sean de adobe, mampostería no reforzada o de materiales precarios.	0.5

Tabla 5.4 Variables de daño sísmico de las estructuras según los materiales de construcción. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Características de la construcción	x
Regiones con reconocida tradición constructiva, uso de materiales controlados y mantenimiento oportuno de las construcciones	1.0
Regiones con calidad de construcción normal, materiales de calidad regular y acciones de mantenimiento generales	0.7
Calidad de construcción variable tendiendo a la baja, materiales que no son sometidos a controles estrictos, propensión a la modificación y ampliación de estructuras, poca cultura del mantenimiento.	0.5





Calidad de construcción muy baja, materiales de construcción de baja resistencia y poca durabilidad, poca cultura de mantenimiento.

0.3

Calidad de construcción excepcionalmente baja, material es precarios y nula atención al mantenimiento.

0.1

Tabla 5.5 Variables sísmicas de los asentamientos según su tipología constructiva. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

Volviendo a la ecuación 4:

$$E = p^x / 1 - p$$

$$p = 0.1$$

$$x = 0.5$$

$$E = 0.1^{0.5} / 1 - 0.1 = 0.35136418$$

Aplicando valores en la ecuación 1

$$I_{sd} = V_b * T_e * E$$

$$V_b = 0.009996$$

$$T_e = 2.80$$

$$E = 0.35136418$$

$$I_{sd} = 0.009996 * 2.80 * 0.35136418 = 0.007024473$$

Determinación de vulnerabilidad: **baja** en promedio para el municipio de Ecatepec.

**Vulnerabilidad**       **$I_{sd}$  Rango de valores**

Baja	0.0002700 - 0.0793775
Media	0.0793775 - 0.1584800
Alta	0.1584800 - 0.2375920
Muy alta	0.2375920 - 0.3167000

Tabla 5.6 Rangos de vulnerabilidad sísmica de las viviendas según los resultados obtenidos del  $I_{sd}$ . Fuente: Ramírez de Alba (2007)



## Riesgo asociado a Sismicidad

El riesgo potencial asociado a sismos se calculó de acuerdo a la relación de la vulnerabilidad sísmica y el peligro sísmico en relación a la velocidad de propagación de la Onda Secundaria. A pesar de que la vulnerabilidad es en general baja, el peligro es Muy Alto, por lo que el riesgo es **MEDIO** en el municipio de Ecatepec.

### 5.1.3 Tsunamis o maremotos

Los Tsunamis son series de olas de gran longitud de onda que aparecen en el agua por el desplazamiento de un gran volumen de material dentro de un océano. Los eventos detonantes son los terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos de tierra e impactos de meteoritos. El impacto de los tsunamis se limita a las zonas costeras, por lo que en el caso del Municipio de Ecatepec, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 225 km de distancia de la costa más cercana con el perímetro municipal, por lo que el riesgo es **NULO**.

### 5.1.4 Procesos de Remoción en Masa

Los procesos de remoción en masa son un proceso geomorfológico por el cual el suelo, regolito y/o la roca se mueven cuesta abajo por la fuerza de la gravedad. Los tipos de remoción de masa en el área de estudio incluyen deslizamientos y derrumbes, cada uno con sus propias características, y que tiene lugar en escalas de tiempo diferentes. Cuando la fuerza gravitacional que actúa sobre una pendiente es superior a su resistencia, la remoción en masa se produce. Factores que modifican la estabilidad de los materiales incluyen: cambios en el ángulo de la pendiente, debilitamiento del material por erosión, mayor contenido de agua, y cambios en la cubierta vegetal.

Aunque hay una variedad importante de procesos de remoción en masa, en el Municipio de Ecatepec, se pueden presentar dos: deslizamientos y derrumbes.

Los deslizamientos se definen por el CENAPRED como "Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable". Son reconocidos tres tipos principales de deslizamientos:

- i) **Rotacionales** (con una superficie principal de falla cóncava que ocurren muy a menudo en suelos arcillosos blandos, o bien, en formaciones de rocas blandas); y,
- ii) **Traslacionales** (en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo a lo largo de una superficie más o menos plana, con muy poco o un movimiento nulo de rotación o volteo). Aunque también se pueden desarrollar como:
- iii) **Expansiones o desplazamientos laterales** (movimientos de masas térreas que tienen lugar en pendientes muy suaves y dan como resultado desplazamientos casi horizontales, causados



frecuentemente por licuación de materiales sueltos y saturados ante los efectos de un sismo) y movimientos complejos (resultantes de la transformación del movimiento inicial en otro tipo de movimiento al ir desplazándose ladera abajo, siendo los más comunes y llegan a ocasionar cuantiosas pérdidas).

Por otro lado, los derrumbes, también conocidos como “caídos”, 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 en caída libre, rodando y rebotando. Presentan ruptura y desprendimiento de materiales en forma brusca y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa “en seco”. La mayor parte del transporte de los materiales se da en el medio aéreo, pero como se mencionó, la componente de salto y rodamiento es importante. Son difíciles de detectar en virtud de que no presentan signos precursores que los anuncien y son distintos factores exógenos los que los originan, entre ellos: sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones y vegetación arbórea sobre macizo rocoso.

## *Peligro por procesos de remoción en masa*

En las últimas décadas (básicamente a partir de la década de los sesentas) se han desarrollado una gran cantidad de asentamientos humanos, muchos de ellos irregulares, en las laderas de la Sierra de Guadalupe, la cual, debido a su constitución geológica presenta una serie de peligros, entre otros: deslizamientos de laderas causados y/o acelerados por factores naturales como la acción de las fuerzas de gravedad, una abundante precipitación pluvial y sismos, o bien inducidos por el hombre, como la deforestación, cortes en las laderas, el constante cruce de vehículos pesados y el uso de explosivos en la explotación de canteras que generan vibraciones que al paso del tiempo provocan la inestabilidad de los taludes.

La influencia del hombre como modificador del relieve terrestre da como resultado cortes en las laderas, hechos con el propósito de urbanizar y extraer material. Dichas actividades pueden generar inestabilidad en los taludes. La acción antrópica genera vibraciones, sobrecarga al terreno y filtraciones en fracturas, lo que tiende a inestabilizar los macizos rocosos que conforman la Sierra de Guadalupe.

Muchas de las viviendas hasta ahora edificadas en gran parte de esta sierra se encuentran en situación de riesgo, pues se localizan cerca de focos de peligro. Los fenómenos de deslizamiento pueden ser provocados por sismos o abundantes lluvias, ejemplo de ello es que la región de estudio se encuentra en una zona sísmicamente activa.

La intervención humana en los cambios y alteraciones del medio ambiente ha sido notable, sobre todo en los últimos 40 años, debido a la expansión de la mancha urbana hacia la zona de la Sierra de Guadalupe. El gran crecimiento demográfico que se ha registrado en las últimas décadas, la falta de planeación urbana y de uso de suelo y la demanda cada vez mayor de vivienda, ha tenido como resultado una expansión de la mancha urbana a zonas de laderas montañosas que presentan serios peligros desde el punto de vista geológico y geotécnico, por lo que actualmente muchas de personas viven en zonas de peligro. Para evitar más asentamientos irregulares hacia arriba de las laderas de la Sierra de Guadalupe, fue necesario construir bardas o muros ecológicos en algunas zonas. Estadísticamente se encontró que



en el municipio de Ecatepec el 4.59% de su población habita en la zona montañosa de la Sierra de Guadalupe.

Se realizó un inventario de las zonas en donde se existen peligros por procesos de remoción en masa. Estas zonas están estrechamente relacionadas a los procesos de ocupación del territorio, debido a que la acción del hombre es la que ha generado inestabilidad en los materiales que componen las laderas de la Sierra de Guadalupe, mediante la deforestación y realización de cortes de taludes.

## Deslizamientos de laderas

### Peligro por deslizamientos

Se representaron zonas propensas a deslizamientos en el territorio de Ecatepec. Para determinar niveles de susceptibilidad a éste tipo de remoción en masa fue necesario el desarrollo de diversas capas de información (pendientes diferenciadas por el grupo de 30° a 60°, litología, erosión, densidad de disección del terreno y densidad de lineamiento) que, relacionadas permitieron estimar un índice para la susceptibilidad o propensión a deslizamientos.

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles o propensas a deslizamientos, y los criterios empleados, fueron los siguientes:

1. Zonas del terreno con pendientes entre 30° y 60°;
2. Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a deslizamiento: andesita-basalto-brecha volcánica básica e intermedia-basalto/brecha volcánica básica, brecha sedimentaria-toba básica, y material aluvial;
3. Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio de Ecatepec y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo, zonas con cubierta vegetal escasa y banco de material;
4. Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y
5. Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	30° - 45°	45° - 60°
Litología	-Brecha Volcánica Intermedia	-Toba Básica	-Material Aluvial
	-Andesita	-Brecha Sedimentaria	
	-Brecha Volcánica Básica		



	-Basalto -Basalto/Brecha Volcánica Básica		
Superficies De Erosión Potencial	Zona Con Cubierta Vegetal	Zona Con Cubierta Vegetal Escasa	Banco De Material
Densidad De Disección	0 – 1.39	1.39 – 3.03	3.03 – 6.67
Densidad De Lineamiento	0.0 – 0.4	0.4 – 1.4	1.4 – 2.0

Tabla 5.7 Elementos que inciden en los deslizamientos de ladera, así como su intensidad relativa.

Elemento	Ponderación De La Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	2	3
Litología	1	2	3
Superficies De Erosión Potencial	1	2	3
Densidad De Disección	1	2	3
Densidad De Lineamiento	1	2	3

Tabla 5.8 Ponderación de la intensidad del peligro de deslizamiento.

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión al deslizamiento del terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec, el terreno presenta una mayor susceptibilidad al deslizamiento en aquellos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a deslizamientos de terreno en la zona de estudio del municipio de Ecatepec se determinó por 8 niveles caracterizados de la siguiente manera:

Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.2272**): comprende valores de pendiente de 30° a 45°, materiales geológicos de basalto y andesita, la superficie de exposición a la erosión es zona urbana y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja y media y densidad de lineamiento baja;

Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.2651**): tiene valores de pendiente de 30° a 60°, los materiales geológicos que se encuentran en la zona de este nivel son basalto, toba básica y andesita, la superficie de exposición a la erosión es zona urbana y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja, media y alta y densidad de lineamiento baja;

Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.3030**): posee valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de brecha volcánica básica, toba básica, andesita, brecha sedimentaria y basalto, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona de cultivo, zona urbana, zona con cubierta vegetal y



zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;

Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.3409**): comprende valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de basalto, basalto-brecha volcánica básica, toba básica, andesita, brecha sedimentaria y brecha volcánica básica, superficies de exposición a la erosión de banco de material y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección baja, media y alta y densidad de lineamiento baja, media;

Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.3787**): tiene valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de basalto, toba básica, andesita, brecha sedimentaria y brecha volcánica intermedia, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, zona con cubierta vegetal, banco de material y zona urbana, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;

Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.4166**): posee valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de toba básica, andesita, brecha sedimentaria y brecha volcánica intermedia, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, banco de material y zona con cubierta vegetal, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;

Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.4545**): comprende valores de pendiente de 30° a 60°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, banco de material y zona de cultivo, densidad de disección media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;

Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.4924**): tiene valores de pendiente de 45° a 60°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa y banco de material, densidad de disección alta y densidad de lineamiento media y alta;

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión al deslizamiento del terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec, el terreno presenta una mayor susceptibilidad al deslizamiento en aquellos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

De la relación entre estas variables se calculó un índice de susceptibilidad a deslizamientos (***IsuscDz***) definido por la siguiente fórmula:

$$IsuscDz = \frac{NsuscDz_i}{\sum NsuscDz_i} \times 100$$

Dónde:

***IsuscDz***: Índice de susceptibilidad a deslizamientos;

***NsuscDz<sub>i</sub>*** =  $p_i + l_i + e_i + dt_i + dl_i$



$N_{suscDz_i}$ : nivel de susceptibilidad al deslizamiento en la zona  $i$ ;  
 $\Sigma N_{suscDz_i}$ : sumatoria de todos los niveles de susceptibilidad;  
 $p_i$ : ponderación del valor de la pendiente del terreno en la zona  $i$ ;  
 $l_i$ : ponderación de la susceptibilidad de la litología en la zona  $i$ ;  
 $e_i$ : ponderación de la susceptibilidad potencial de las superficies de erosión en la zona  $i$ ;  
 $dt_i$ : ponderación de la intensidad de la densidad de disección del terreno en la zona  $i$ ; y,  
 $dl_i$ : ponderación de la intensidad de la densidad de lineamiento en la zona  $i$ .

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a deslizamientos de terreno en la zona de estudio de Ecatepec se determinó por 8 niveles. De lo anterior, se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro.

Nivel	Índice	Categoría de intensidad				
		Muy Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta
1	0.2272	X				
2	0.2651	X				
3	0.3030		X			
4	0.3409			X		
5	0.3787			X		
6	0.4166				X	
7	0.4545					X
8	0.4924					X

Tabla 5.9 Categorías de intensidad de deslizamientos en función del índice obtenido.

### Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento de laderas

En el municipio de Ecatepec se reconocieron algunas zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, que afectarían edificaciones, viviendas o infraestructura, debido a que la población se asienta en la parte de las laderas de los cerros cercanos.

De esta manera, el riesgo por este tipo de fenómeno es **ALTO** debido a la población expuesta.

### Derrumbes

#### Peligros por Derrumbes

Se identificaron las zonas propensas a derrumbes dentro de la demarcación de Ecatepec. Éste movimiento de remoción en masa no se presenta en grandes extensiones debido a que la pendiente que facilita los derrumbes son superiores a los 60 grados y las superficies con éstos valores son reducidas en el municipio.



Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles o propensas a derrumbes, y los criterios empleados, fueron los siguientes:

- 1) Zonas del terreno con pendientes mayores a 60°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en pares de menor a mayor susceptibilidad a derrumbes: material aluvial-depósitos lacustres, brecha sedimentaria, toba básica, basalto-andesita-brecha volcánica básica e intermedia-basalto/brecha volcánica básica;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio de Ecatepec y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zona con cubierta vegetal, zona de cultivo, banco de material y zona con cubierta vegetal escasa;
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y
- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).

A través de la construcción de una variable nominal con la ponderación de los valores de cada elemento considerado, se estimó un índice de susceptibilidad o propensión a derrumbes. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec, el terreno presenta una mayor susceptibilidad a derrumbes en aquellos sitios donde el rango de pendiente que involucra coincide con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno, según los siguientes cuadros:

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	-----	>60°
Litología	-brecha sedimentaria	-toba básica	-brecha volcánica intermedia -andesita -brecha volcánica básica -basalto -basalto/brecha volcánica básica
Superficies de erosión potencial	Zona con cubierta vegetal	Banco de material	Zona con cubierta vegetal escasa
Densidad de disección	0 – 1.39	1.39 – 3.03	3.03 – 6.67
Densidad de lineamiento	0.0 – 0.4	0.4 – 1.4	1.4 – 2.0





Tabla 5.10 Elementos que inciden en los derrumbes, así como su intensidad relativa

Elemento	Ponderación de la intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	-----	3
Litología	1	2	3
Superficies de erosión potencial	1	2	3
Densidad de disección	1	2	3
Densidad de lineamiento	1	2	3

Tabla 5.11 Ponderación de la intensidad del peligro de derrumbe.

De la relación entre estas cinco variables se calculó un índice de susceptibilidad a derrumbes ( $I_{suscDrr}$ ) definido por la siguiente fórmula:

$$I_{suscDrr} = \frac{N_{suscDrr_i}}{\sum N_{suscDrr_i}} \times 100$$

Donde:

$I_{suscDrr}$ : Índice de susceptibilidad a derrumbes;

$N_{suscDrr_i} = p_i + l_i + e_i + dt_i + dl_i$

$N_{suscDrr_i}$ : nivel de susceptibilidad a derrumbes en la zona  $i$ ;

$p_i$ : ponderación del valor de la pendiente del terreno en la zona  $i$ ;

$l_i$ : ponderación de la susceptibilidad de la litología en la zona  $i$ ;

$e_i$ : ponderación de la susceptibilidad potencial de las superficies de erosión en la zona  $i$ ;

$dt_i$ : ponderación de la intensidad de la densidad de disección del terreno en la zona  $i$ ; y,

$dl_i$ : ponderación de la intensidad de la densidad de lineamiento en la zona  $i$ .

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a derrumbes en la zona de estudio del municipio de Ecatepec se determinó por 7 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.2818**) ; valores de pendiente  $>60^\circ$ , superficies de exposición a la erosión de zona urbana, densidad de disección del terreno media, densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de toba básica;
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.3382**) ; valores de pendiente  $>60^\circ$ , superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media, densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.3945**) ; valores de pendiente  $>60^\circ$ , superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, banco de material, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media y baja, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de andesita, brecha sedimentaria;



- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.4509**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona con cubierta vegetal y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta, media y baja, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.5073**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno alta y media, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.5636**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta, densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de andesita;
- Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.6200**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta, densidad del lineamiento media y materiales geológicos de andesita;

A partir de la definición de los niveles de susceptibilidad o propensión a derrumbes en Ecatepec de Juárez se construyeron 7 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro.

Nivel	Índice	Categoría de intensidad		
		Baja	Media	Alta
1	0.2818	X		
2	0.3382	X		
3	0.3945	X		
4	0.4509		X	
5	0.5073			X
6	0.5636			X
7	0.6200			X

Tabla 5.12 categorías de intensidad de derrumbes en función del índice obtenido.

## Flujos

Son definidos como “Movimientos de suelos y/o fragmentos de rocas ladera abajo, en donde sus partículas, granos o fragmentos tienen movimientos relativos dentro de la masa que se mueve o desliza sobre una superficie de falla...”<sup>1</sup>. Pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos. Principalmente se distinguen:

<sup>1</sup>En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 5.



- i. **Flujos de lodo**, masa de suelo y agua que fluye pendiente abajo muy rápidamente, y que contiene por lo menos 50% de granos de arena y limo, y partículas arcillosas;
- ii. **Flujos o avalancha de suelos y rocas**, movimiento rápido de una mezcla en donde se combinan partículas sueltas, fragmentos de rocas, y vegetación con aire y agua entrampados, formando una masa viscosa o francamente fluida que se mueve pendiente abajo. Dichos movimientos también son conocidos como flujos de escombros; y,
- iii. **Lahares**, flujo de suelos o detritos que se originan en el talud de un volcán, generalmente disparado por lluvias intensas que erosionan depósitos volcánicos, deshielo repentino por actividad volcánica, por rotura de represas o desbordamiento de agua represada y/o por la ocurrencia de sismos.

### **Peligro por Flujos**

Se generaron áreas que representan zonas propensas a flujos en la zona de estudio. Pueden presentarse como flujos de lodo, avalanchas de suelos y rocas o lahares. Para estimar su índice se utilizaron las mismas variables y criterios que se emplearon para los deslizamientos (a excepción del grupo de pendiente donde tiene ocurrencia), ya que son los mismos factores que determinan la probable ocurrencia del fenómeno geológico.

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles a flujos fueron los siguientes:

- 1) Zonas del terreno con pendientes entre 15° y 45°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a flujos: depósitos lacustres, basalto-andesita-brecha volcánica básica e intermedia-basalto brecha volcánica básica, brecha sedimentaria-toba básica, y material aluvial;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio Ecatepec y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo y zonas con cubierta vegetal escasa, banco de material;
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y
- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km<sup>2</sup>, que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).



Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	15° - 30°	30° - 45°
Litología	-brecha volcánica intermedia		
	-andesita		
	-brecha volcánica básica	-toba básica	
	-basalto	-brecha sedimentaria	-material aluvial
	-basalto/brecha volcánica básica		
Superficies de erosión potencial	Zona con cubierta vegetal	Banco de material	Zona con cubierta vegetal escasa
Densidad de disección	0 – 1.39	1.39 – 3.03	3.03 – 6.67
Densidad de lineamiento	0.0 – 0.4	0.4 – 1.4	1.4 – 2.0

Tabla 5.13 Elementos que inciden en los flujos, así como su intensidad relativa.

Elemento	Ponderación de la intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	2	3
Litología	1	2	3
Superficies de erosión potencial	1	2	3
Densidad de disección	1	2	3
Densidad de lineamiento	1	2	3

Tabla 5.14 Ponderación de la intensidad del peligro de flujo.

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión a flujos sobre el terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec el terreno presenta una mayor susceptibilidad a flujos en aquellos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a flujos de terreno en la zona de estudio del municipio de Ecatepec se determinó por 9 niveles caracterizados de la siguiente manera:



- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.1202**): comprende valores de pendiente de 15° a 30°, materiales geológicos de basalto y basalto-brecha volcánica básica, superficies de exposición a la erosión de zona urbana, densidad de disección del terreno baja y densidad de lineamiento baja;
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.1442**): comprende valores de pendiente de 15° a 30°, materiales geológicos de basalto, basalto-brecha volcánica básica, toba básica y andesita, superficies de exposición a la erosión de zona urbana y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja y media y densidad de lineamiento media;
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.1683**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de basalto, brecha volcánica básica, toba básica, andesita, brecha sedimentaria y brecha volcánica intermedia, superficies de exposición a la erosión de zona urbana, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja, media y alta y densidad de lineamiento baja;
- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.1923**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de basalto, basalto-brecha volcánica básica, brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, banco de material, zona urbana y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.2163**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de basalto, basalto-brecha volcánica básica, brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, zona con cubierta vegetal y zona urbana, densidad de disección del terreno baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.2404**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de basalto, toba básica, andesita, brecha sedimentaria, brecha volcánica intermedia y basalto-brecha volcánica básica, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, banco de material, zona de cultivo, zona con cubierta vegetal y zona urbana, densidad de disección del terreno baja, media y alta y densidad de lineamiento baja y media;
- Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.2644**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de toba básica, andesita, brecha sedimentaria, basalto y brecha volcánica intermedia, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, banco de material y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.2885**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, banco de material y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;



→ Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice **0.3125**): comprende valores de pendiente de 30° a 45°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa y banco de material, densidad de disección del terreno alta y densidad de lineamiento media y alta;

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión a flujos sobre el terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec, el terreno presenta una mayor susceptibilidad a flujos en aquellos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

De la relación entre estas variables se calculó un índice de susceptibilidad a flujos (***IsuscFl***) definido por la siguiente fórmula:

$$IsuscFl = \frac{NsuscFl_i}{\sum NsuscFl_i} \times 100$$

Dónde:

***IsuscFl***: Índice de susceptibilidad a flujos;

**$NsuscFl_i = p_i + l_i + e_i + dt_i + dl_i$** ;

**$NsuscFl_i$** : nivel de susceptibilidad al deslizamiento en la zona ***i***;

**$\sum NsuscFl_i$** : sumatoria de todos los niveles de susceptibilidad;

**$p_i$** : ponderación del valor de la pendiente del terreno en la zona ***i***;

**$l_i$** : ponderación de la susceptibilidad de la litología en la zona ***i***;

**$e_i$** : ponderación de la susceptibilidad potencial de las superficies de erosión en la zona ***i***;

**$dt_i$** : ponderación de la intensidad de la densidad de disección del terreno en la zona ***i***; y,

**$dl_i$** : ponderación de la intensidad de la densidad de lineamiento en la zona ***i***.

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a flujos de terreno en la zona de estudio de Ecatepec se determinó por 9 niveles y se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro.

Nivel	Índice	Categoría de intensidad				
		Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.1202	X				
2	0.1442	X				
3	0.1683		X			
4	0.1923		X			
5	0.2163			X		
6	0.2404				X	
7	0.2644				X	
8	0.2885					X
9	0.3125					X

Tabla 5.15 Categorías de intensidad de flujos en función del índice obtenido.



## 5.1.5 Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia

Los procesos de hundimiento y subsidencia son movimientos verticales descendentes del terreno, habitualmente en áreas con baja pendiente. Los hundimientos se producen por inestabilidad debida a la presencia de huecos subterráneos en el suelo o roca, permitiendo que las estructuras superficiales colapsen abrupta y repentinamente o se asienten a través de periodos de tiempo relativamente largos. Otro tipo de hundimiento se puede deber a un encogimiento de los materiales debido a deshidratación, principalmente en arcillas.

Las fallas y fracturas son fenómenos geológicos que pueden afectar las edificaciones e infraestructura mediante agrietamientos, dañando la estabilidad de las construcciones al grado de impedir su uso e incluso llegando a derrumbarlas. Las fracturas son planos de ruptura dentro de una unidad litológica, causadas por movimientos y deformaciones corticales (epirogénesis y orogénesis); por contracción y disecación de los sedimentos; o por liberación de tensión paralela a la superficie. Una falla es una fractura en la que dos bloques de roca, se deslizan uno con respecto al otro en direcciones divergentes. Cuando los bloques tienen movimiento (caso de las fallas), son capaces de provocar daños cuya severidad estará en función de la intensidad del movimiento, a su vez de la superficie o infraestructura que pudiese resultar afectada. Al ubicarse una falla considerada como activa en zona urbana llega a poner en peligro infraestructura a sus alrededores, como viviendas, edificaciones diversas, vialidades, infraestructura de agua y drenaje, entre otros.

Para identificar los peligros por Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia se realizaron visitas con operadores de Protección Civil para detectar si ha habido procesos de socavamiento, hundimientos, levantamiento del terreno, agrietamientos, deformación de la superficie o bien con infraestructura dañada: hundimientos parciales de edificios, inclinación de obras, hundimiento de postes, enrejados o muros; rompimiento constante de obras soterradas. Además se realizó un análisis de las condiciones que facilitan este fenómeno como son las condiciones geológicas del terreno, el origen del material y sistemas de fallas y/o fracturamiento que crucen los materiales o delimiten zonas.

### *Peligro por Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia*

En una la última década, cientos de viviendas de varias unidades habitacionales del municipio han sufrido severos deterioros estructurales, principalmente por los hundimientos del subsuelo –de hasta unos 50 centímetros anuales- debidos a la sobreexplotación de los mantos acuíferos. Los hundimientos han impactado severamente la infraestructura urbana general, principalmente la de redes de agua potable y drenaje. Sólo en Ecatepec existen 139 pozos de los que se extrae agua.

Ecatepec se hunde en promedio seis centímetros al año, es decir, el doble del hundimiento que registra el Distrito Federal. Estos hundimientos no son constantes, sino que en algunas partes son diferenciados lo que complican los riesgos de inundaciones debido a que generan fracturas en las tuberías y redes de drenaje.

Algunos daños en las casas, son tales que existe el riesgo de un posible desplome. Muros y techos con grietas, pisos levantados, columnas ladeadas, son comunes en casas de Fuentes de Aragón, Villas de Ecatepec, Venta de Carpio y Paseo de San Agustín. En otros fraccionamientos como Los Héroes, La Guadalupana o Bonito de Ecatepec, de reciente creación, comienzan a aparecer daños.



Uno de los casos más graves es en la unidad habitacional Fuentes de Aragón, donde ocurren hundimientos hasta de 50 centímetros, y unas 640 viviendas en riesgo de colapsarse presentan inclinaciones. Ya desde 1998 los inmuebles presentaban un asentamiento en la parte posterior con un desplome de 15 a 20 centímetros; en algunos departamentos se observan daños estructurales, agrietamiento en muros y losas, aplastamiento de blocs, losas flexionadas, separación del marco rígido que llega al muro y losa superior; además de afectaciones al sistema de descarga sanitaria y pérdida de pendiente.

En la colonia Valle de Ecatepec, 2 mil 800 familias viven en riesgo de que los edificios que habitan se derrumben; debido a hundimientos de hasta 1.50m, las estructuras de los inmuebles están severamente dañadas, con fisuras de hasta 30 centímetros. En enero de 2000 fueron desalojadas 128 familias de ocho edificios, mientras reparaban los inmuebles del conjunto habitacional CTM13 Valle de Ecatepec, el cual además de los graves hundimientos en la zona, está dañado por los hasta cuatro niveles de construcción y a que fueron elaborados con materiales de baja calidad sobre minas de sosa cáustica. Adicionalmente a los derrumbes, puede ocurrir otro tipo de incidente en la unidad habitacional dado que los hundimientos provocan fracturas en las redes del gas y agua potable. La unidad habitacional CTM14 presentaba los mismos problemas de cuarteaduras y hundimientos, hasta que fue demolida.

Otro de los casos es el de 16 casas habitación ubicadas en la colonia Villas de Ecatepec que presentan hundimientos hasta de 20 centímetros. De forma general, en las casas habitación, las puertas y ventanas están colgadas, presentando deformaciones en la herrería y provocando la rotura de cristales. Las canchas de basquetbol de un área deportiva del lugar también han sido dañadas.

En igual situación están 60 viviendas de la unidad habitacional Venta de Carpio. Ahí las fisuras son hasta de 10 centímetros de ancho en paredes, pisos y techos. Los daños en algunas casas son notables; incluso han pegado con cinta adhesiva los tabiques que se han desprendido y han colocado polines que le ayuden a sostener el techo y evitar el derrumbe. Las ventanas se abren solas a causa de las inclinaciones.

Debido al colapso en las tuberías del sistema de drenaje del Municipio de Ecatepec, de agosto del 2011 a mayo del 2012 se registraron 70 hundimientos en vialidades, que iban desde 10 centímetros hasta un metro de profundidad, en las colonias Granjas Valle de Guadalupe, La Popular, Rústica Xalostoc, Ruiz Cortines, Ciudad Azteca, Nueva Aragón y el Chamizal, donde se han colocado nuevos tubos de concreto, tezontle, arena y cemento hidráulico.

Estas tuberías tenían más de 40 años y fueron construidas bajo las banquetas, en vez de a mitad de calle, lo que ocasionó hundimientos en patios de las viviendas. Estos colapsos se deben -además de la degradación de las tuberías- a la presión ejercida por el tránsito de los vehículos pesados, los movimientos telúricos y el desgaste natural del tubo.

En la calle Toluca de la colonia El Chamizal se presentó en abril del 2012 un socavón de casi dos metros de profundidad por 38 centímetros de diámetro.

Como consecuencia de las lluvias registradas en octubre de 2011, se registró un hundimiento de tres metros de ancho, tres metros de largo y cinco de profundidad en la colonia San Pedro Xalostoc.





## Vulnerabilidad y riesgo por Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia

El hundimiento en la zona depende en gran medida de la ubicación geográfica del lugar, para el caso del municipio de Ecatepec, la zona más propensa a hundirse es el sector SW, ya que esta parte del terreno estuvo cercana al lago de Texcoco formando determinados materiales que son susceptibles a el proceso de hundimiento, representando un nivel de riesgo **MUY ALTO** en el municipio.

A continuación se presenta la zonificación de áreas con riesgo:

AGEB	Población	Riesgo
1503300010031	4610	Muy Alto
1503300010120	3270	Muy Alto
1503300010262	4573	Muy Alto
150330001046A	3156	Muy Alto
1503300011699	6580	Muy Alto
1503300012150	7037	Muy Alto
1503300012485	3575	Muy Alto
150330001256A	2126	Muy Alto
1503300012697	6854	Muy Alto
150330001270A	4995	Muy Alto
1503300012729	911	Muy Alto
1503300013002	3849	Muy Alto
1503300013017	4648	Muy Alto
1503300013074	4131	Muy Alto
1503300013089	2542	Muy Alto
1503300013093	3168	Muy Alto
1503300013106	4189	Muy Alto
1503300013163	2362	Muy Alto
1503300013322	3718	Muy Alto
1503300013341	7685	Muy Alto
1503300013426	4200	Muy Alto
1503300013445	1297	Muy Alto
1503300013572	4314	Muy Alto
1503300013587	5942	Muy Alto
1503300013591	2384	Muy Alto
1503300013604	4121	Muy Alto
1503300013746	3047	Muy Alto



AGEB	Población	Riesgo
1503300013765	126	Muy Alto
1503300013854	2881	Muy Alto
1503300014053	3428	Muy Alto
1503300014778	3361	Muy Alto
1503300014797	4387	Muy Alto
150330001480A	5281	Muy Alto
1503300014956	350	Muy Alto
1503300014975	43	Muy Alto

Tabla 5.16 Zonificación del riesgo por hundimientos, agrietamientos y subsidencia por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

## 5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico

El municipio de Ecatepec es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar daños materiales de importancia: principalmente está expuesto inundaciones y a lluvias extraordinarias. Acontecimientos como las inundaciones de 2011-2012, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos. Las precipitaciones pluviales han provocado que el Ecatepec se encuentre entre los municipios con mayores problemas por inundaciones en el centro del país. Este tipo de riesgos, además de la emergencia humanitaria que desencadena, acarrea problemas sociales, económicos y de salud.

Por otro lado, las heladas y ondas de calor producen afectaciones en los grupos de alta marginación, y puede ser causa de enfermedades en los sectores de la población de corta o avanzada edad. El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección Civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres pueden contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos. A continuación, se analizan los principales fenómenos hidrometeorológicos que se presentan en el municipio.



## 5.2.1 Ondas cálidas y gélidas

### 5.2.1.1 Ondas cálidas

Las ondas cálidas u olas de calor son un calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa, y que suele durar de unos días a una semana. Este fenómeno representa un riesgo para la población debido a que acelera procesos tales como las enfermedades gastrointestinales, la deshidratación y la insolación, que asociadas incrementan la morbilidad, particularmente de los grupos vulnerables como bebés, ancianos y personas en situación de alta marginación; adicionalmente pueden causar otros daños notorios como incendios forestales.

### Peligro por Ondas cálidas

El Municipio de Ecatepec, debido a su ubicación en la zonatemplada del centro de México es poco susceptible a la presencia constante de ondas de calor cuyos efectos puedan poner en peligro a la población. Sin embargo, las temperaturas máximas extremas que se han presentado históricamente, representan un peligro potencial en caso de repetirse, por lo que se realizaron análisis de periodos de retorno de los eventos más extremos de temperaturas altas. Es necesario para hacer este análisis, enfatizar que a pesar de la extensión y relativa homogeneidad geográfica del municipio, las ondas de calor no se manifiestan con la misma magnitud e intensidad en todo su territorio, ya que la zona occidental cercana a la Sierra de Guadalupe tiene un clima ligeramente más húmedo y registra temperaturas un poco más bajas con relación a la porción semiseca del oriente.

Para identificar las ondas cálidas más comunes, se analizaron las temperaturas máximas promedio y máximas extremas en el área de estudio, por medio de los datos de 32 estaciones meteorológicas ubicadas en zonas cercanas y dentro del Municipio de Ecatepec, de las cuales sólo 30 tuvieron un mínimo de 30 años de observaciones mensuales. Estas estaciones se observan en la siguiente tabla.

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Temp. máxima promedio	Temp. máxima extrema	Fecha de máxima
9003	Aquiles Serdán 46	19°27'00 N	099°11'00 W	2839	25.1	34.5	26/05/1973
9017	Cuatepec Barrio Bajo	19°11'00 N	099°08'15 W	2283	24.0	34.0	07/05/1978
9021	Egipto 7	19°28'00 N	099°11'00 W	3220	25.4	35.5	02/05/1983
9025	Hacienda La Patera	19°31'00 N	099°09'00 W	3220	23.8	35.0	02/05/1983
9029	Gran Canal Km. 06+250	19°28'36 N	099°05'29 W	2239	25.3	36.5	02/05/1983
9043	San Juan De Aragón	19°27'55 N	099°04'45 W	2240	25.6	38.5	17/03/1986



Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Temp. máxima promedio	Temp. máxima extrema	Fecha de máxima
9047	Colonia Tacuba	19°27'00 N	099°11'00 W	2340	24.9	37.0	22/05/1971
15008	Atenco	19°32'38 N	098°54'46 W	2245	25.0	38.0	09/05/1998
15022	Chiconautla	19°39'24 N	099°01'02 W	2340	24.2	35.0	03/05/1983
15040	<b>Gran Canal Km 02+120 Bombas</b>	<b>19°36'35 N</b>	<b>099°03'36 W</b>	<b>2250</b>	<b>24.6</b>	<b>34.0</b>	<b>02/05/1983</b>
15041	<b>Gran Canal Km 27+250</b>	<b>19°33'42 N</b>	<b>099°01'10 W</b>	<b>2236</b>	<b>24.0</b>	<b>36.0</b>	<b>01/04/2008</b>
15044	La Grande	19°34'34 N	098°54'50 W	2250	24.4	35.0	07/05/1998
15047	Las Arboledas	19°33'46 N	099°12'57 W	2270	24.1	35.0	03/03/1990
15059	Molino Blanco	19°28'39 N	099°13'15 W	2265	24.6	36.0	07/03/1991
15081	Represa El Alemán	19°42'16 N	099°13'09 W	2365	23.8	40.0	14/07/1999
15083	San Andrés	19°31'55 N	098°54'38 W	2244	23.9	37.0	20/04/1995
15090	San Jerónimo Xonocahuacan	19°45'03 N	098°56'58 W	2265	25.9	39.5	27/05/1973
15092	San Juan Ixhuatepec	19°31'18 N	099°06'52 W	2235	23.8	34.0	02/05/1983
15098	San Martín Obispo	19°37'18 N	099°11'34 W	2255	23.0	34.0	02/05/1983
15124	Tepexpan	19°36'41 N	098°55'18 W	2248	24.5	37.0	12/05/2002
15125	Texcoco (DGE)	19°30'20 N	098°52'55 W	2250	25.1	39.0	04/06/2007
15129	Tultepec	19°41'03 N	099°07'36 W	2245	23.5	36.0	04/05/1983
15137	Amealco	19°31'05 N	099°06'39 W	2240	24.1	33.0	04/05/2003
15138	Atenco (CFE)	19°34'00 N	098°55'00 W	2245	24.2	36.0	02/05/1983
15145	Plan Lago De Texcoco	19°27'02 N	098°55'54 W	2260	24.7	37.5	14/09/1982
15163	Texcoco (SMN)	19°31'00 N	098°53'00 W	2255	25.3	36.0	04/05/1973
15167	El Tejocote	19°26'36 N	098°54'10 W	2256	23.7	39.5	29/05/2009
15170	Chapingo (DGE)	19°29'05 N	098°53'11 W	2250	25.1	37.5	09/05/1998
15263	Acolman	19°38'24 N	098°54'46 W	2255	22.9	32.5	01/09/1988
15383	Lago Nabor Carrillo	19°28'20 N	098°59'30 W	2234	24.4	34.5	07/05/2010

Tabla 5.17 Estadística de temperaturas máximas en las estaciones meteorológicas del área circundante y dentro (en negritas) del Municipio de Ecatepec. Fuente: Normales Climatológicas 1951-2010, Servicio Meteorológico Nacional.

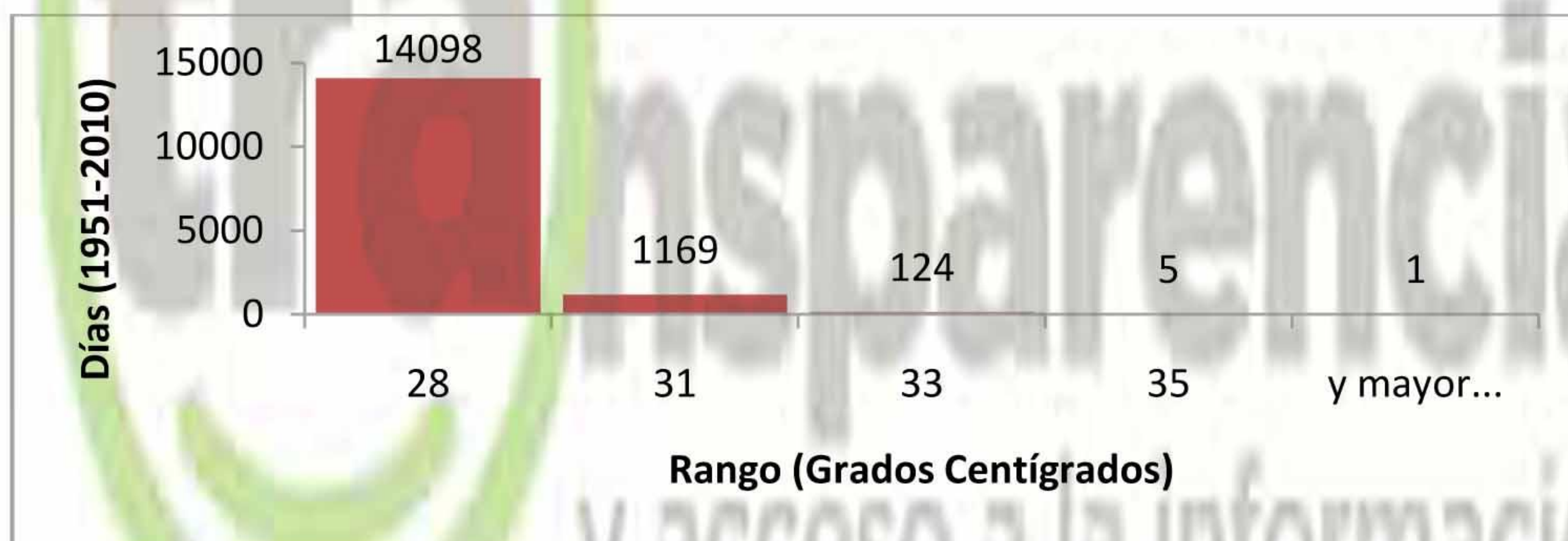
Los datos de estas estaciones se interpolan geográficamente mediante el sistema geoestadístico de Natural Neighbor, a fin de modelar el comportamiento de las temperaturas máximas promedio y absolutas a través del territorio municipal. De acuerdo con el análisis realizado con datos de las 30 estaciones meteorológicas, las temperaturas máximas promedio registradas durante el periodo de 1951 a 2010, son



de 25°C en toda la extensión del municipio. Por otro lado, las temperaturas máximas extremas, es decir, aquellas ondas de calor más intensas registradas en el periodo de 1951-2010, han sido de 35°C para la zona occidental del municipio, llegando hasta los 37°C en el extremo oriental del mismo. De este modo, las zonas de mayor peligro por la presencia de ondas cálidas, corresponden a aquellas que tienen vecindad con el antiguo lago de Texcoco, mientras que las zonas que están cercanas a la Sierra de Guadalupe son un poco menos propensas al mismo fenómeno de ondas de calor.

Así mismo, se observa que los meses en los que se presentan los mayores registros de temperatura son abril, mayo y junio, correspondientes al segundo trimestre del año.

Como resultado relevante, en la estación 15041 ubicada dentro del Municipio de Ecatepec de Morelos en el km 27+250 del Gran Canal, se obtuvo que la temperatura máxima que se presenta con mayor frecuencia es menor de 28°C, con un 91.5% de las mediciones totales desde el año de 1962; en 7.6% de los casos, la temperatura es de 31 a 33°C; en 0.8% de los registros ha habido una temperatura de entre 33 a 35°C; así mismo, en 0.03% de los registros, es decir en solo 6 ocasiones desde 1962, la temperatura máxima ha sido mayor de 35°C.



Grafica 5.1 Histograma de frecuencias de temperaturas máximas diarias en la Estación 15041 Gran Canal Km 27+250, dentro del Municipio de Ecatepec, durante el periodo del 21/06/1962 al 31/07/2010. Fuente: Elaboración propia con datos de CNA-SMN-SCDI, Climatología Estadística.

Adicionalmente a lo anterior, se analizaron los periodos de retorno de las ondas de calor para los periodos de 5, 10, 25 y 50 años, mediante el uso de los datos recopilados por el Servicio Meteorológico Nacional, en donde se registra la temperatura máxima por mes en el periodo 1951-2010.

En el Municipio de Ecatepec las ondas de calor esperadas según varios periodos de retorno, tienen una componente regional que se comporta de acuerdo a la influencia orográfica circundante: mayor temperatura de oriente a poniente, debido a la Sierra de Guadalupe. Para la Ciudad de Ecatepec de Morelos, para un periodo de retorno de 5 años, se espera una temperatura máxima de hasta 34 grados en el extremo sur, y 33°C para el resto del municipio; para 10 años, 33°C en la zona cercana a la Sierra, y 35°C en el extremo sur; para 25 años, 34° en el oeste y hasta 36 en el sur; y para 50 años, 35° en el centro y 37°C en el sur.

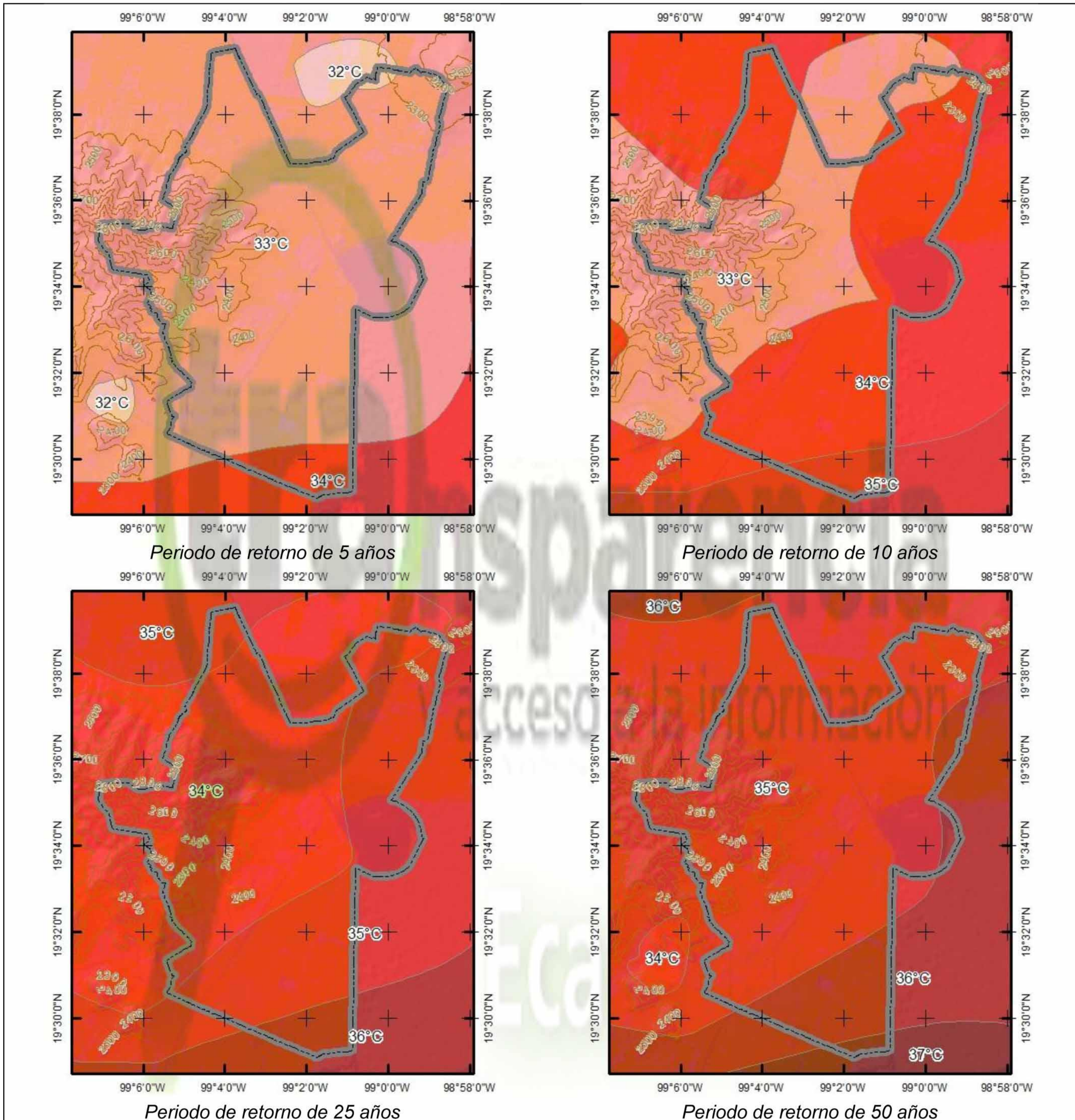


Figura 5.5 Ondas cálidas esperadas en el Municipio de Ecatepec a diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Meteorológico Nacional, Proyecto Bases de Datos Climatológicos.



En las estaciones meteorológicas ubicadas dentro del Municipio de Ecatepec se obtuvieron los siguientes resultados:

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Periodo retorno 5 años	Periodo retorno 10 años	Periodo retorno 25 años	Periodo retorno 50 años
15040	Gran Canal Km 02+120 Bombas	19°36'35 N	099°03'36 W	2250	32.3°C	33.0°C	33.7°C	34.1°C
15041	Gran Canal Km 27+250	19°33'42 N	099°01'10 W	2236	32.3°C	33.0°C	33.9°C	34.4°C

Tabla 5.18 Periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años de ondas cálidas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Meteorológico Nacional, Proyecto Bases de Datos Climatológicos.

Con base a los datos obtenidos, se observa que las ondas cálidas de mayor magnitud, se esperan al sur, mientras que al poniente, se esperan las de menor magnitud de todo el municipio, en la zona colindante a la Sierra de Guadalupe.

### Vulnerabilidad y riesgo por Ondas cálidas

La vulnerabilidad de la población a las altas temperaturas se deriva de malestares fisiológicos producidos directamente por el incremento de calor, o bien por fenómenos asociados, como un incremento en el metabolismo de los organismos bacteriológicos existentes en los alimentos, aire, agua y suelos. Adicionalmente la vulnerabilidad se incrementa en la población infantil y adultos mayores, así como en personas en situación de indigencia. A continuación se presenta una tabla con los principales factores asociados a la incidencia de altas temperaturas:

Temperatura	Designación	Vulnerabilidad	Grado
28 a 31°C	Incomodidad	La evapotranspiración de los seres vivos se incrementa. Aumentan dolores de cabeza en humanos.	Bajo
31.1 a 33°C	Incomodidad extrema	La deshidratación se torna evidente. Las tolveneras y la contaminación por partículas pesadas se incrementan, presentándose en ciudades.	Medio
33.1 a 35°C	Condición de estrés	Las plantas comienzan a evapotranspirar con exceso y se marchitan. Los incendios forestales aumentan.	Alto
> 35°C	Límite superior de tolerancia	Se producen golpes de calor, con inconciencia en algunas personas. Las enfermedades aumentan.	Muy Alto

Tabla 5.19 Vulnerabilidad por altas temperaturas. Fuente: SEDATU (2013).



En el Municipio de Ecatepec, el peligro asociado a los fenómenos de temperaturas extremas se calculó con base en los datos obtenidos por el periodo de retorno de 25 años, debido a que se considera un evento máximo dentro de los límites razonables de tiempo, y que la frecuencia esperada de ondas de calor es alta bajo dicho escenario estadístico. La vulnerabilidad se calculó de acuerdo a índice de marginación de la CONAPO, toda vez que el contexto socioeconómico de una persona determina el grado de exposición al fenómeno natural, no solo de forma directa, sino indirecta, como puede ser el acceso a servicios de salud, de agua limpia, de drenaje y otros.

Con base en lo anterior, se determinó que el riesgo por ondas de calor en es **ALTO** en general para el Municipio de Ecatepec, y en particular **MUY ALTO** para las siguientes áreas geoestadísticas básicas (AGEB):

AGEB	Población total	Vulnerabilidad (grado de marginación)	Peligro por ondas de calor (PR=25 años)	Riesgo por ondas de calor (PR=25 años)
1503300010972	2964	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300011909	5592	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300011913	5421	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300011947	4177	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300011951	4392	Alto	Muy Alto	Muy Alto
150330001256A	2126	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300013483	4274	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300013572	4314	Muy alto	Alto	Muy Alto
150330001377A	934	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300014053	3428	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300014072	208	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300014091	145	Muy alto	Alto	Muy Alto
1503300014956	350	Muy alto	Alto	Muy Alto
150330001498A	1002	Muy alto	Alto	Muy Alto

Tabla 5.20 AGEB's con identificación de riesgo Muy Alto por Ondas de Calor en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

### 5.2.1.1 Ondas gélidas

Las ondas gélidas se revisarán en el apartado de Heladas, debido a que son fenómenos que en el Valle de México, por su condición templada, se originan y manifiestan por los mismos mecanismos.





## 5.2.2 Sequías

La sequía meteorológica es una anomalía atmosférica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de las necesidades de las plantas, los animales y la sociedad. La causa principal es una disminución significativa en la precipitación pluvial promedio de una zona dada. Si este fenómeno perdura por varias temporadas, deriva en una sequía hidrológica caracterizada por la desigualdad entre la disponibilidad natural de agua y las demandas naturales de agua. En casos extremos se puede llegar a la aridez. Las consecuencias inmediatas de la sequía meteorológica son pérdida de cosechas, pérdida de cabezas de ganado vacuno, ovino y caprino y en casos agudos, insuficiencia de agua para uso doméstico e industrial.

### Peligro por Sequías

El Índice de Aridez de M. E. Hernández es una valoración del grado de humedad que existe en el ambiente mediante una sencilla ecuación que divide la precipitación promedio de un periodo de tiempo determinado, sobre la evaporación en el mismo periodo. La humedad es un elemento central para la clasificación de la sequía agrícola e hidrológica, por lo que su cálculo es necesario para este estudio.

De acuerdo a dicho Índice de Aridez, a nivel histórico (periodo de datos: 1961-1980) el municipio se encuentra en una zona subhúmeda. Sin embargo, los datos anteriores no necesariamente indican la probabilidad de sequía en escenarios futuros, por lo que se realizó el cálculo de periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años. El cálculo se realizó mediante la aplicación de la ecuación:

$$IA = P / E$$

Dónde:

IA: índice de aridez; P: precipitación anual (mm); E: evaporación anual (mm)

Se tomaron los valores de la precipitación total anual desde 1951 hasta el año 2010 de las estaciones cercanas a la zona de estudio. En el siguiente ejemplo se muestran los datos de la estación meteorológica 15041 ubicada en la Ciudad de Ecatepec.

Año	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Índice de Aridez
1962	482.6	967.1	0.499
1963	799.2	1802.3	0.443
1964	642.4	1783.4	0.360
1965	652.4	1857.8	0.351
1966	596.8	1813.3	0.329
1967	670.0	1847.0	0.363
1968	677.7	1885.9	0.359
1969	440.0	1664.6	0.264



Año	Precipitación (mm)	Evaporación (mm)	Índice de Aridez
1970	557.6	1784.6	0.312
1971	783.8	1933.5	0.405
1972	558.2	1819.9	0.307
1973	674.6	1825.3	0.370
1974	613.4	1763.3	0.348
1975	701.3	1729.9	0.405
1976	710.7	1649.4	0.431
1977	608.0	1727.6	0.352
1978	711.6	1742.1	0.408
1979	615.7	1719.8	0.358
1980	559.9	1743.9	0.321
1981	656.1	1677.9	0.391
1982	444.2	1828.2	0.243
1983	499.2	2050.9	0.243
1984	610.6	1711.2	0.357
1985	545.8	1770.6	0.308
1986	709.5	1872.6	0.379
1987	552.3	1882.4	0.293
1988	551.2	1770.6	0.311
1998	470.5	1659.4	0.284
1999	441.2	1668.3	0.264
2000	462.5	1452.9	0.318
2002	707.9	1208.7	0.586
2003	596.5	1624.6	0.367
2004	723.2	1405.4	0.515
2005	446.0	1317.0	0.339
2006	477.7	919.2	0.520

Tabla 5.21 Precipitación total anual y evaporación total anual en la estación meteorológica 15041. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

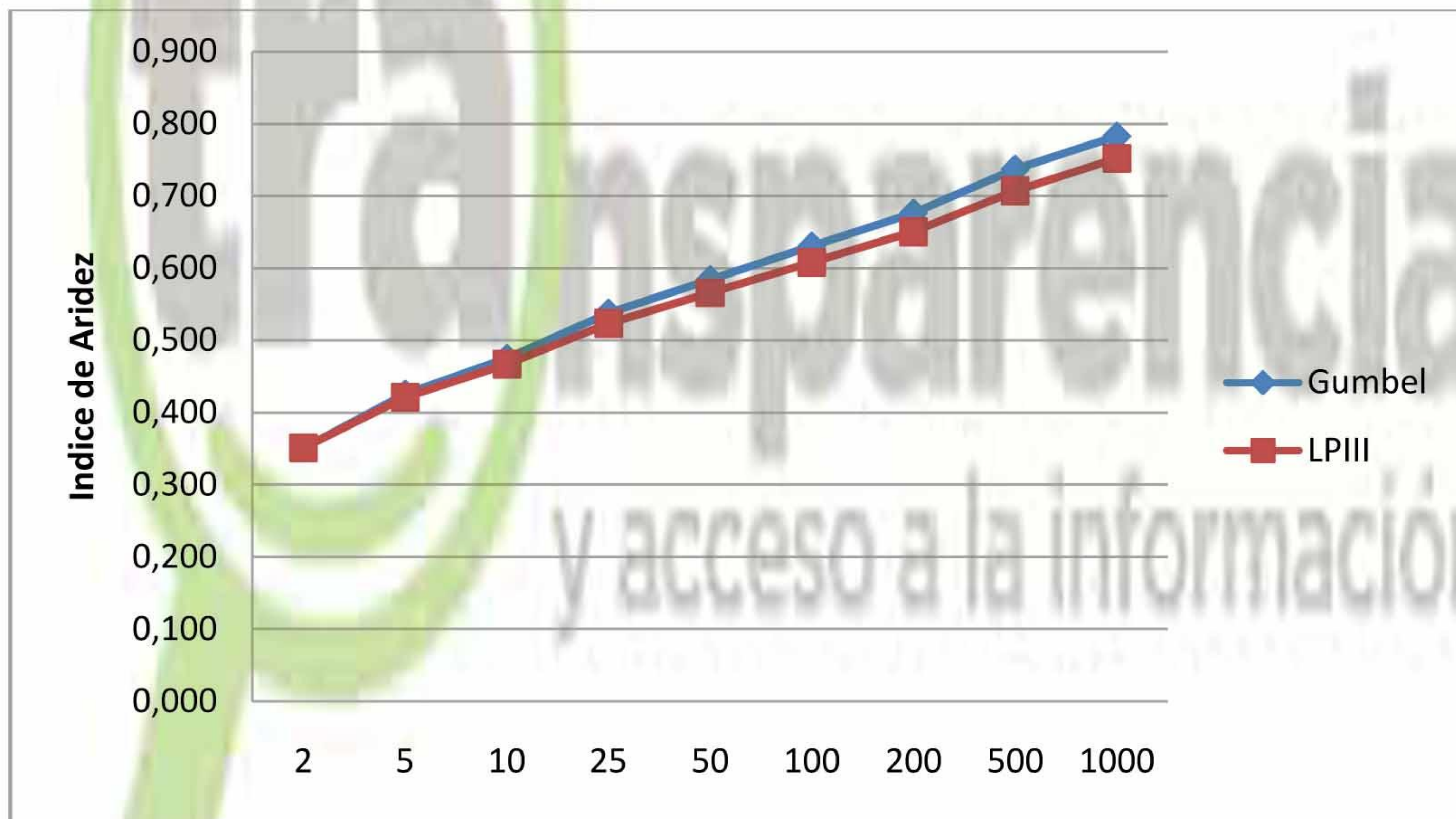
Con base en los anteriores datos se realizó el cálculo de los periodos de retorno con un análisis estadístico, cuyos resultados para la estación meteorológica 15041 fueron los siguientes:



Años	IA (Gumbel)	IA (Log Pearson III)
2	0.351	0.351
5	0.425	0.421
10	0.475	0.467
25	0.538	0.523
50	0.584	0.566
100	0.630	0.608
200	0.676	0.650
500	0.737	0.707
1000	0.782	0.752

Índice de Aridez	Grado de Aridez
<0.25	Árido
0.25-.50	semiárido
0.50-2.0	subhúmedo
>2.0	húmedo

Tabla 5.22 Cálculo del Periodo de Retorno (TR) del Índice de Aridez de la estación meteorológica 15041. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Meteorológico Nacional.



Gráfica 5.2 Representación de los Periodos de Retorno del Índice de Aridez, para la estación meteorológica 15041, con base en las distribuciones de Gumbel y Log-Pearson III (LPIII). Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio Meteorológico Nacional.

Además de la estación 15041, se analizaron los datos otras 25 estaciones meteorológicas para obtener la distribución geográfica de los periodos de retorno del índice de aridez, los cuales se presentan a continuación.

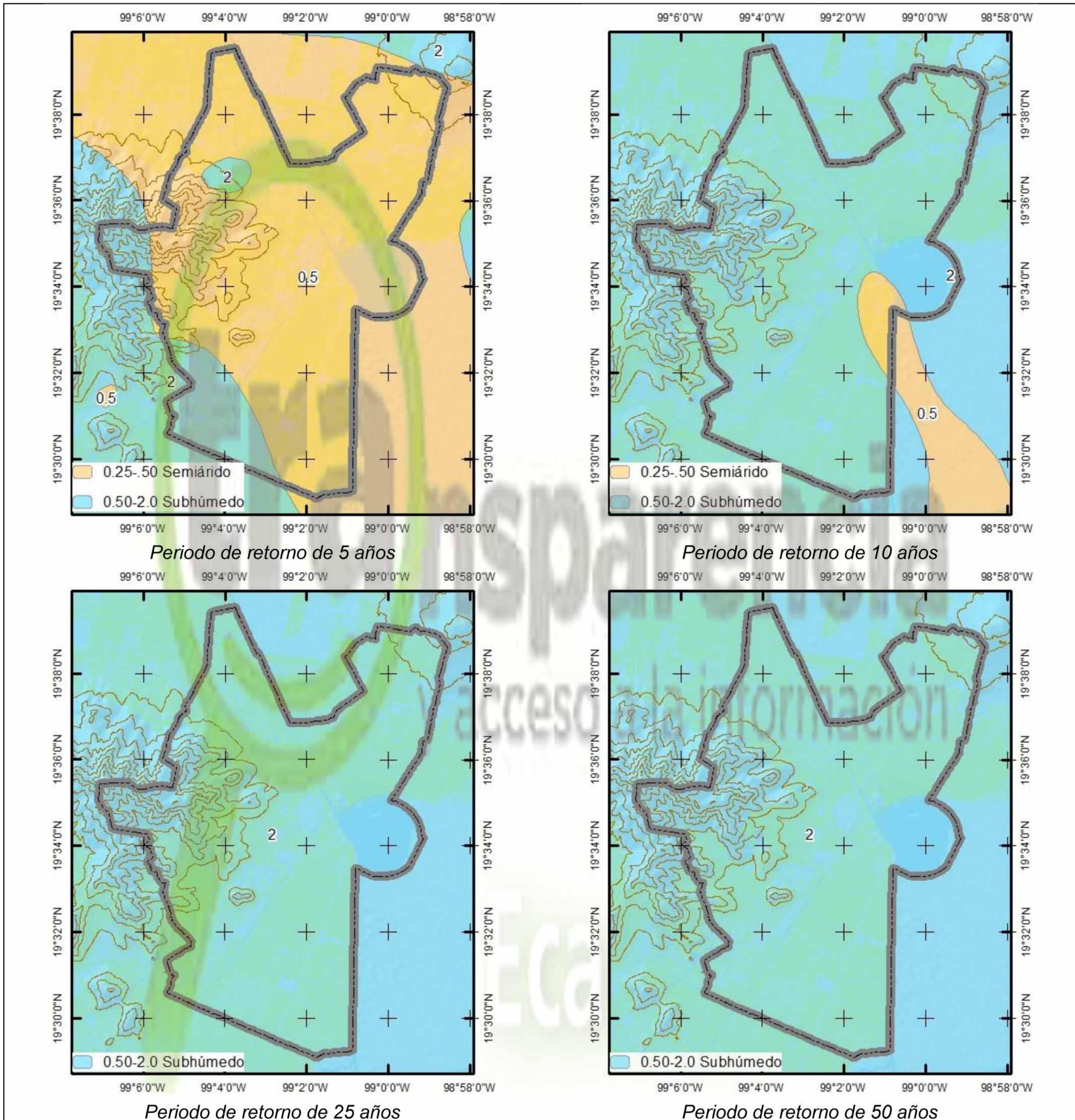
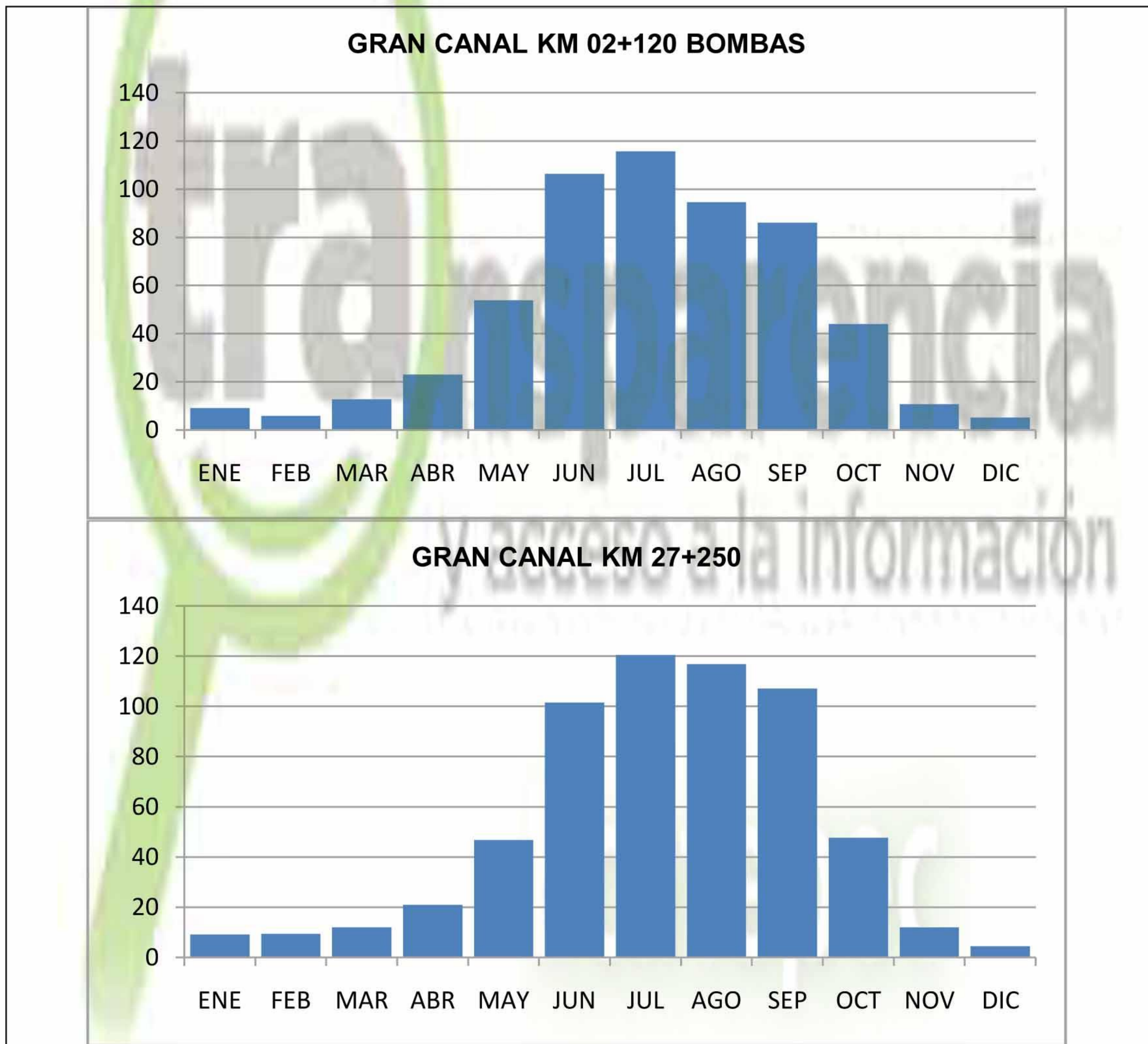


Figura 5.6 Período de Retorno del Índice de Aridez a 5, 10, 25 y 50 años. Fuente: Elaboración propia con base en datos de SMN, Proyecto de Base de Datos Climatológicos.



Es importante hacer notar que según esta metodología, la sequía en el Municipio de Ecatepec es un evento que no se produciría en el futuro próximo. Aunque en principio la ausencia de sequía es un escenario positivo, el índice de aridez indica que posiblemente en un futuro la presencia de los fenómenos opuestos a la sequía, como las lluvias extremas, podrían ser más comunes, lo cual no es tampoco un escenario deseable.

Adicionalmente al análisis del índice de aridez, se realizó el estudio de la sequía intraestival en el Municipio de Ecatepec. La literatura especializada reporta que dicho fenómeno no se presenta en la zona de estudio, y para constatar dicha información, se graficaron los promedios históricos de 1951-2010 de las dos estaciones meteorológicas ubicadas dentro de los límites municipales. Ninguna presentó evidencias de sequía intraestival, como se muestra a continuación:



Grafica 5.3 Promedio mensual histórico de precipitación (mm) en dos estaciones meteorológicas de interés. Fuente: SMN, Proyecto de Base de Datos Climatológicos.



Por otro lado, se realizó un análisis de los datos del promedio de la precipitación mensual por año, con los que se calculó el Índice de Severidad de la Sequía Meteorológica. Los resultados del procesamiento de los datos indican que en la zona se presenta un grado de sequía meteorológica leve, es decir, existe una disminución mínima de la precipitación mensual de cada año con respecto al promedio mensual del periodo completo.

Para el caso de Ecatepec, se determinó la peligrosidad de la sequía meteorológica mediante el método de M. E. Hernández, el cual se diseñó para un escenario a futuro, utilizando el modelo climático de circulación general GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory). Este método proporciona un índice que determina el nivel de severidad de sequía meteorológica. En su aplicación para el Municipio de Ecatepec, se encontró que la probabilidad de sequía es 'fuerte' para todo el municipio, lo que implica una potencial insuficiencia de agua para los usos a urbanos en el mediano plazo.

Para obtener los resultados anteriormente expuestos, se utilizaron datos de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas cercanas; sin embargo el periodo de años de observación de las estaciones es variable, por lo que sólo se consideró el lapso 1950-1980. El cálculo del índice de severidad para cada año en el periodo estudiado, se realizó con los datos de precipitación, comparados con sus respectivas medias, como se muestra a continuación:

Índice de Severidad (IS):

$$IS = (\sum Y - \sum X) / \sum X \quad \sum Y < \sum X$$

Dónde:

$\sum Y$  = sumatoria de la Precipitación mensual registrada (2011)

$\sum X$  = sumatoria de la Precipitación mensual normal (histórico)

Si  $\sum Y - \sum X$  es menor de 0.0, hay sequía meteorológica.

Se calculó el índice con la fórmula. El índice de severidad de la sequía meteorológica se clasifica en siete grados: extremadamente severo (mayor de 0.8), muy severo (0.6 a 0.8), severo (0.5 a 0.6), muy fuerte (0.4 a 0.5), fuerte (0.35 a 0.4), leve (0.2 a 0.35) y ausente (<0.2). Para determinar un escenario a futuro, se utilizó el modelo climático de Circulación General GFDL-R30 (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), para simular los cambios en el equilibrio climático resultante del incremento de dos veces las concentraciones del CO2. Los datos de precipitación media mensual se ajustaron a los cambios planteados por los modelos GFDL-R30 para simular los efectos de un posible incremento de dos veces la concentración de CO2. Esto se hizo al multiplicar los registros de precipitación media mensual de enero a diciembre de los treinta años estudiados por los cambios en porcentaje propuestos en condiciones de 2XCO2. De esta forma se obtuvo un archivo con datos de precipitación simulados, que se importaron a la base de datos para calcular el índice de severidad de la sequía meteorológica con un programa estadístico, que calcula el I.S. considerando la media mensual normal del periodo 1950-1980. Con los I.S. obtenidos para todas las estaciones modificadas, se generó el mapa de los escenarios futuros, mediante el trazo de isolíneas.

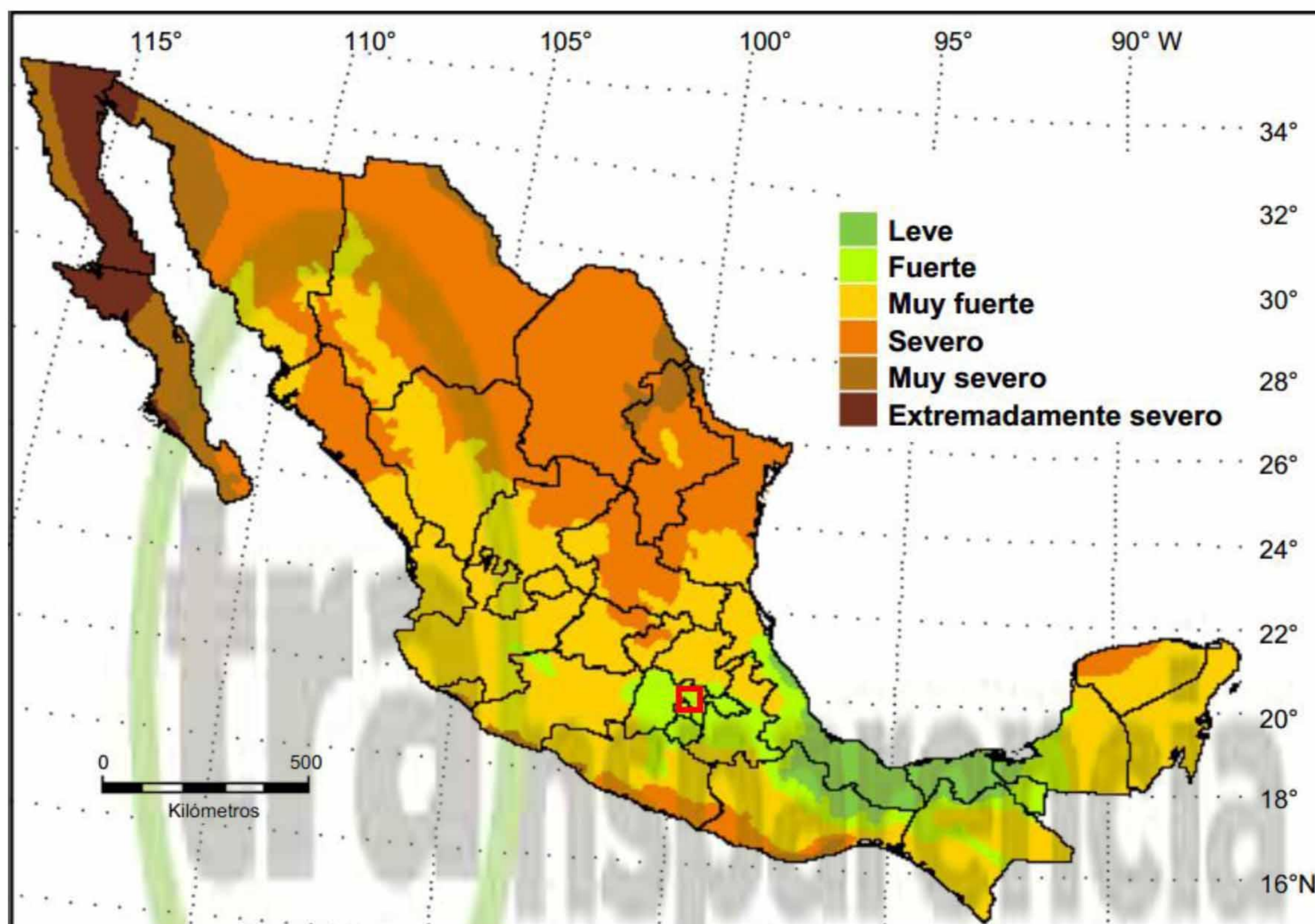


Figura 5.7 Índice de severidad de la sequía meteorológica, modelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory GFDL-R30. Fuente: M. E. Hernández Cerda et al, Sequía Meteorológica, IGG UNAM.

Sin embargo, la metodología empleada anteriormente es para escenarios a futuro, y no contempla los escenarios actuales, por lo que para este trabajo se han usado los datos del Monitor de Sequía de América del Norte (NADM), el cual realiza una Clasificación de la Intensidad de la Sequía de acuerdo a los datos de anomalías de lluvia registradas por las estaciones meteorológicas locales de todo el país. La clasificación de la sequía se aplica principalmente para riesgos alimentarios y se divide en los siguientes rangos:

- **D0 Anormalmente Seco:** Se trata de una condición de sequedad, no es una categoría de sequía. Se presenta al inicio o al final de un periodo de sequía. Al inicio de un periodo de sequía: debido a la sequedad de corto plazo puede ocasionar el retraso de la siembra de los cultivos anuales, un limitado crecimiento de los cultivos o pastos y existe el riesgo de incendios. Al final del periodo de sequía: puede persistir déficit de agua, los pastos o cultivos pueden no recuperarse completamente.
- **D1 Sequía Moderada:** Se presentan algunos daños en los cultivos y pastos; existe un alto riesgo de incendios, bajos niveles en ríos, arroyos, embalses, abrevaderos y pozos, se sugiere restricción voluntaria en el uso del agua.

- **D2 Sequía Severa:** Probables pérdidas en cultivos o pastos, alto riesgo de incendios, es común la escasez de agua, se deben imponer restricciones en el uso del agua.
- **D3 Sequía Extrema:** Pérdidas mayores en cultivos y pastos, el riesgo de incendios forestales es extremo, se generalizan las restricciones en el uso del agua debido a su escasez.
- **D4 Sequía Excepcional:** Pérdidas excepcionales y generalizadas de cultivos o pastos, riesgo excepcional de incendios, escasez total de agua en embalses, arroyos y pozos, es probable una situación de emergencia debido a la ausencia de agua.

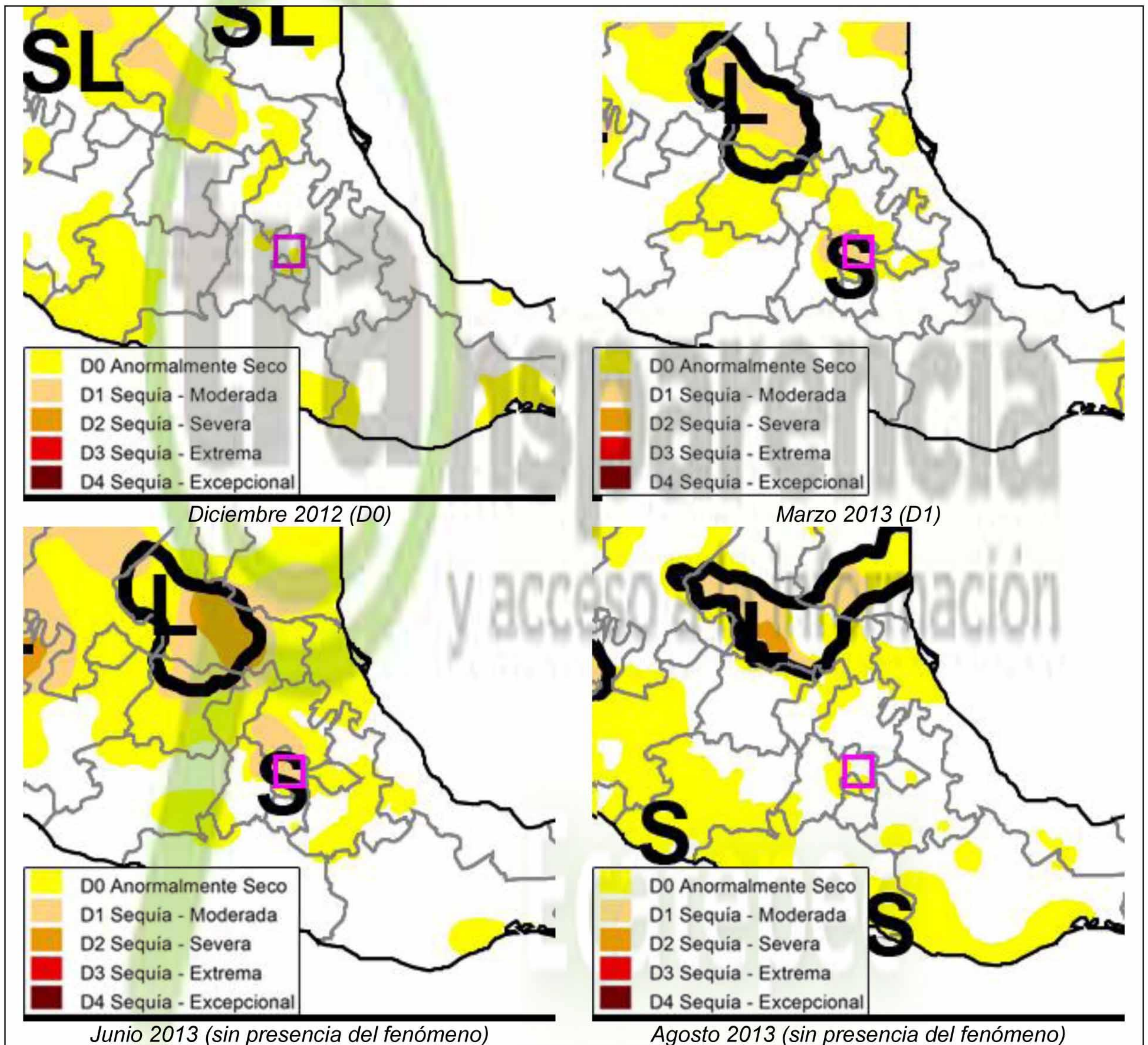


Figura 5.8 Clasificación de la Intensidad de la Sequía. Fuente: Monitor de Sequía de América del Norte (NADM)



A partir de los datos observados en el Monitor de la Sequía, se observa que este fenómeno hidrometeorológico comenzó a afectar al municipio de Ecatepec en el mes de diciembre del año 2012, bajo la modalidad de tiempo “anormalmente seco”, alcanzando un pico en mayo 2013, al mostrarse una sequía moderada.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Sequías.

Las sequías son algunos de los fenómenos más desastrosos porque la carencia de agua implica caídas sustanciales en la producción de alimentos. Inicialmente afectan la economía agropecuaria, pero pueden llegar incluso a acelerar la mortalidad de la población debido a la falta de agua, lo que conlleva a problemas de higiene, gastrointestinales, y eventualmente de deshidratación como fenómeno de salud pública.

La vulnerabilidad en el Municipio de Ecatepec, puede medirse de dos formas diferentes: por un lado, la exposición directa al fenómeno es baja en tanto que las actividades económicas no tienen vocación agropecuaria ni forestal; por otro lado, la exposición si puede ser indirecta toda vez que parte del abastecimiento de agua del Valle de México, requiere de presencia de lluvias tanto local como regionalmente. En función del índice de vulnerabilidad social, elaborado por el Instituto Mexicano del Agua, en Ecatepec, la exposición de la sociedad al fenómeno de la sequía, es baja. Los indicadores que se toman en cuenta para la construcción de este índice son salud, educación, vivienda, empleo e ingreso, y población (este último implica población indígena, densidad y dispersión).

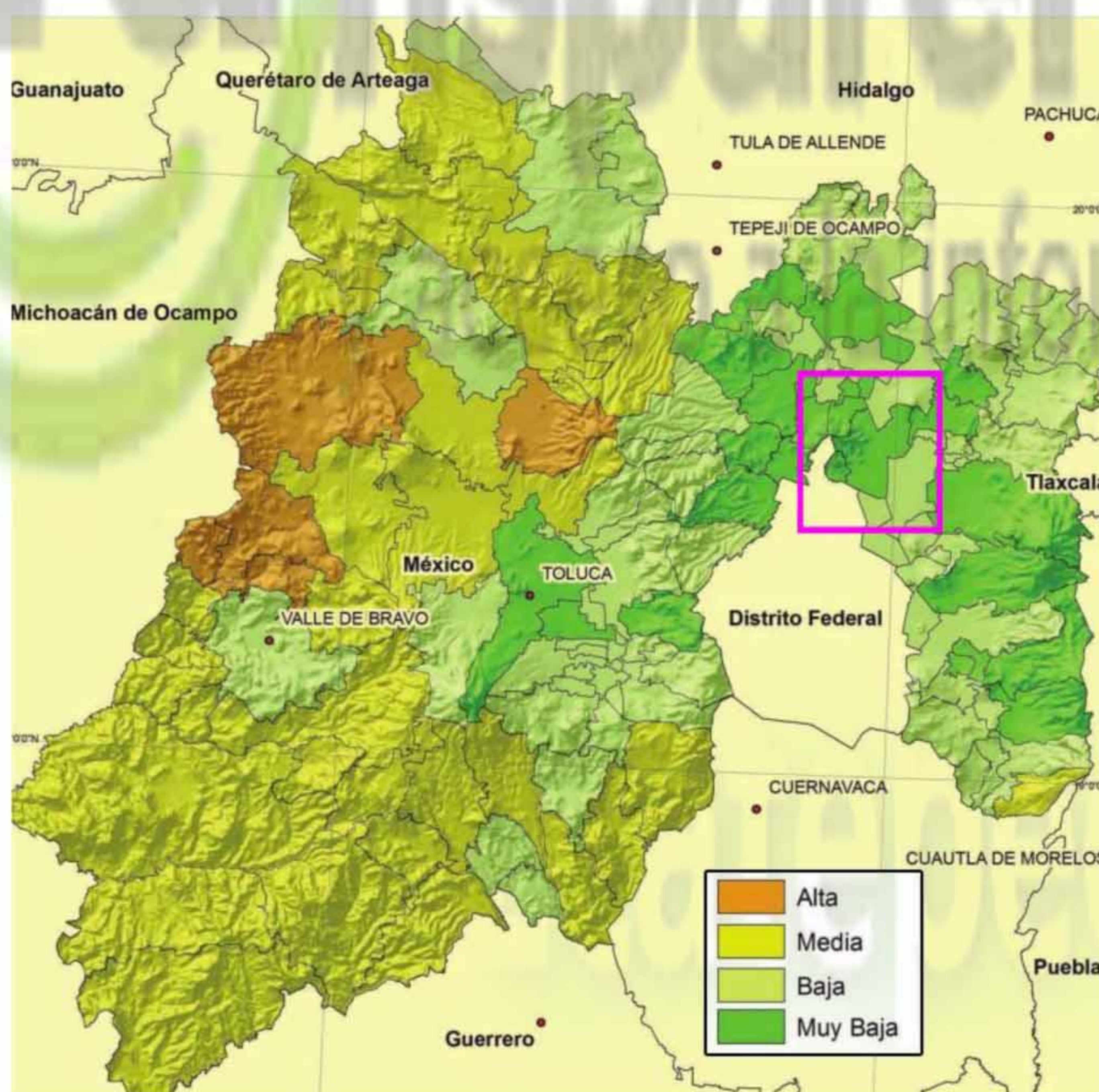


Figura 5.9 Vulnerabilidad social a fenómenos hídricos en el Estado de México. Fuente: Atlas de Vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático en México, IMTA 2010



Con base en lo anterior y en función del Índice de severidad de la sequía meteorológica, modelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory GFDL-R30, se estima que para el Municipio de Ecatepec, el riesgo de sequía es **BAJO**.

### 5.2.3 Heladas

La helada es un fenómeno atmosférico que consiste en un descenso de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua ( $0^{\circ}\text{C}$ ) y hace que el agua o el vapor que está en el aire se congele depositándose en forma de hielo en las superficies, el cual se presenta en las primeras horas del día (de las 3 a las 6 horas). Es un fenómeno que está estrechamente coligado a las temperaturas bajas, las cuales a diferencia de las heladas, pueden no congelar la humedad del aire, pero son condición necesaria para que ocurran las heladas. Ambos fenómenos son dañinos principalmente para la salud de la población, así como para los cultivos; también, pueden entorpecer el funcionamiento de la infraestructura, como los caminos, que se hacen inseguros por el hielo acumulado en el pavimento y pueden ocasionar accidentes. Son particularmente perjudiciales para las personas en situación de alta marginación, en donde los niños y adultos mayores son los más vulnerables.

Una helada ocurre cuando la temperatura del aire húmedo cercano a la superficie de la tierra desciende a  $0^{\circ}\text{C}$ , en un lapso de 12 horas. Existen dos fenómenos que dan origen a las heladas; el primero consiste en la radiación, durante la noche, desde la Tierra hacia la atmósfera que causa la pérdida de calor del suelo; el otro es la advección, debido al ingreso de una gran masa de aire frío, proveniente del norte.

Las heladas por radiación se forman en los valles, cuencas y hondonadas próximas a las montañas, ya que son zonas de acumulación de aire frío. Durante la noche desciende el aire húmedo y se concentra en las partes bajas. Para que esta helada ocurra, se requiere de la ausencia de viento, cielo despejado, baja concentración de vapor de agua, y fuertes inversiones térmicas en la superficie. Este es el tipo de helada más común en la parte oriente del municipio de Ecatepec.

### *Peligro por Heladas y temperaturas bajas*

El Municipio de Ecatepec se caracteriza por una relativa homogeneidad de condiciones de temperatura y humedad, aunque por su ubicación geográfica se encuentra entre dos tipos de climas, el templado subhúmedo al poniente y el semiseco templado al oriente. Según la época del año se producen diversos fenómenos atmosféricos, por ejemplo, en el invierno que es frío y seco, el municipio se encuentra bajo los efectos de los frentes fríos, que ocasionan descensos de temperatura. Estos descensos de temperatura son más evidentes en la Sierra de Guadalupe, sin embargo, también ocurren en la zona urbana.

De acuerdo con registros históricos del Servicio Meteorológico Nacional, las bajas temperaturas en promedio son inocuas, aunque en casos particulares llegan a presentarse como heladas (por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$ ). En la siguiente tabla se observa el comportamiento histórico de las temperaturas mínimas en la región.



Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Temp. mínima promedio	Temp. mínima extrema	Fecha de mínima
9003	Aquiles Serdán 46	19°27'00 N	099°11'00 W	2839	10.2	-1.0	14/01/1986
9017	Cuautepec Barrio Bajo	19°11'00 N	099°08'15 W	2283	9.2	-4.0	31/12/1983
9021	Egipto 7	19°28'00 N	099°11'00 W	3220	11.8	0.0	28/01/1971
9025	Hacienda La Patera	19°31'00 N	099°09'00 W	3220	8.7	-7.0	26/12/1974
9029	Gran Canal Km. 06+250	19°28'36 N	099°05'29 W	2239	9.3	-5.0	12/01/1973
9043	San Juan De Aragón	19°27'55 N	099°04'45 W	2240	8.6	-5.5	25/02/1976
9047	Colonia Tacuba	19°27'00 N	099°11'00 W	2340	10.4	-1.0	24/02/1976
15008	Atenco	19°32'38 N	098°54'46 W	2245	6.9	-13.0	03/07/2003
15022	Chiconautla	19°39'24 N	099°01'02 W	2340	6.2	-10.0	16/01/1988
15040	<b>Gran Canal Km 02+120 Bombas</b>	<b>19°36'35 N</b>	<b>099°03'36 W</b>	<b>2250</b>	<b>7.9</b>	<b>-7.0</b>	<b>14/01/1986</b>
15041	<b>Gran Canal Km 27+250</b>	<b>19°33'42 N</b>	<b>099°01'10 W</b>	<b>2236</b>	<b>5.6</b>	<b>-11.5</b>	<b>27/02/1976</b>
15044	La Grande	19°34'34 N	098°54'50 W	2250	6.4	-9.5	25/02/1976
15047	Las Arboledas	19°33'46 N	099°12'57 W	2270	8.3	-6.8	26/12/2004
15059	Molino Blanco	19°28'39 N	099°13'15 W	2265	9.5	-3.0	04/02/1963
15081	Represa El Alemán	19°42'16 N	099°13'09 W	2365	7.1	-7.0	25/02/1976
15083	San Andrés	19°31'55 N	098°54'38 W	2244	6.7	-8.0	14/01/1986
15090	San Jerónimo Xonocahuacan	19°45'03 N	098°56'58 W	2265	6.9	-9.0	23/03/1986
15092	San Juan Ixhuatepec	19°31'18 N	099°06'52 W	2235	8.6	-6.5	29/02/1976
15098	San Martin Obispo	19°37'18 N	099°11'34 W	2255	8.3	-6.5	26/02/1976
15124	Tepexpan	19°36'41 N	098°55'18 W	2248	6.0	-8.0	29/11/1966
15125	Texcoco (DGE)	19°30'20 N	098°52'55 W	2250	6.1	-7.0	14/01/1986
15129	Tultepec	19°41'03 N	099°07'36 W	2245	6.1	-7.0	07/02/1976
15137	Amealco	19°31'05 N	099°06'39 W	2240	9.0	0.0	18/01/2005
15138	Atenco (CFE)	19°34'00 N	098°55'00 W	2245	6.5	-9.0	26/02/1976
15145	Plan Lago De Texcoco	19°27'02 N	098°55'54 W	2260	7.8	-7.5	14/01/1986
15163	Texcoco (SMN)	19°31'00 N	098°53'00 W	2255	7.3	-5.0	08/02/1968
15167	El Tejocote	19°26'36 N	098°54'10 W	2256	6.3	-8.0	12/02/1961
15170	Chapingo (DGE)	19°29'05 N	098°53'11 W	2250	7.6	-8.5	12/01/1956

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Temp. mínima promedio	Temp. mínima extrema	Fecha de mínima
<b>15263</b>	Acolman	19°38'24 N	098°54'46 W	2255	4.8	-8.0	23/11/2002
<b>15383</b>	Lago Nabor Carrillo	19°28'20 N	098°59'30 W	2234	6.8	-10.0	05/01/2009

Tabla 5.23 Temperaturas mínimas promedio en las estaciones meteorológicas cercanas y dentro (en negritas) del Municipio de Ecatepec. Fuente: Normales Climatológicas 1951-2010, Servicio Meteorológico Nacional.

En el municipio de Ecatepec, el fenómeno de las heladas no presenta variaciones con respecto a su frecuencia en el territorio municipal, se registran en promedio 25 días con heladas al año. Las heladas en Ecatepec se presentan durante los meses de noviembre a febrero.

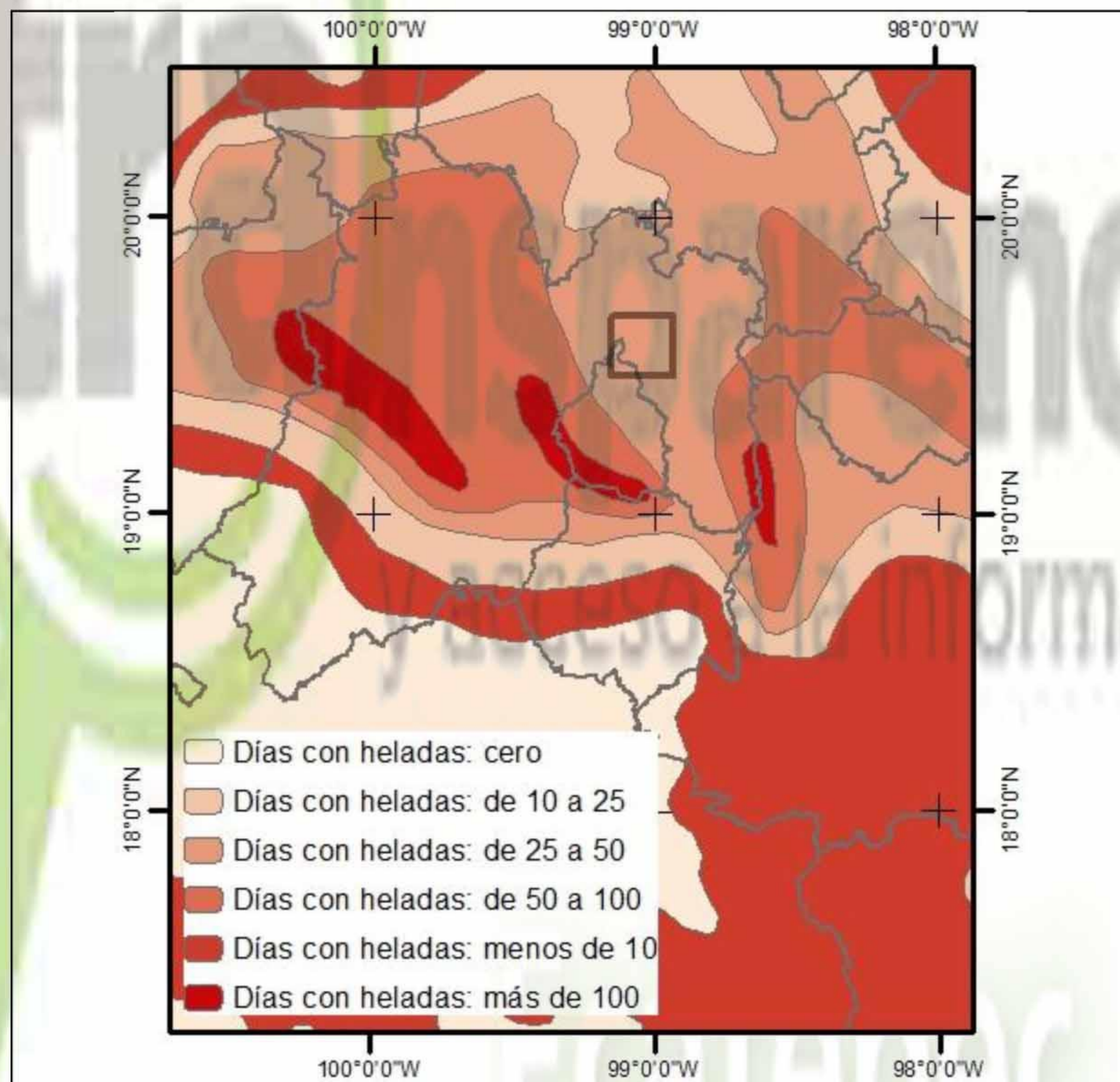


Figura 5.10 Mapa de frecuencia de heladas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: UNAM, Atlas Nacional de México

Según los criterios establecidos por el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), el peligro por heladas es muy alto si hay más de 100 días al año con presencia de este fenómeno; alto si hay de 50 a 100 días; medio si hay de 25 a 50; bajo si hay de 10 a 25; y muy bajo si hay menos de 10 evento por año.



Además de la frecuencia de heladas, la intensidad de estas puede variar significativamente. La distribución geográfica de la intensidad de las heladas también obedece a los microclimas que produce la presencia de vegetación. En la parte de la Sierra, las heladas pueden alcanzar hasta los  $-6^{\circ}\text{C}$ , mientras que en el Valle, se han reportado temperaturas por debajo de los  $-12^{\circ}\text{C}$ .

La diferencia entre estos gradientes de temperatura son muy significativos debido a que una helada más intensa, puede ocasionar mayores daños que una helada de menor magnitud. Por ejemplo, una helada de  $0^{\circ}\text{C}$  causa daños principalmente a la agricultura, mientras que una de  $-11.5^{\circ}\text{C}$  puede causar muertes en adultos mayores y niños. Los daños que producen las diferentes intensidades de heladas se refieren en la siguiente tabla.

Temperatura	Intensidad	Daños
0 a $-3.5^{\circ}$	Ligera	El agua comienza a congelarse. Daños pequeños a las hojas y tallos de la vegetación. Si hay humedad el ambiente se torna blanco por la escarcha.
$-3.6$ a $-6.4$	Moderada	Los pastos, las hierbas y hojas de plantas se marchitan y aparece un color café o negruzco en su follaje. Aparecen los problemas de enfermedades en los humanos de sus vías respiratorias. Se comienza a utilizar la calefacción.
$-6.5$ a $-11.5$	Severa	Los daños son fuertes en las hojas y frutos de los árboles frutales. Se rompen algunas tuberías de agua por aumento de volumen del hielo. Se incrementan las enfermedades respiratorias. Existen algunos decesos por hipotermia.
$< 11.5$	Muy severa	Muchas plantas pierden todos sus órganos. Algunos frutos no protegidos se dañan totalmente. Los daños elevados son en las zonas tropicales.

Tabla 5.24 Daños por diferentes intensidades de heladas. Fuente: SEDATU (2013).

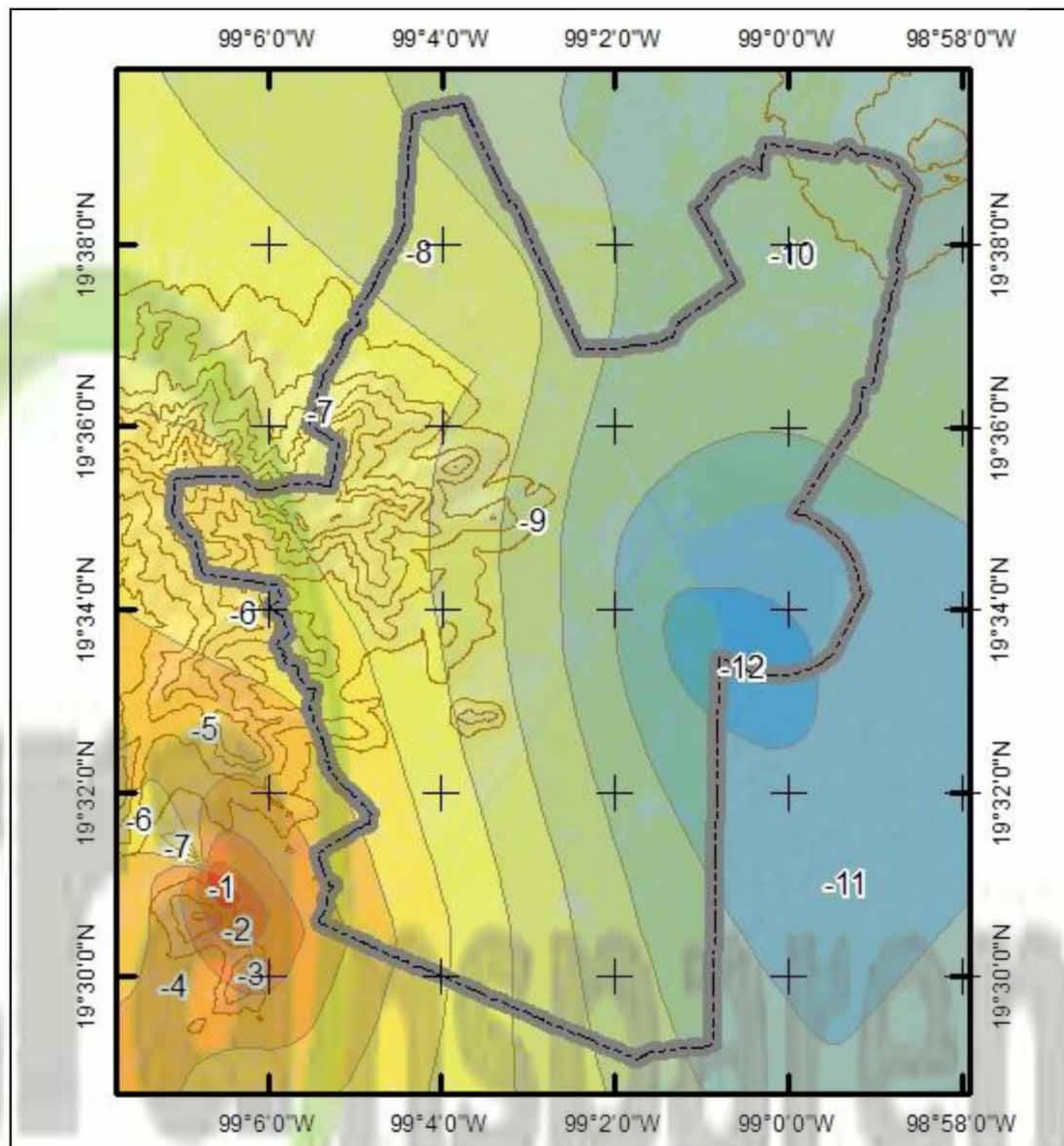


Figura 5.11 Mapa de temperaturas mínimas extremas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con datos de SMN.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Heladas y temperaturas bajas

Aunque las temperaturas sean las mismas en dos días o dos lugares diferentes, sus efectos pueden ser diferentes. Esto depende del viento, la humedad atmosférica y la radiación solar. Si hay viento y la humedad es alta ocurre el congelamiento. Por otra parte, el clima puede ser agradable con temperaturas de 0° C, siempre y cuando no exista viento y la radiación solar sea alta.

Normalmente un ser humano produce una capa de aire más cálida cerca de su cuerpo. Cuando el viento elimina esta capa, el cuerpo tiene que calentarse nuevamente. En este proceso aumenta el consumo de energía, por lo que la temperatura del cuerpo desciende. Otro efecto del viento es que provoca mayor evaporación en el cuerpo. Adicionalmente éste pierde energía cuando hay sudor. Por eso se siente un enfriamiento más rápido cuando el cuerpo está mojado. Por lo anterior, las temperaturas bajas son peligrosas cuando la humedad atmosférica es alta.

Las radiaciones solar y atmosférica ayudan al ser humano a mantener una temperatura agradable. Con la misma temperatura del aire se siente menos frío cuando hay sol, entonces el cuerpo puede absorber una parte de la radiación y calentarse de esta manera.



Aunque es un problema complejo, existen varios métodos para evaluar la vulnerabilidad de las personas a las bajas temperaturas. Para la zonificación de áreas vulnerables a heladas y bajas temperaturas es imprescindible estimar las características socioeconómicas de la población expuesta. En este caso, se utilizó el método del índice de marginación elaborado por CONAPO con base a los datos del Censo de Población y Vivienda del INEGI.

El método utiliza los datos de: Tamaño de la localidad; Viviendas particulares habitadas; Porcentaje de Población de 15 años o más analfabeta; Porcentaje de Población de 15 años o más sin primaria completa; Porcentaje de Viviendas particulares habitadas sin excusado; Porcentaje de Viviendas particulares habitadas sin energía eléctrica; Porcentaje de Viviendas particulares habitadas sin disponibilidad de agua entubada; Promedio de ocupantes por cuarto en viviendas particulares habitadas; Porcentaje de Viviendas particulares habitadas con piso de tierra; y Porcentaje de Viviendas particulares habitadas que no disponen de refrigerador. Con ellos se construye el índice de marginación, el cual tiene como corolario, entre mayor grado de marginación, hay menores probabilidades de presentar niveles adecuados de acceso a instituciones de salud, alimentación, condición sanitaria, conocimiento sobre cuidados a niños y ancianos, así como clase de vivienda, por lo que la vulnerabilidad se incrementa.

Los rangos establecidos presentan las siguientes características:

1. Vulnerabilidad muy baja: Manifiesta excelentes condiciones en la estructura social y económica de la población, que permiten resistir a las bajas temperaturas.
2. Vulnerabilidad baja: Tiene condiciones favorables en su estructura social, principalmente en la vivienda y servicios básicos, que permiten afrontar las consecuencias ocasionadas por bajas temperaturas.
3. Vulnerabilidad media: Expone valores intermedios en la estructura social de la población, que resulta en algunas dificultades como su organización para asimilar los estragos de las bajas temperaturas.
4. Vulnerabilidad alta: Muestra las carencias existentes en la estructura social y económica de la población, para afrontar bajas temperaturas. Además, requiere de ayuda y de periodos largos para solucionar sus necesidades básicas.
5. Vulnerabilidad muy alta: Presenta a la población con sus niveles más bajos en el sector educación, salud, vivienda e ingresos. Por ello, demanda de ayuda externa para recuperarse del desastre, así como de varios años para recobrar la estabilidad en la comunidad. Además, quedan secuelas de largo plazo. Esto implica la tarea de trabajar arduamente en programas de prevención y desarrollo social.

Una vez calculada la vulnerabilidad, se hace la función de riesgo con los datos previamente obtenidos de peligro por localidad, con la ecuación:

**Riesgo = Peligro × Vulnerabilidad**

En función de lo anterior, el riesgo es calificado como Muy Alto en los AGEBS del Municipio de Ecatepec se desglosa de la siguiente manera:



AGEB	Población	Vulnerabilidad	Peligro por intensidad de las heladas	Riesgo
1503300012023	2798	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300012061	7536	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300012269	3951	Alto	Muy Alto	Muy Alto
150330001256A	2126	Muy Alto	Alto	Muy Alto
1503300013229	4074	Alto	Muy Alto	Muy Alto
1503300013483	4274	Muy Alto	Alto	Muy Alto
1503300013572	4314	Muy Alto	Alto	Muy Alto
150330001377A	934	Muy Alto	Alto	Muy Alto
1503300014053	3428	Muy Alto	Alto	Muy Alto
150330001498A	1002	Muy Alto	Alto	Muy Alto

Tabla 5.25 AGEBs con calificación de Riesgo Muy Alto por intensidad de las Heladas. Fuente: Elaboración propia con datos de CONAPO y SMN.

En general, se observa que los AGEBs de alta marginación son las que presentan muy alto riesgo por la intensidad de heladas. En general, si bien la recurrencia de heladas es baja, el riesgo general por intensidad de las Heladas en el Municipio de Ecatepec es **ALTO**.

## 5.2.4 Tormentas de Granizo

El granizo es un tipo de precipitación en forma de piedras de hielo y se forma en las tormentas severas cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbos son arrastrados por corrientes ascendentes de aire.

El granizo se forma durante las tormentas eléctricas, cuando las gotas de agua o los copos de nieve formados en las nubes de tipo cumulonimbo son arrastrados verticalmente por corrientes de aire turbulento, características de las tormentas. Las piedras de granizo crecen por las colisiones sucesivas de estas partículas de agua muy enfriada, esto es, de agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido. Esta agua queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. Las piedras de granizo tienen diámetros que varían entre 2 mm y 13 cm, y las mayores pueden ser muy destructivas. A veces, varias piedras pueden solidificarse juntas formando grandes masas informes y pesadas de hielo y nieve.

La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño. En las zonas rurales, los granizos destruyen las siembras y plantíos; a veces causan la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones y áreas





verdes. En ocasiones, el granizo se acumula en cantidad suficiente dentro del drenaje para obstruir el paso del agua y generar inundaciones durante algunas horas.

## Peligro por granizadas

Para determinar el grado de peligro que existe por el fenómeno de granizadas en el Municipio de Ecatepec, se utilizaron los datos de las estaciones meteorológicas del municipio y zonas cercanas, cuyos registros se pueden consultar en el Proyecto Bases de Datos Climatológicos del Servicio Meteorológico Nacional. Con dichos datos se realizó mediante un sistema de información geográfica, una interpolación geoestadística bajo el método de "Natural Neighbor". Las estaciones utilizadas en dicho método, se presenta a continuación.

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Eventos de Granizo al año
9003	Aquiles Serdán 46	19°27'00 N	099°11'00 W	2839	3.7
9017	Cuatepec Barrio Bajo	19°11'00 N	099°08'15 W	2283	1.3
9021	Egipto 7	19°28'00 N	099°11'00 W	3220	1.5
9025	Hacienda La Patera	19°31'00 N	099°09'00 W	3220	0.0
9029	Gran Canal Km. 06+250	19°28'36 N	099°05'29 W	2239	0.3
9043	San Juan De Aragón	19°27'55 N	099°04'45 W	2240	0.4
9047	Colonia Tacuba	19°27'00 N	099°11'00 W	2340	2.3
15008	Atenco	19°32'38 N	098°54'46 W	2245	1.5
15022	Chiconautla	19°39'24 N	099°01'02 W	2340	0.2
15040	Gran Canal Km 02+120 Bombas	19°36'35 N	099°03'36 W	2250	1.0
15041	Gran Canal Km 27+250	19°33'42 N	099°01'10 W	2236	0.4
15044	La Grande	19°34'34 N	098°54'50 W	2250	0.7
15047	Las Arboledas	19°33'46 N	099°12'57 W	2270	0.2
15059	Molino Blanco	19°28'39 N	099°13'15 W	2265	2.9
15081	Represa El Alemán	19°42'16 N	099°13'09 W	2365	0.0
15083	San Andrés	19°31'55 N	098°54'38 W	2244	3.4
15090	San Jerónimo Xonocahuacan	19°45'03 N	098°56'58 W	2265	1.1
15092	San Juan Ixhuatepec	19°31'18 N	099°06'52 W	2235	1.5



Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Eventos de Granizo al año
15098	San Martin Obispo	19°37'18 N	099°11'34 W	2255	2.4
15124	Tepexpan	19°36'41 N	098°55'18 W	2248	0.8
15125	Texcoco (DGE)	19°30'20 N	098°52'55 W	2250	2.2
15129	Tultepec	19°41'03 N	099°07'36 W	2245	0.2
15137	Amealco	19°31'05 N	099°06'39 W	2240	0.0
15138	Atenco (CFE)	19°34'00 N	098°55'00 W	2245	2.0
15145	Plan Lago De Texcoco	19°27'02 N	098°55'54 W	2260	0.6
15163	Texcoco (SMN)	19°31'00 N	098°53'00 W	2255	4.5
15167	El Tejocote	19°26'36 N	098°54'10 W	2256	0.1
15170	Chapingo (DGE)	19°29'05 N	098°53'11 W	2250	1.7
15263	Acolman	19°38'24 N	098°54'46 W	2255	0.0
15383	Lago Nabor Carrillo	19°28'20 N	098°59'30 W	2234	0.0

Tabla 5.26 Estaciones meteorológicas relevantes para el estudio del granizo en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, Proyecto Bases de Datos Climatológicos.

Como resultado de la interpolación, y en función de los criterios del Atlas Nacional de Riesgos, se determinó que en el municipio de Ecatepec, la presencia del fenómeno de granizadas es baja en prácticamente todo el territorio, con la salvedad del extremo occidental, en donde la frecuencia de las granizadas aumenta a media. En el extremo poniente, se encuentra la zona con mayor frecuencia de granizadas, la cual presenta 3 eventos al año.

En general, las zonas más afectadas del Municipio por tormentas de granizo son las laderas de de la Sierra de Guadalupe ubicadas al poniente; el resto del territorio se encuentra con un grado bajo de peligro por dicho fenómeno.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Granizadas

Para medir la vulnerabilidad de la población al fenómeno de granizadas, se usó el mismo criterio que sobre temperaturas bajas y heladas. Este consiste en la valoración socioeconómica de la población para determinar el grado de acceso que tendría a los servicios médicos, materiales de construcción de vivienda, y alimentación. Una vez calculada la vulnerabilidad, se hace la función de riesgo con los datos previamente obtenidos de peligro por localidad, con la ecuación:

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Vulnerabilidad}$$

En función de lo anterior, el riesgo por granizadas en los AGEBS del Municipio de Ecatepec se desglosa de la siguiente manera (se omitieron los valores bajos y medios):



AGEB	Población	Vulnerabilidad	Peligro por Tormentas de granizo	Riesgo
1503300014072	208	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300014091	145	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300014956	350	Muy Alto	Bajo	Alto

Tabla 5.27 Zonificación por riesgo muy alto por granizadas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con datos de SMN y CONAPO.

En general, para el Municipio de Ecatepec, el riesgo por Tormentas de Granizo es **BAJO**.

### 5.2.5 Tormentas de nieve

Las nevadas, son una forma de precipitación sólida en forma de copos. Un copo de nieve es la aglomeración de cristales transparentes de hielo que se forman cuando el vapor de agua se condensa a temperaturas inferiores a la de solidificación del agua. La condensación de la nieve tiene la forma de ramificaciones de cristales hexagonales planos.

Los fenómenos meteorológicos que provocan las nevadas son las masas de aire polar y los frentes fríos, que en algunas ocasiones llegan a interactuar con corrientes en chorro, líneas de vaguadas, y entrada de humedad de los océanos hacia tierra. Estos fenómenos provocan tormentas invernales que pueden ser en forma de lluvia, aguanieve o nieve.

#### Peligro por nevadas

Debido a la situación geográfica del Municipio de Ecatepec las nevadas son eventos extraordinarios. Este fenómeno ocurre rara vez se presentan en el Valle de México. Sin embargo, eventualmente pueden formarse nevadas en el municipio por influencia de corrientes frías provenientes del norte del país.

El CENAPRED ha identificado que el municipio de Ecatepec tiene, en general, un peligro bajo por nevadas, debido a que el índice de frecuencia es de apenas  $<0.03$ , es decir, que la probabilidad de que se presente el fenómeno es de menos de 3% durante el trimestre más frío del año.



Tabla 5.28 Índice de peligro por Nevadas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

## Vulnerabilidad y riesgo por nevadas

Los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: daños a estructuras endebles y derrumbes de techos, apagones y congelamiento de drenajes. Además pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente personas de alta marginación.

Para calcular la vulnerabilidad asociada a nevadas, se trabajó con el método de análisis de la marginación seguido y explicado en el apartado de heladas y temperaturas bajas. Sin embargo debido a que el peligro es muy bajo, la exposición es también casi nula. Por lo tanto, el grado de Riesgo por Nevadas en el Municipio de Ecatepec es **MUY BAJO**.

## 5.2.6 Ciclones tropicales

Los Ciclones son fenómenos meteorológicos que se originan en los océanos o en las áreas costeras tropicales. Se desarrollan sobre extensas superficies de agua cálida y pierden su fuerza cuando penetran en tierra. Sin embargo, debido a la extraordinaria fuerza de estos fenómenos, así como al tamaño que llegan a tener, pueden afectar zonas continentales, aunque en menor grado que a las zonas costeras. En el caso del Municipio de Ecatepec, debido a los 225 km de distancia a la costa más cercana, a estar a más de 2660 m sobre el nivel del mar, y a la barrera orográfica que representa el Eje Neovolcánico Transversal, estos fenómenos no pueden presentarse y causar afectaciones directas.



## 5.2.7 Tornados y Tormentas de polvo

El aire que circula sobre la Tierra se denomina viento, pero existen vientos de superficie y “vientos planetarios de altura”; estos últimos forman parte de la circulación general del aire en lo alto de la troposfera. La distribución desigual de la presión es lo que causa el movimiento del aire, ya que éste se desplaza desde las áreas de alta presión hacia áreas de baja presión, en un intento por lograr un equilibrio. Este gradiente de presión es la fuerza conductora que está detrás de todos los vientos, incluyendo los de superficie.

Los vientos de mayor intensidad pueden ser peligrosos ya que dañan a la infraestructura, produciendo ello a su vez, daños a las personas y a sus bienes. El fenómeno de los huracanes, se mide, de hecho, en función de los vientos, toda vez que son ellos los que causan los mayores perjuicios a la sociedad.

No se consideró la influencia de los vientos generados por tornados ni por tormentas de polvo de corta duración, debido a que existe escasa información al respecto y por estimarlos como eventos de baja ocurrencia, que de manera perceptible sólo se presentan en algunas regiones de los estados de Sonora, Coahuila, Nuevo León, Chihuahua y Tamaulipas, tal y como lo reporta la National Climatic Data Center de Estados Unidos, en su análisis de zonas con probabilidad de presentar tornados y tormentas de polvo en América del Norte.

## 5.2.9 Tormentas eléctricas

Las tormentas eléctricas son un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos en la atmósfera terrestre. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces granizo, por lo que asociado a este fenómeno se presentan inundaciones y deslaves. Ahora bien, los rayos de las tormentas eléctricas son de tres tipos principales: descargas nube-nube, intranube y nube-tierra, siendo estos últimos los que interesan a este documento.

Los riesgos directos de los rayos nube-tierra (o mejor conocidos como rayos a tierra) son los incendios forestales, descargas a edificios o estructuras e incluso choques eléctricos a personas que producen desde heridas leves hasta la muerte. El riesgo a la navegación aérea por tormentas eléctricas queda fuera del alcance de la presente investigación.

Por otro lado, las lluvias extraordinarias implican una o varias precipitaciones que superan en volumen registrado al promedio histórico de las lluvias mensuales. Estas lluvias pueden acelerar y/o detonar procesos de deslizamiento de laderas, erosión, derrumbes, hundimientos e inundaciones. Es importante aclarar que las lluvias normales también pueden causar los mismos efectos, aunque la probabilidad es ligeramente menor.

## Peligro por tormentas eléctricas

El Municipio de Ecatepec según datos del GHCC LightningTeam de la NASA, obtenidos a través del sensor LightningImaging Sensor (LIS), a bordo del satélite meteorológico TRMM, registró durante el periodo de enero 1998 a febrero 2012, hasta 2500 rayos. Sin embargo, es preciso aclarar que el sensor LIS mide los rayos de todo tipo, incluyendo nube-tierra, nube-nube, e intranube. Por ello, para determinar el peligro existente en el Municipio, se obtuvieron los datos de Comisión Federal de Electricidad y el Instituto de Investigaciones Eléctricas, los cuales reportan que el promedio anual de densidad de rayos a tierra en el Municipio de Ecatepec oscila entre 4 a 6 rayos por  $\text{km}^2$  por año.

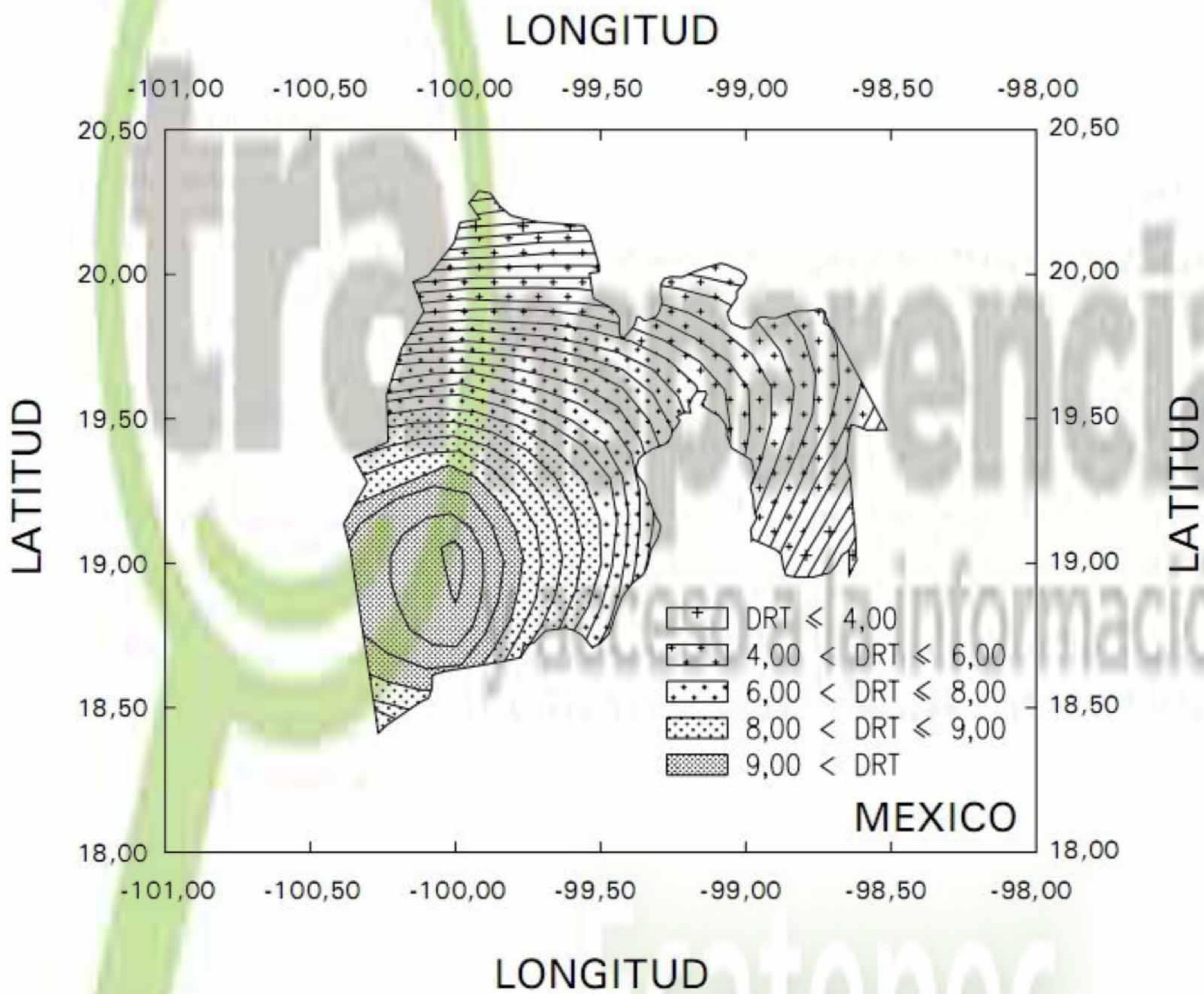


Figura 5.12 Mapa promedio anual de densidad de rayos a tierra en el Estado de México. Fuente: NMX-J-549-ANCE-2005

Por otro lado, con los datos de las estaciones meteorológicas de la zona de estudio y aledañas, se identificó la distribución y la frecuencia de las tormentas eléctricas del periodo de 1951 a 2010. Éste



fenómeno es frecuente en la mitad más húmeda del año, principalmente entre junio, julio, agosto y septiembre.

Para obtener el mapa de frecuencia de tormentas eléctricas, se realizó una interpolación mediante un sistema de información geográfica de los datos de las estaciones meteorológicas del SMN, los cuales tienen un periodo de datos de aproximadamente 30 años. La interpolación se realizó según el sistema de Natural Neighbor, el cual es un método de interpolación espacial en 2D, que se basa en la teselación de Voronoi de un conjunto discreto de puntos espaciales. Este método proporciona una aproximación más suave con relación a los datos reales, pero proporciona un modelado más coherente con el espacio.

La ecuación básica en 2D es la siguiente:

$$f(x) = \sum_{i=1}^k w_i(x) a_i$$

Donde  $f(x)$  es el valor interpolado del punto  $x$ , para cualquier  $x$ , el valor de  $w_i(x)$  será siempre de entre 0 y 1. El método usado en el GIS propone una medida estándar para el cálculo de los pesos, y la selección de los puntos vecinos para la interpolación.

Como resultado de la interpolación anterior se obtuvo el mapa de frecuencias de tormentas eléctricas, donde se observa una muy baja presencia del fenómeno en el área urbana del municipio con una tendencia de incremento del peligro en el extremo poniente del polígono municipal. Con el análisis de los datos de las estaciones meteorológicas, se identificó que el gradiente de tormenta eléctrica en el municipio es de 0 a 10 eventos al año.

Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Tormentas eléctricas al año
9003	Aquiles Serdán 46	19°27'00 N	099°11'00 W	2839	8.8
9017	Cuautepec Barrio Bajo	19°11'00 N	099°08'15 W	2283	139.3
9021	Egipto 7	19°28'00 N	099°11'00 W	3220	0.1
9025	Hacienda La Patera	19°31'00 N	099°09'00 W	3220	29.2
9029	Gran Canal Km. 06+250	19°28'36 N	099°05'29 W	2239	2.3
9043	San Juan De Aragón	19°27'55 N	099°04'45 W	2240	4.6
9047	Colonia Tacuba	19°27'00 N	099°11'00 W	2340	105.1
15008	Atenco	19°32'38 N	098°54'46 W	2245	10.5
15022	Chiconautla	19°39'24 N	099°01'02 W	2340	1.2
15040	Gran Canal Km 02+120 Bombas	19°36'35 N	099°03'36 W	2250	0.6



Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Tormentas eléctricas al año
15041	Gran Canal Km 27+250	19°33'42 N	099°01'10 W	2236	0.4
15044	La Grande	19°34'34 N	098°54'50 W	2250	3.1
15047	Las Arboledas	19°33'46 N	099°12'57 W	2270	1.3
15059	Molino Blanco	19°28'39 N	099°13'15 W	2265	23.3
15081	Represa El Alemán	19°42'16 N	099°13'09 W	2365	0.1
15083	San Andrés	19°31'55 N	098°54'38 W	2244	24.4
15090	San Jerónimo Xonocahuacan	19°45'03 N	098°56'58 W	2265	6.1
15092	San Juan Ixhuatepec	19°31'18 N	099°06'52 W	2235	3.3
15098	San Martín Obispo	19°37'18 N	099°11'34 W	2255	5.7
15124	Tepexpan	19°36'41 N	098°55'18 W	2248	1.9
15125	Texcoco (DGE)	19°30'20 N	098°52'55 W	2250	26.5
15129	Tultepec	19°41'03 N	099°07'36 W	2245	1.3
15137	Amealco	19°31'05 N	099°06'39 W	2240	0.0
15138	Atenco (CFE)	19°34'00 N	098°55'00 W	2245	12.2
15145	Plan Lago De Texcoco	19°27'02 N	098°55'54 W	2260	0.3
15163	Texcoco (SMN)	19°31'00 N	098°53'00 W	2255	20.3
15167	El Tejocote	19°26'36 N	098°54'10 W	2256	6.7
15170	Chapingo (DGE)	19°29'05 N	098°53'11 W	2250	27.3
15263	Acolman	19°38'24 N	098°54'46 W	2255	0.0
15383	Lago Nabor Carrillo	19°28'20 N	098°59'30 W	2234	0.0

Tabla 5.29 Tormentas eléctricas en la región del municipio de Ecatepec. Fuente: Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional.

## Vulnerabilidad y Riesgo por Tormentas eléctricas

La vulnerabilidad a las tormentas eléctricas en el municipio de Ecatepec, es de baja a muy baja debido a que la reglamentación de construcción local así como la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2008 exige que haya un sistema de pararrayos en todas las edificaciones importantes, tales como fábricas con sustancias inflamables y hospitales. Estos instrumentos impiden que se afecten a las construcciones cercanas. Debido a ello, no existen reportes de daños por rayos en el municipio.

Por otro lado, considerando la densidad de rayos a tierra (DTR) y la frecuencia de tormentas eléctricas al año, se determinó que en el Municipio de Ecatepec, el riesgo por tormentas eléctricas es **BAJO**. A continuación, se presenta la zonificación por AGEB donde se identificó el riesgo alto a nivel local.





AGEB	Población	Vulnerabilidad	Peligro por Tormentas Eléctricas	Riesgo
150330001256A	2126	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300012733	1360	Alto	Medio	Alto
1503300013106	4189	Alto	Medio	Alto
1503300013483	4274	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300013572	4314	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300013746	3047	Alto	Medio	Alto
150330001377A	934	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300014053	3428	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300014072	208	Muy Alto	Medio	Alto
1503300014091	145	Muy Alto	Medio	Alto
1503300014388	2731	Alto	Medio	Alto
1503300014392	3457	Alto	Medio	Alto
1503300014956	350	Muy Alto	Medio	Alto
150330001498A	1002	Muy Alto	Bajo	Alto

Tabla 5.30 Zonificación de Riesgo Alto por Tormenta Eléctrica en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con datos de CFE, IIE, SMN, CONAPO.

## 5.2.10 Lluvias extremas

### Peligro por lluvias extraordinarias

Más allá de las tormentas eléctricas, las lluvias extraordinarias históricamente han causado los mayores desastres en el municipio, por lo que es necesario revisar su probabilidad. Estas lluvias, pueden presentar fenómenos de rayos, pero no es una condicionante. Incluso pueden ser lluvias poco intensas, pero muy prolongadas. Además, las lluvias extraordinarias pueden aparecer en varios episodios repartidos en varios días, y no necesariamente en una sola emisión.

Las lluvias extraordinarias, para considerarse como tales deben superar los valores promedio mensuales de precipitación más una desviación estándar para cada una de las cuatro principales estaciones meteorológicas de la zona, mostradas en la siguiente tabla:

Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>15040 GRAN CANAL KM 02+120 BOMBAS</b>													
Normal	9.1	5.8	12.7	23.0	53.9	106.3	115.6	94.6	86.0	43.9	10.7	5.1	566.7
Máxima mensual	55.0	21.5	62.5	75.0	154.5	218.5	175.0	163.5	205.0	101.5	71.7	24.4	



Concepto	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Máxima diaria</b>	42.0	15.0	29.0	30.0	38.5	53.5	40.0	35.1	63.0	51.5	21.4	13.4	
<b>Año máxima</b>	1967	1979	1978	1974	1976	1975	1981	1976	1979	1967	1980	1978	
<b>15041 GRAN CANAL KM 27+250</b>													
<b>Normal</b>	9.1	9.3	11.9	20.9	46.7	101.5	120.4	116.8	107.1	47.6	12.0	4.4	607.7
<b>Máxima mensual</b>	52.5	98.3	83.9	91.2	148.0	240.2	223.0	237.1	218.9	125.7	113.6	21.6	
<b>Máxima diaria</b>	41.0	37.7	48.4	52.4	52.6	55.1	61.6	72.1	76.5	68.5	46.7	12.0	
<b>Año máxima</b>	1967	2010	1971	1981	1975	1975	2003	2006	2003	2009	1992	1976	

Tabla 5.31 Registros históricos de precipitación en las estaciones meteorológicas 15040 y 15041 del municipio de Ecatepec. Fuente: Normales Climatológicas, Servicio Meteorológico Nacional.

Ahora bien, las lluvias extraordinarias pueden afectar al Municipio de Ecatepec de varias maneras. Puede ser un cumulo de eventos a lo largo de varios días, incluso semanas, que como resultado sobrepasen el promedio de precipitación para el mes en el que ocurren. Pero también se pueden presentar como un solo evento o varios distribuidos en un máximo de 24 horas. El CENAPRED ha identificado las lluvias probables para distintos periodos de retorno para eventos de 24 horas, los cuales pueden interpretarse como los máximos esperados en un determinado espacio temporal.

De acuerdo al CENAPRED, la lluvia probabilística para un evento de 24 y periodo de retorno de 20 años es de 70mm en el municipio. En el escenario de lluvias probabilísticas para un periodo de 50 años, la cantidad de lluvia se incrementa a 75mm; para un periodo de retorno de 100 años será de 80mm; para 200 años, 100mm. Por ejemplo, la precipitación máxima esperada para un periodo de retorno de 200 años, en Ecatepec es de 100mm, es decir, 100 litros de agua por metro cuadrado en un periodo de 24 horas. En este escenario, en un solo día, caería la lluvia equivalente al 16% del total anual.

A continuación, se presentan los escenarios de las lluvias máximas probables para periodos de retorno de 20, 50, 100, 200, 500, 1000 y 2000 años para una duración de 24 horas.

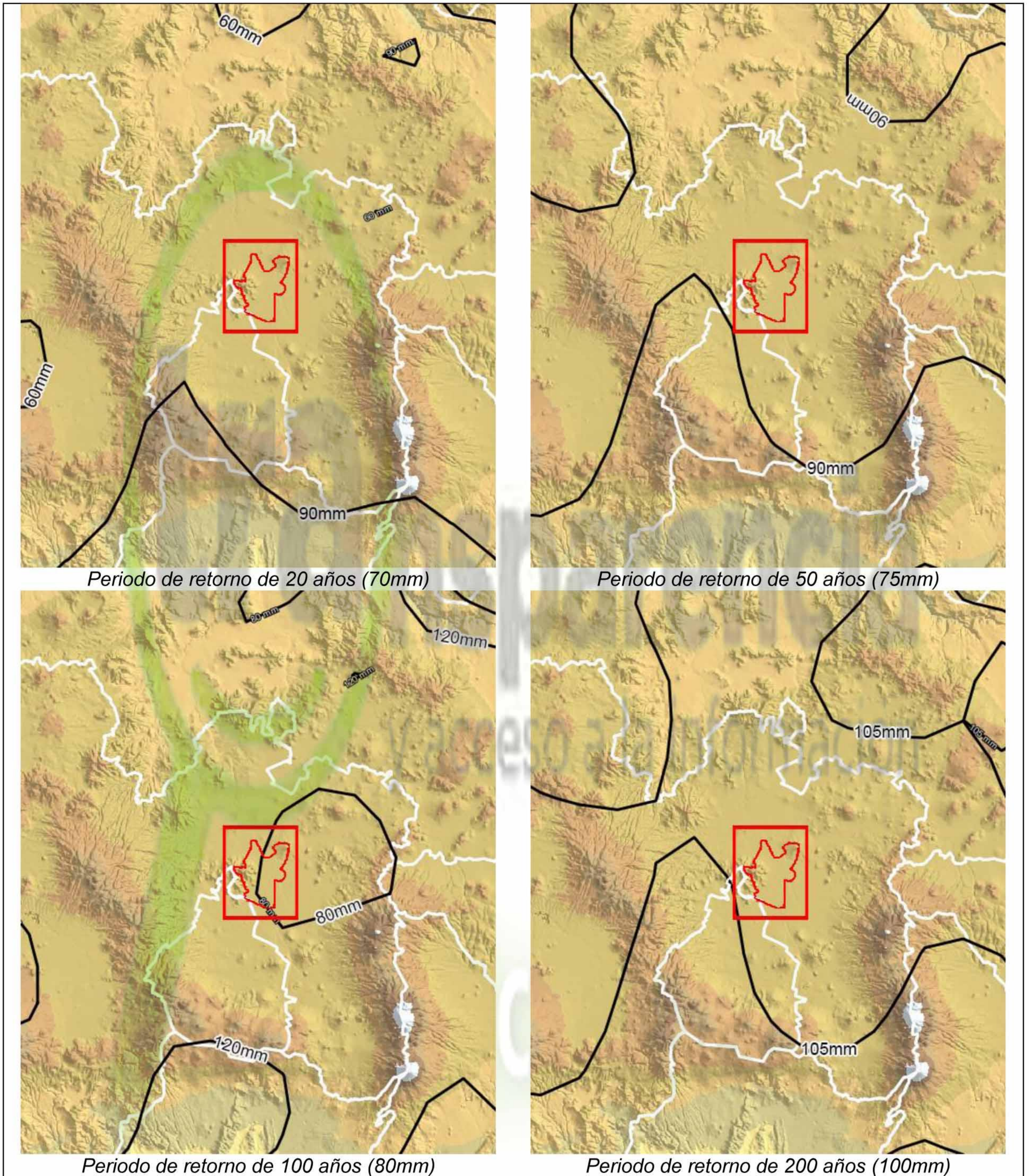


Figura 5.13 Escenarios por lluvias probabilísticas a 20, 50, 100 y 200 años con una duración de 24 horas. Fuente: CENAPRED – SIATL INEGI.



## Vulnerabilidad y Riesgo por Lluvias extraordinarias

Las tormentas eléctricas y en mayor grado las lluvias extraordinarias son fenómenos que a pesar de no representar peligros directos, están estrechamente asociados a otros peligros como procesos de remoción en masa e inundaciones. La vulnerabilidad a las lluvias extraordinarias, no se medirá en esta sección, sino que se tratará en los apartados de procesos de remoción en masa (en sus diversas modalidades) e inundaciones. Sin embargo, debido a que en general la vulnerabilidad para esos fenómenos fue de media a muy alta, por extensión, el riesgo por lluvias extraordinarias es **MUY ALTO** para el municipio de Ecatepec.

### 5.2.11 Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres

Las inundaciones son un fenómeno en el cual se anega de agua un área determinada que generalmente está libre de ésta. El agua proviene del desbordamiento de ríos, represas, o escurrimientos de partes altas y se asocia a lluvias intensas, en el área o incluso en otras lejanas. A pesar de considerarse un fenómeno natural, tiene una alta influencia de los procesos de ocupación del territorio y construcción de infraestructura, ya que a menudo el riesgo existe cuando se establecen viviendas en zonas inundables y se crean embudos artificiales que impiden el libre tránsito de las avenidas de agua.

#### Peligro, vulnerabilidad y riesgo por Inundaciones

Las inundaciones son uno de los peligros más comunes en el Municipio de Ecatepec, a menudo las inundaciones se desarrollan lentamente, pero las más dañinas son repentinas e incluso finalizan en sólo unas horas, sin señales visibles de lluvia en la zona inundada. Las inundaciones repentinas consisten en una avenida de agua con gran fuerza de arrastre y con una carga de escombros que encuentra en su paso. Las inundaciones ocurren sobre los márgenes de un río, canal o arroyo definido, pero también pueden generarse por la confluencia de aguas en zonas bajas. En este sentido es necesario acotar que las inundaciones a nivel municipal ocurren cuando un drenaje es sobrepasado en su capacidad. Los efectos individuales de las inundaciones generalmente son muy locales, afectando a un grupo de casas o algunas calles, pero el efecto sumado de varios puntos de inundación en un mismo evento, afecta varias colonias del municipio.

Debido a la particular configuración del municipio, el peligro de inundación es muy alto debido a que las aguas de la Sierra bajan por arroyos cuyos márgenes están ocupados por viviendas, además de que parte importante del municipio formaba parte del sistema de embalses naturales que constituían el antiguo Lago de Texcoco. Aunque en la mayoría de los casos existen obras de infraestructura destinados a drenar las aguas, estas se llegan a ver sobrepasadas, provocando encharcamientos e inundaciones en zonas habitadas y con infraestructura vial. Además, son también susceptibles las áreas con microtopografía baja, que aunque no están cerca de los arroyos y canales, pueden inundarse debido a que se ubican en planicies de inundación.



## Valle de Santiago, Nuevo Paseo San Agustín, San Agustín y Laderas del Peñón

Desde el año 2001, se han presentado inundaciones recurrentes de origen pluvial en la Colonias Valle de Santiago, Nuevo Paseo San Agustín, San Agustín y Laderas del Peñón, con un área de afectación de 460,000m<sup>2</sup>. Estas inundaciones se deben principalmente a asentamientos diferenciales del terreno, los cuales a su vez provocaron dislocamientos y contrapendientes en la red de drenaje, lo que impide drenar eficientemente el agua proveniente de la lluvia. Entre mayo y octubre del año 2012, se presentaron inundaciones debido a precipitaciones pluviales extraordinarias y granizadas, el tirante llegó a tener más de 40cm en las vialidades y hasta 10cm dentro de las casas. Se afectaron 500 viviendas y 50 locales comerciales, para un total aproximado de 2500 habitantes y una superficie de 106,000m<sup>2</sup>.

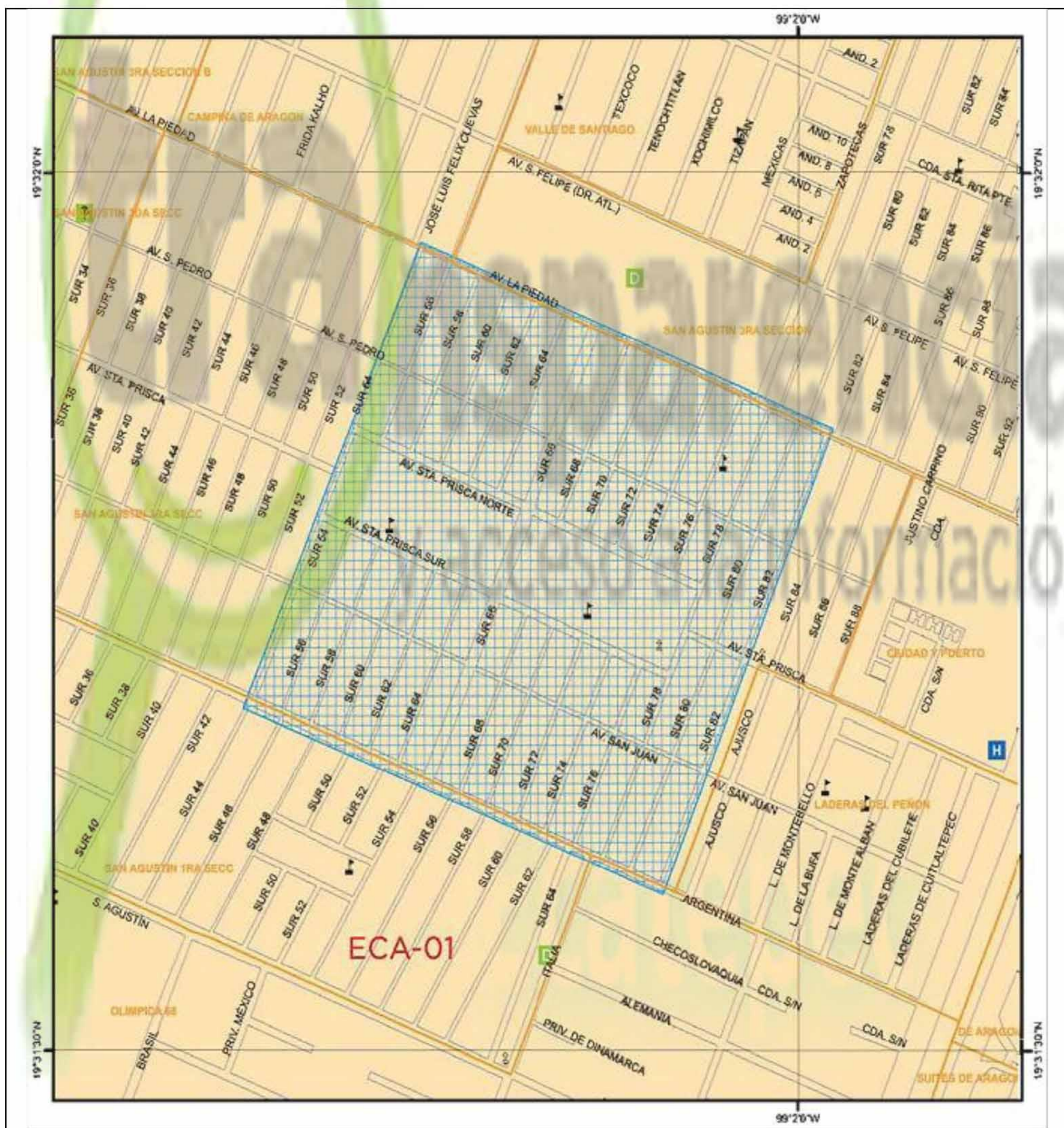


Figura 5.14. Zona de inundación en la Colonia San Agustín en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Nuevo Laredo

En la colonia Nuevo Laredo, cuando hay lluvias extraordinarias se inundan las vialidades hasta 30cm debido a que es una zona baja y con severos problemas de drenaje, ocurriendo de forma recurrente desde el año 2005. En el año 2012 se afectaron de mayo a octubre 50 viviendas y una población aproximada de 250 habitantes, para una superficie total de 58,000m<sup>2</sup>.

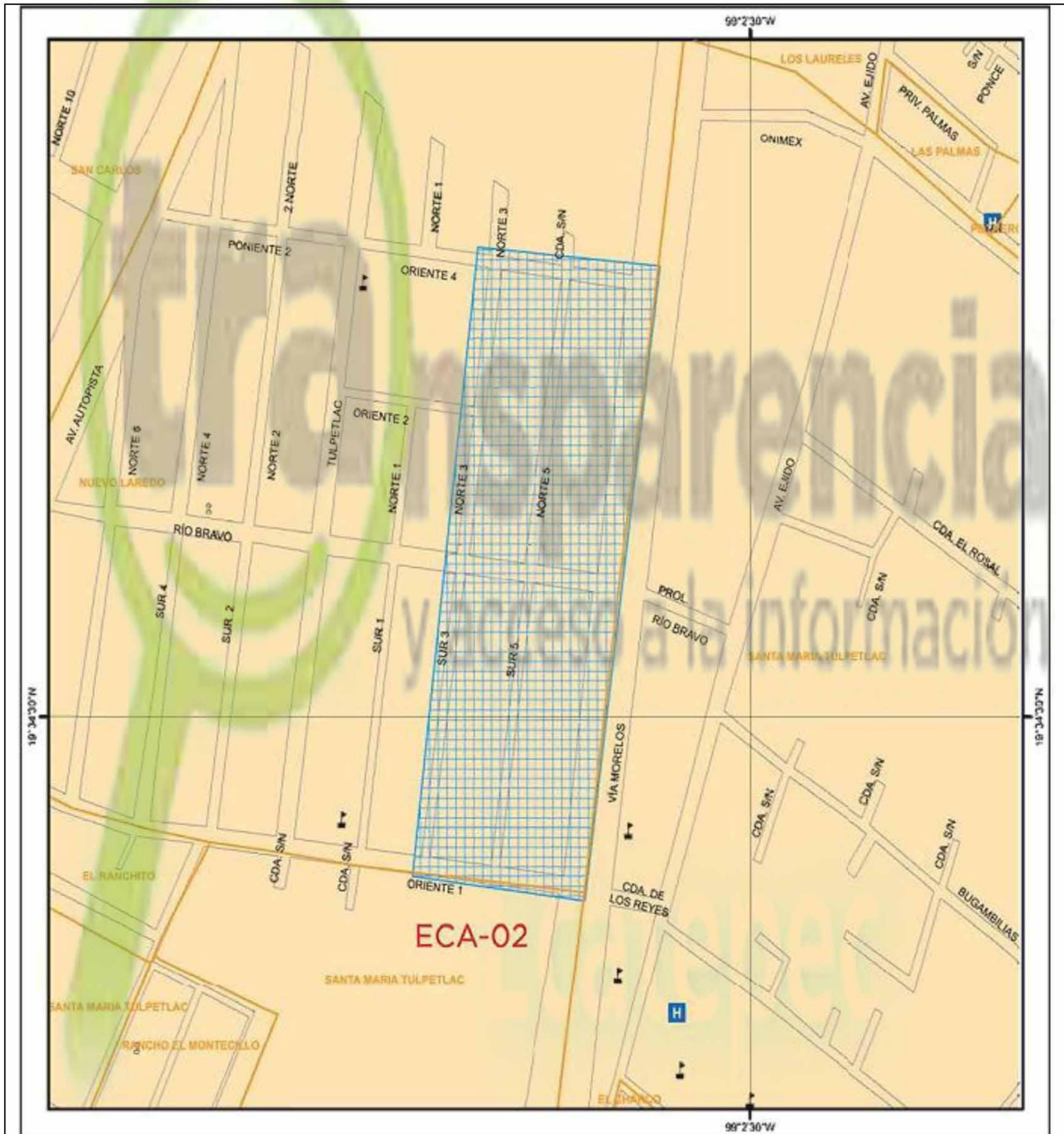


Figura 5.15. Zona de inundación en la Colonia Nuevo Laredo en el año 2012. Fuente: CAEM.

## La Florida y Ciudad Azteca 2da Sección

Las colonias La Florida y Ciudad Azteca 2da Sección han padecido desde el año 2003 de inundaciones recurrentes debido principalmente a la saturación del sistema de drenaje, misma que se presenta con lluvias fuertes. Además de lo anterior, su microtopografía baja, debido a asentamientos diferenciales, incrementa la susceptibilidad a inundarse. En el 2012, se afectaron en temporada de lluvias 90 viviendas las cuales llegaron a presentar tirantes de hasta 20cm, mientras que las vialidades se anegaron hasta por 50cm de agua. Los afectados se contabilizaron en 450 personas, 90 viviendas en una superficie de 263,000m<sup>2</sup>.



Figura 5.16. Zona de inundación en las Colonias La Florida y Ciudad Azteca 2da Sección en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Rustica Xalostoc

Desde el año 2003 hay inundaciones recurrentes en la colonia Rústica Xalostoc en los meses de mayo a octubre, debido a asentamientos diferenciales del terreno, bajadas de aguas broncas de laderas de la Sierra de Guadalupe. En el año 2012, se inundó un total de 432,000m<sup>2</sup> afectando a 60 viviendas, 3 industrias y 57 edificios de instalaciones diversas, afectando a una población de 300 personas, con tirantes de 40cm en las vialidades y 10cm al interior de las construcciones.

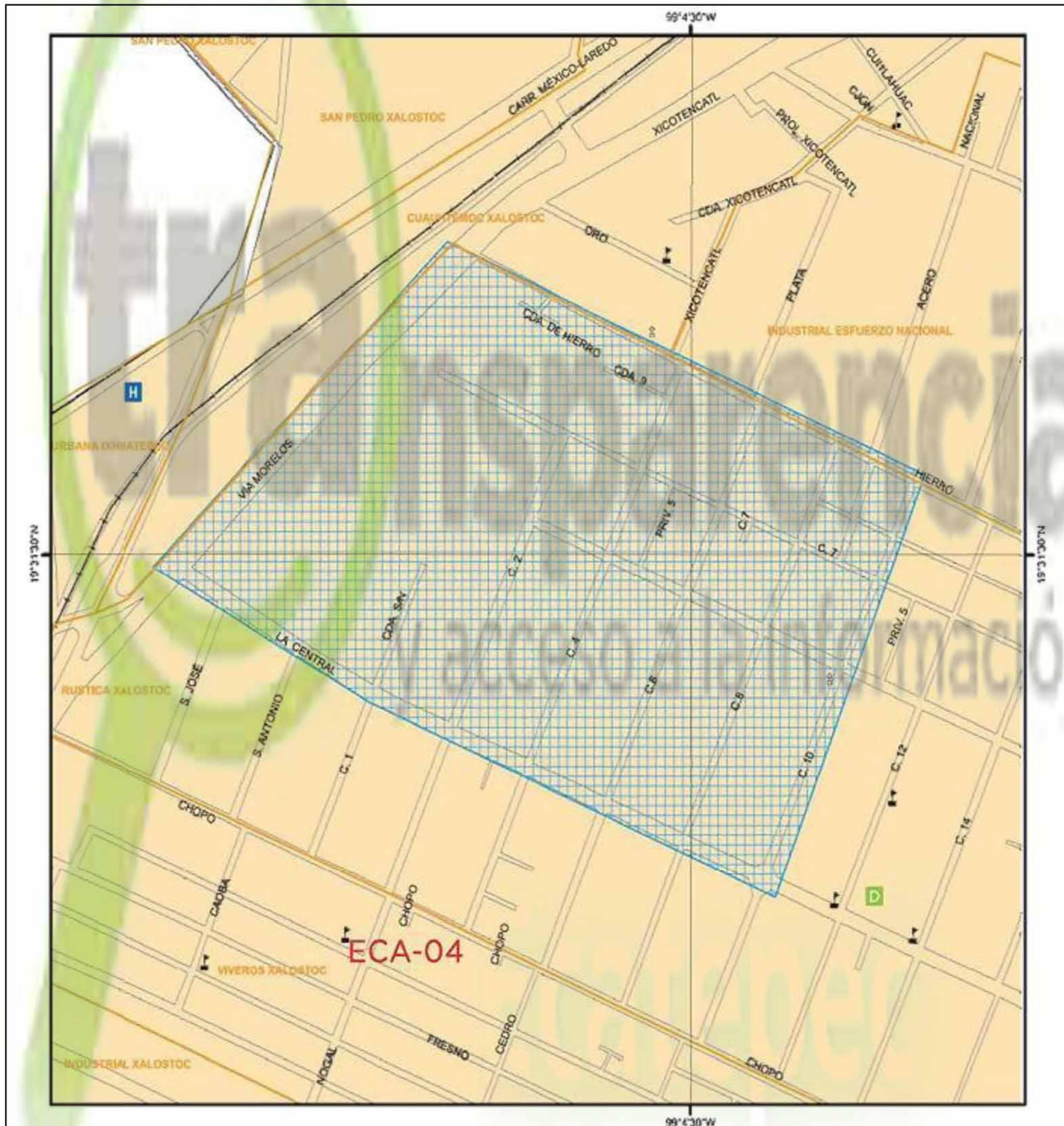


Figura 5.17. Zona de inundación en la Colonia Rustica Xalostoc en el año 2012. Fuente: CAEM.



## Quinto Sol

La colonia Quinto Sol es otra de las zonas que constantemente se inunda. Los reportes datan del 2005, cuando debido a asentamientos diferenciales del terreno, la red de drenaje ha sufrido contrapendientes y dislocamientos, que a su vez en época de lluvias, provoca que el agua se anegue. En el 2012, se inundó una superficie de 113,000m<sup>2</sup>, afectando a 30 viviendas y 150 habitantes; el agua llegó hasta los 10cm en las casas y hasta 40cm en las vialidades.

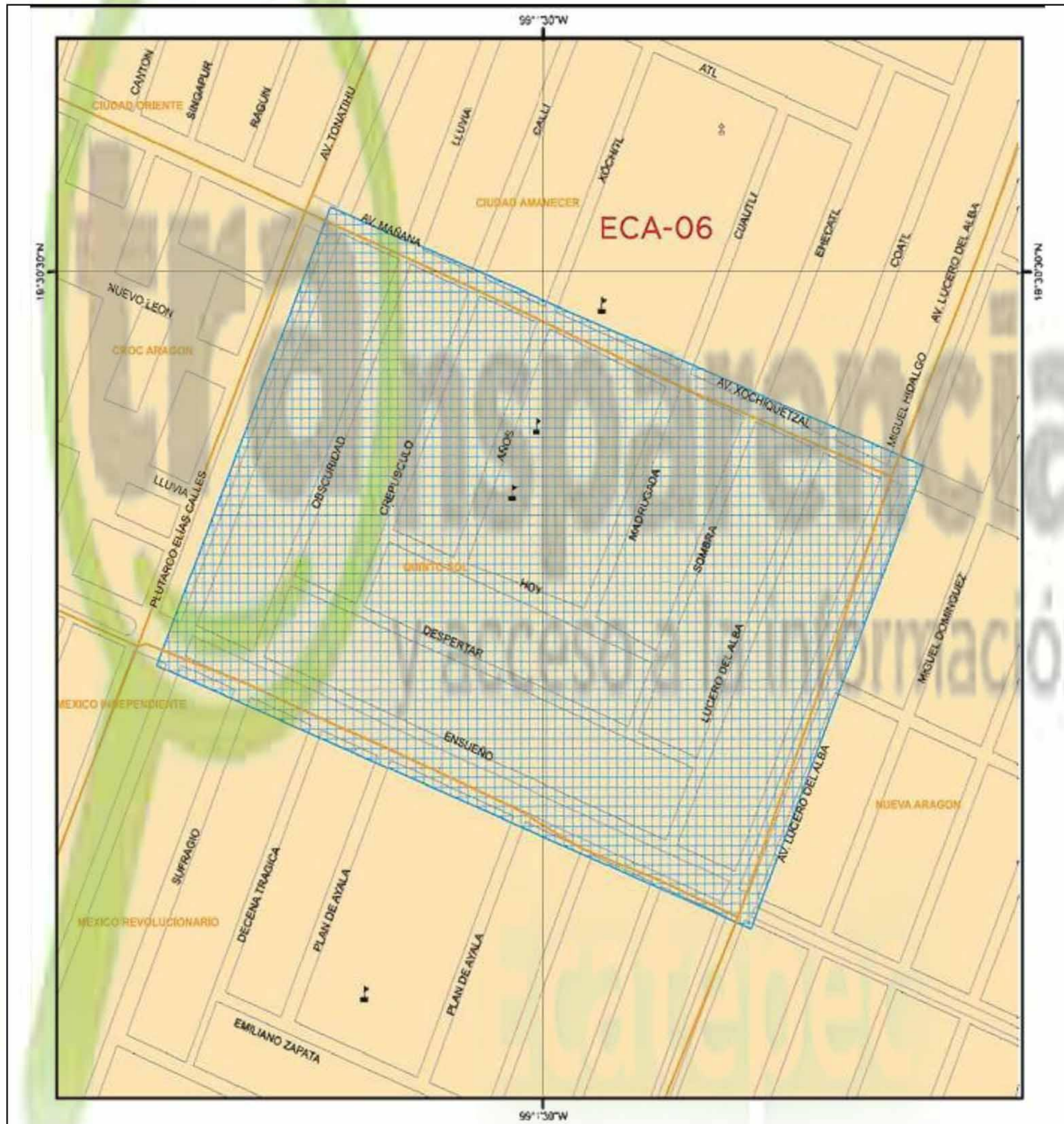


Figura 5.18. Zona de inundación en la Colonia Quinto Sol en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Viveros Xalostoc

Desde 2003 se tienen reportes de que la colonia Viveros Xalostoc, en época de lluvias sufre de inundaciones recurrentes, debido principalmente a la bajada de aguas brancas de las laderas de la Sierra de Guadalupe y a una deficiente operación de la red de drenaje. En 2012 se afectaron 246,000m<sup>2</sup> de superficie, incluyendo 300 habitantes, 50 viviendas, 5 locales comerciales y 3 industrias; en las viviendas hubo hasta 20cm de tirante mientras en las vialidades el máximo fue de 50cm.

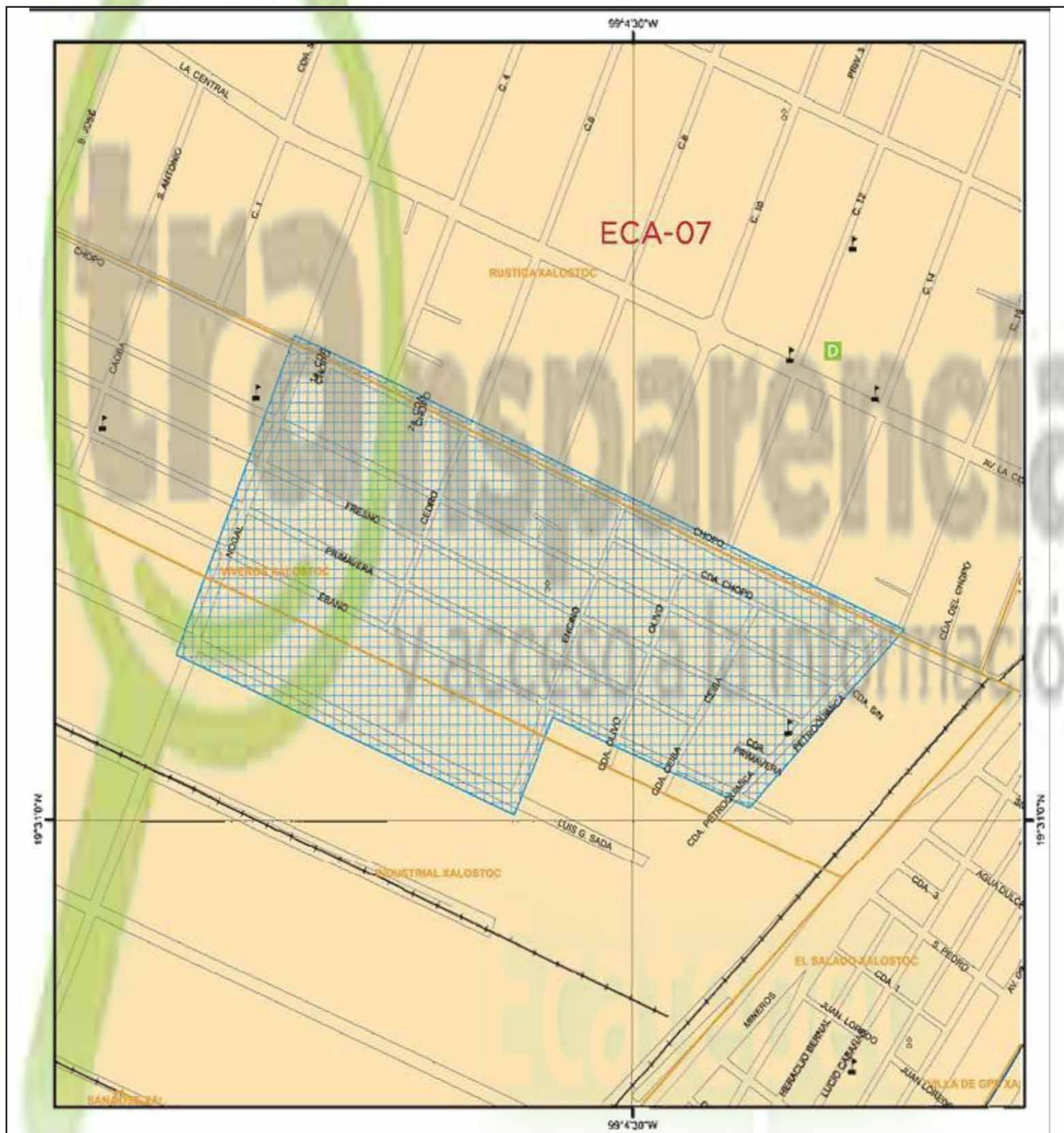


Figura 5.19. Zona de inundación en la Colonia Viveros Xalostoc en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Llano de los Báez

En Llano de los Báez, desde el año 2006 hay inundaciones recurrentes en época de lluvias, por asentamientos diferenciales de terreno, lo que daña a la red de drenaje, impidiendo el flujo del líquido cuando ocurren las lluvias. En 2012 hubo 34,000m<sup>2</sup> de superficie dañada por este fenómeno, los cuales incluyeron 20 viviendas, y sus 100 habitantes.

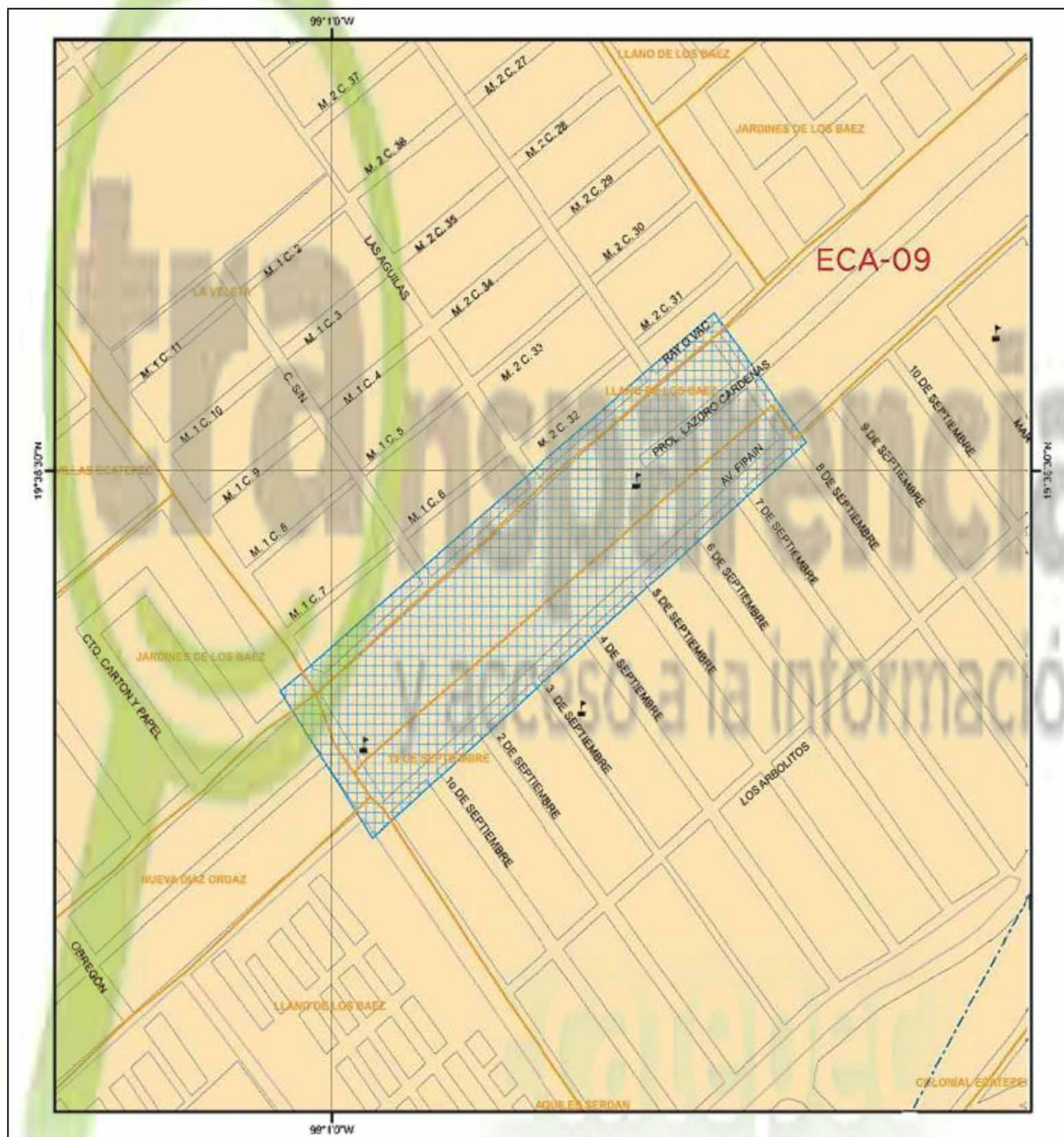


Figura 5.20. Zona de inundación en Llano de los Báez en el año 2012. Fuente: CAEM.



## La Urbana Ixhuatepec

Desde hace 7 años se reportan inundaciones en esta colonia, principalmente debido al descenso de aguas brancas de la Sierra de Guadalupe. En el 2012, se afectaron 150 viviendas y una población aproximada de 750 personas, cuyas propiedades se anegaron hasta 30cm, mientras las vialidades tuvieron hasta 60cm de inundación. La superficie impactada fue de 70,000m<sup>2</sup>.

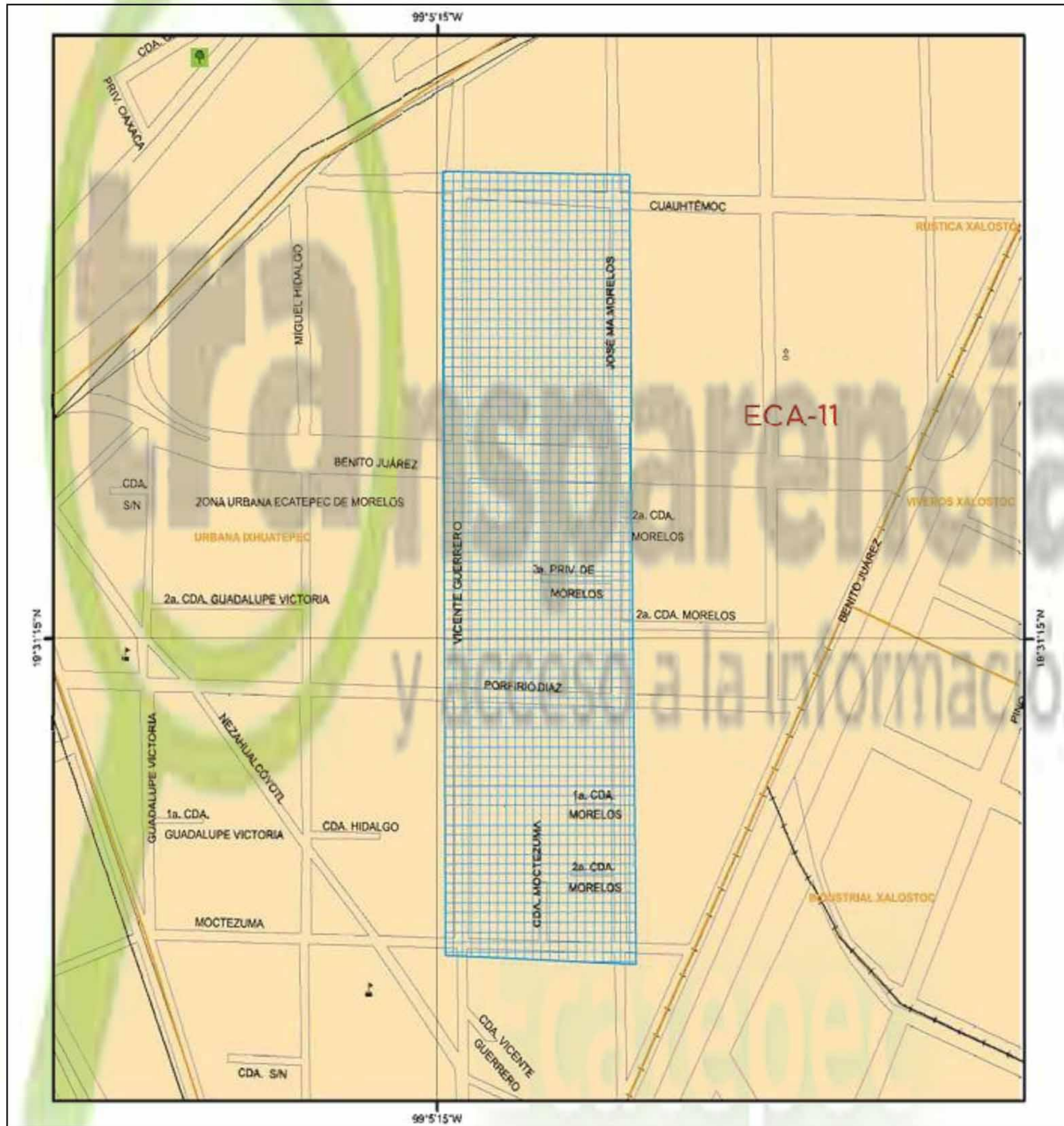


Figura 5.22. Zona de inundación en La Urbana Ixhuatepec en el año 2012. Fuente: CAEM.

## La Guadalupana y Las Brisas

Desde el año 2007 se han registrado inundaciones recurrentes en las colonias Privadas de Ecatepec y Las Brisas, a causa de infraestructura hidráulica insuficiente que colapsa cuando bajan aguas broncas de las laderas de la Sierra de Guadalupe. En el año 2012, las inundaciones afectaron a 2500 personas de 500 viviendas, las cuales fueron anegadas hasta por 50cm de tirante, mientras que las vialidades sufrieron hasta 80cm. El área total impactada ese año fue de 24,000m<sup>2</sup>.

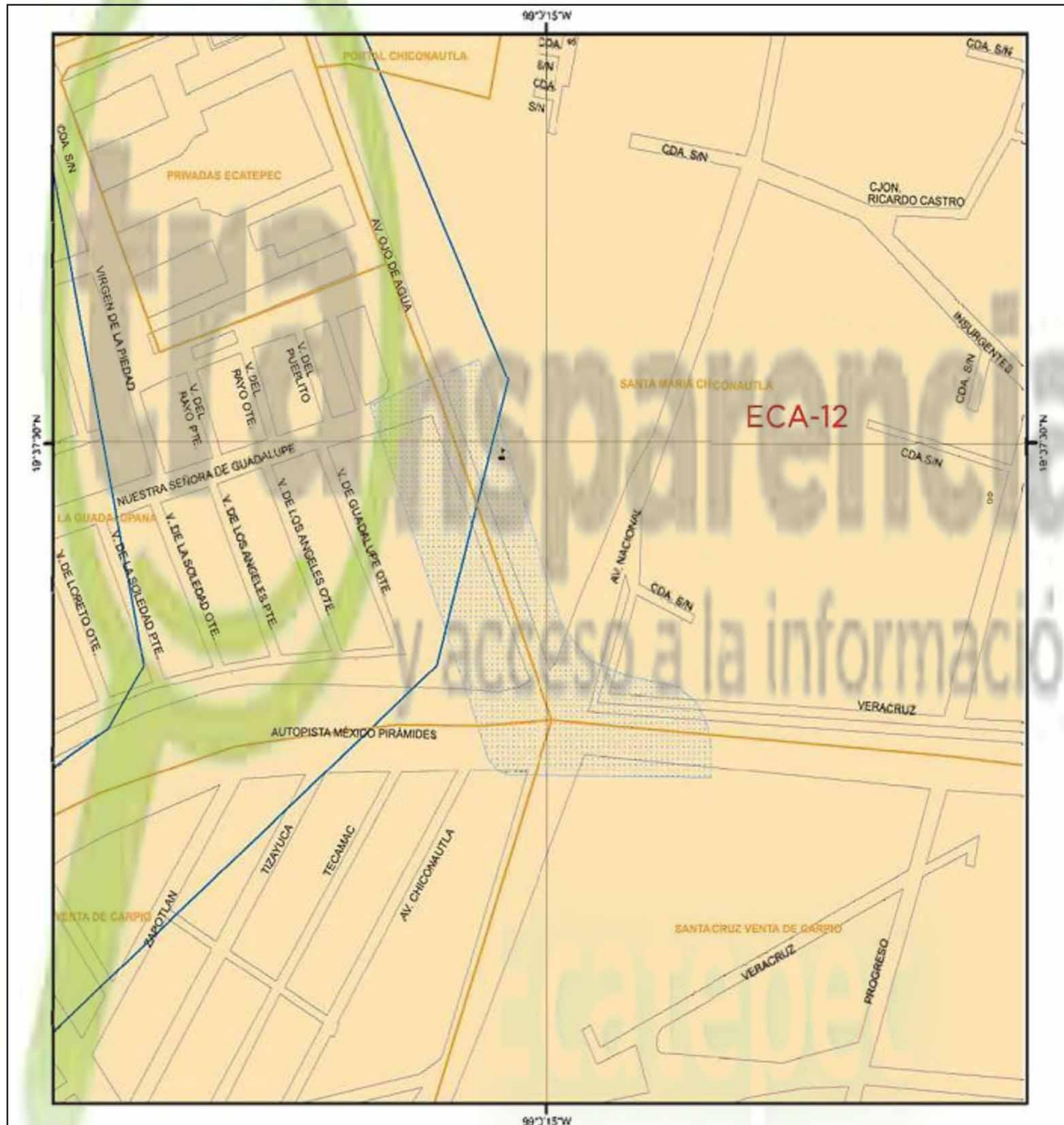


Figura 5.23. Zona de inundación en La Guadalupana y Las Brisas en el año 2012. Fuente: CAEM.



## Carlos Hank Gonzáles

En la colonia Hank Gonzáles, desde el año 2006 se han registrado inundaciones recurrentes debido a que la infraestructura hidráulica se torna insuficiente cuando bajan aguas broncas de las laderas adyacentes. En 2012 se afectaron por este fenómeno 19,000m<sup>2</sup>, incluyendo 100 viviendas con hasta un tirante de 40cm, y vialidades con un tirante de hasta 80cm. La población afectada fue de 500 habitantes.

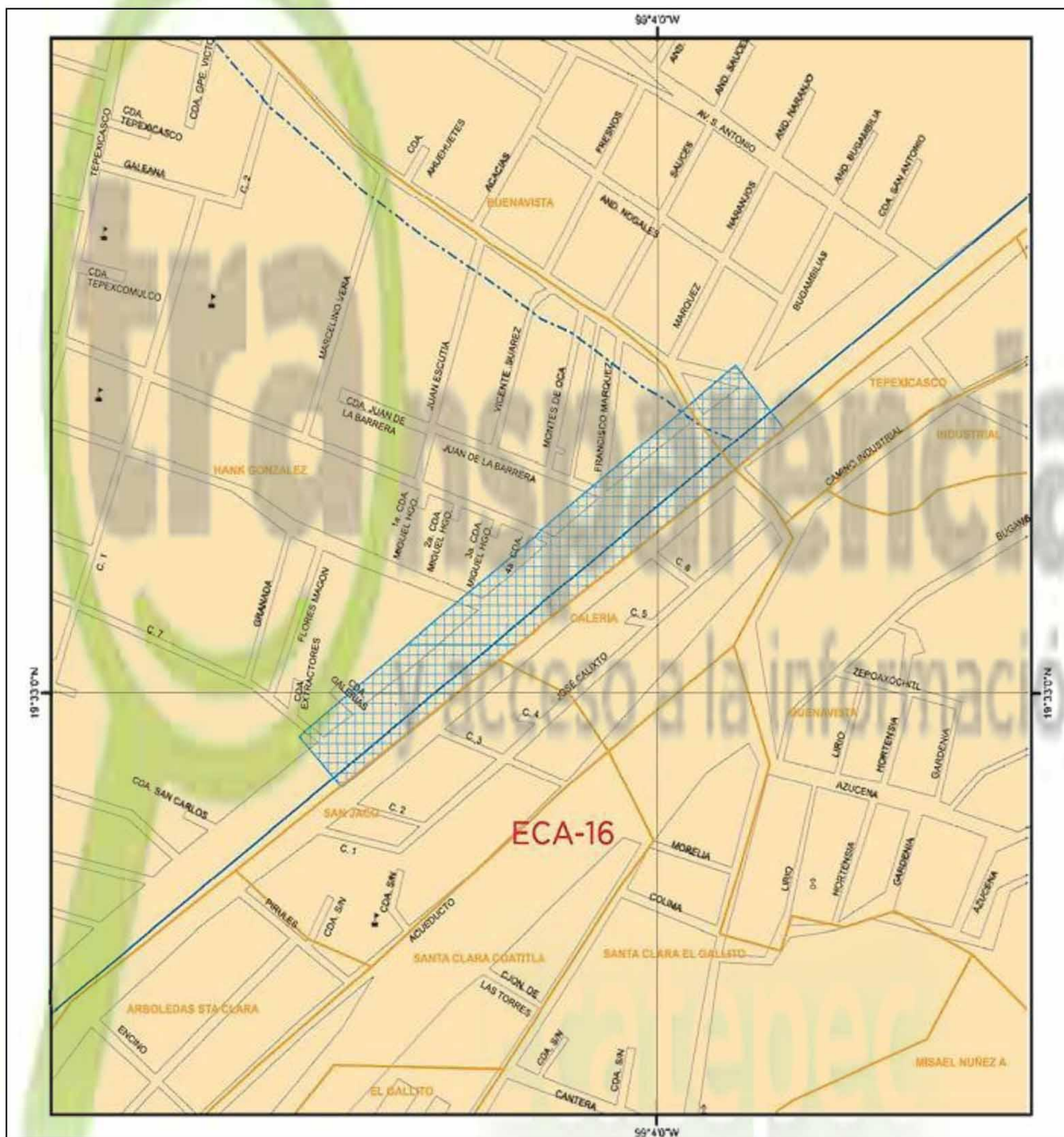


Figura 5.25. Zona de inundación en Carlos Hank Gonzáles en el año 2012. Fuente: CAEM.



## Río de Luz y Los Reyes Ecatepec

Se han presentado inundaciones recurrentes desde 2007, debido a que es una zona que gradualmente ha ido sufriendo asentamientos diferenciales del terreno, dañando a la infraestructura hidráulica de drenaje. Sin embargo, en el año 2012, las inundaciones fueron causadas principalmente debido al taponamiento del drenaje por la existencia de basura. Los eventos de ese año afectaron a 50 personas, 10 casas y 13,000m<sup>2</sup> de área, con tirantes de hasta 80cm en las vialidades y 50cm en las viviendas.

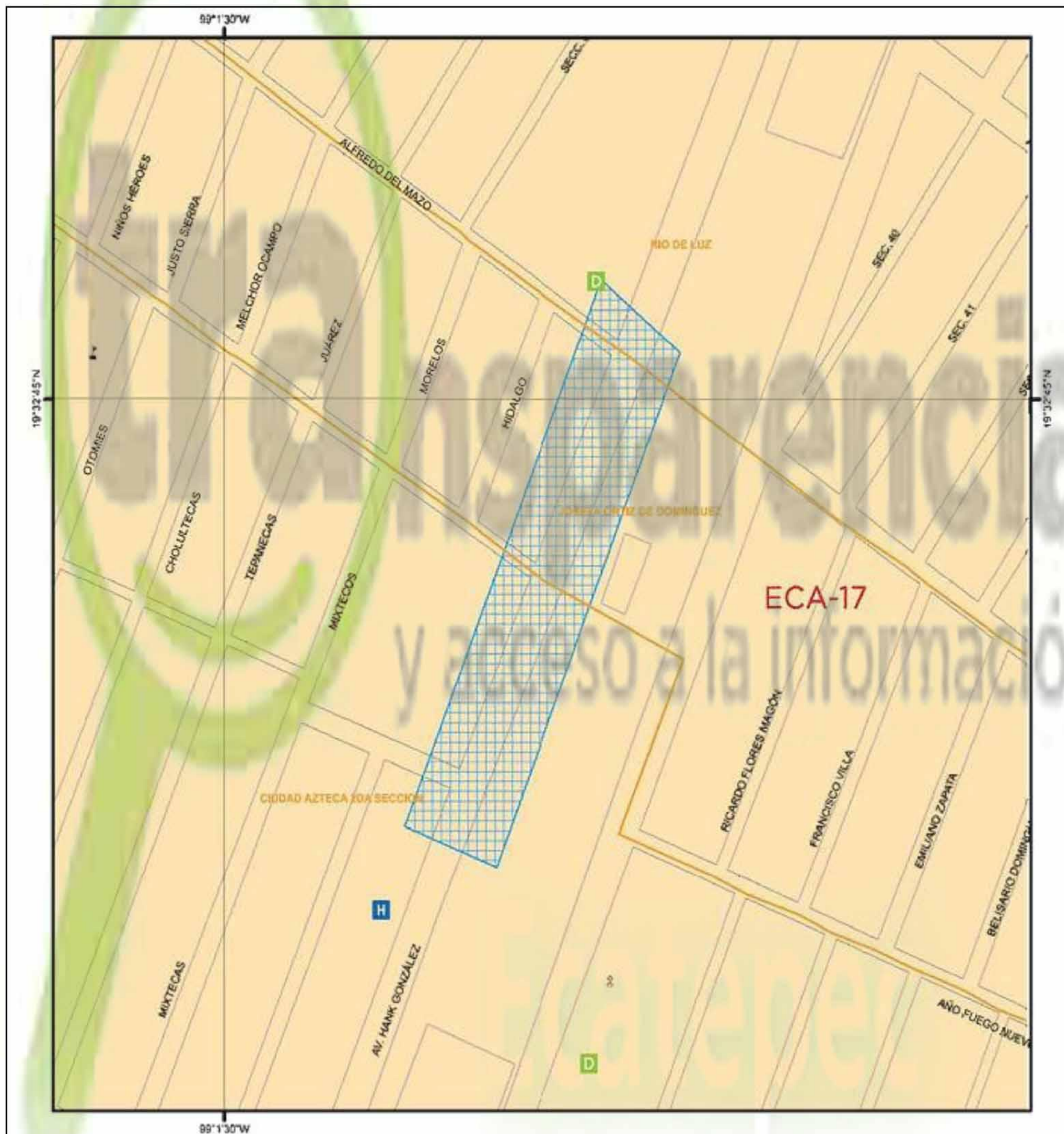


Figura 5.26. Zona de inundación en Río de Luz y Los Reyes Ecatepec en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Santa Clara y Rinconada Santa Clara

Desde el año 2005 se han registrado inundaciones constantes debido a la insuficiente red de drenaje que colapsa cuando bajan aguas broncas de las laderas adyacentes. En el 2012, la superficie afectada ascendió a 93,000m<sup>2</sup>, afectando a las vialidades con un tirante de hasta 30cm que impedía la circulación. No hubo población afectada en sus propiedades.

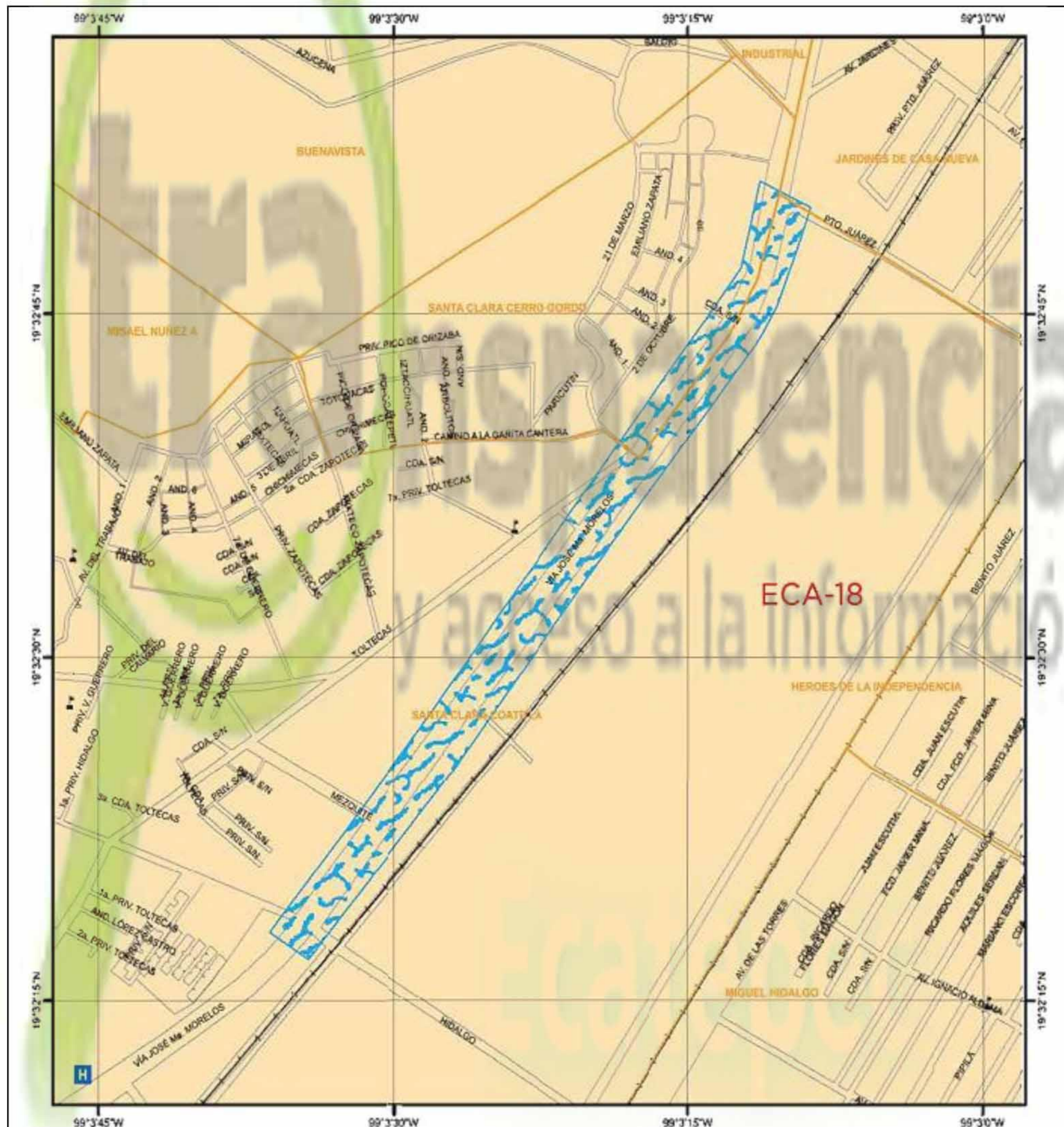


Figura 5.27. Zona de inundación en Santa Clara y Rinconada Santa Clara en el año 2012. Fuente: CAEM.

## La Estrella

La Estrella se inunda cada temporada de lluvias, tal y como se ha registrado desde el año 2007, principalmente debido a que es una zona baja que se ha ido asentando cada vez más. Adicionalmente, la capacidad del drenaje se ve sobrepasada cuando hay lluvias extraordinarias. En 2012, hubo una afectación de 334,000m<sup>2</sup> en varios eventos, que dejó como saldo 675 personas afectadas en sus propiedades, que se contabilizaron como 150 viviendas; el agua llegó hasta a 20cm sobre el piso. Las vialidades también fueron afectadas con inundaciones de hasta 40cm.

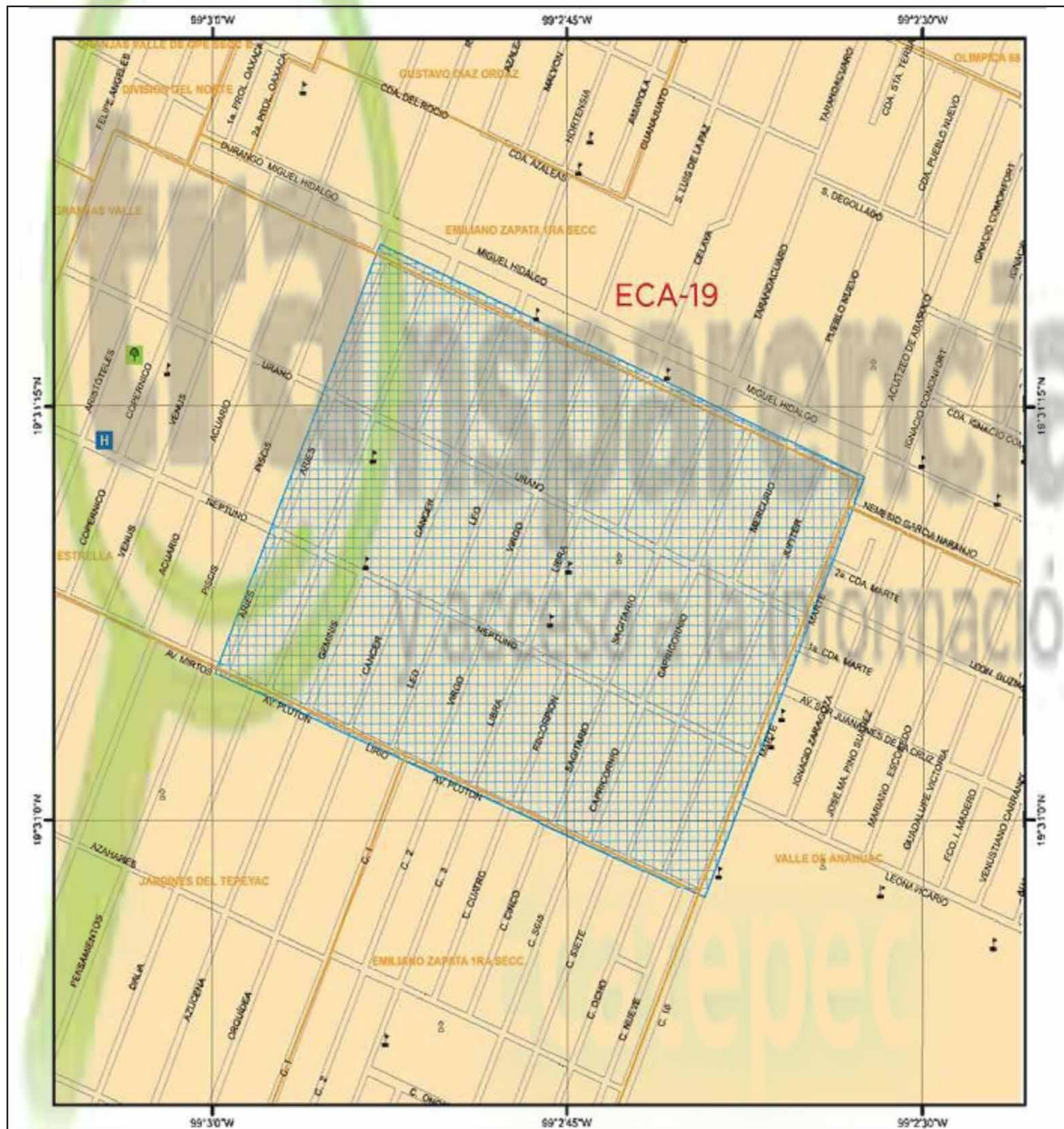


Figura 5.28. Zona de inundación en La Estrella en el año 2012. Fuente: CAEM.

## Emiliano Zapata 1ra Secc.

Desde el año 2004 se registran inundaciones en esta colonia debido a que existen asentamientos diferenciales del terreno que dislocan la infraestructura de drenaje existente, impidiendo que esta elimine el agua excedente de las lluvias. En el 2012 se afectaron 179,000m<sup>2</sup> de área, incluyendo 200 viviendas y 900 habitantes. Las viviendas fueron anegadas hasta por 20cm mientras que las vialidades lo fueron hasta por 50cm.

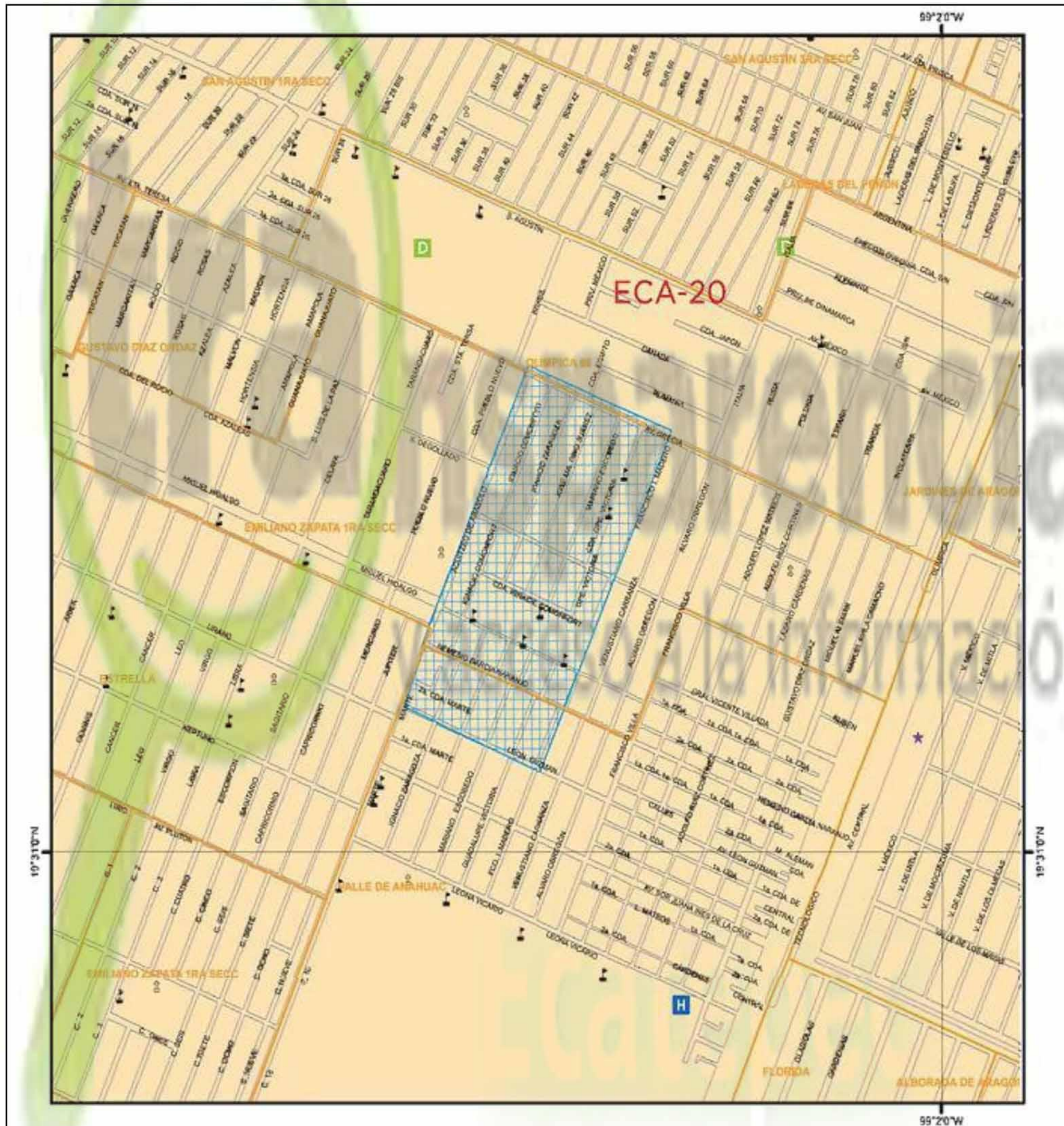


Figura 5.29. Zona de inundación en Emiliano Zapata 1ra Secc. en el año 2012. Fuente: CAEM.











## Bulevares de San Cristóbal, Residencial San Cristóbal, El Calvario

En esta zona se han presentado inundaciones recurrentes desde el año de 2010, debido a la bajada de aguas broncas de laderas de la Sierra de Guadalupe, y a que es un lugar donde se han asentado de manera irregular viviendas que no cuentan con servicios de drenaje suficiente. En el 2012, se afectaron 266,000m<sup>2</sup>, incluyendo 15 viviendas, 50 locales comerciales, y un edificio de gobierno. El agua llegó a tener 10cm de tirante, mientras que en las vialidades hubo hasta 40cm.

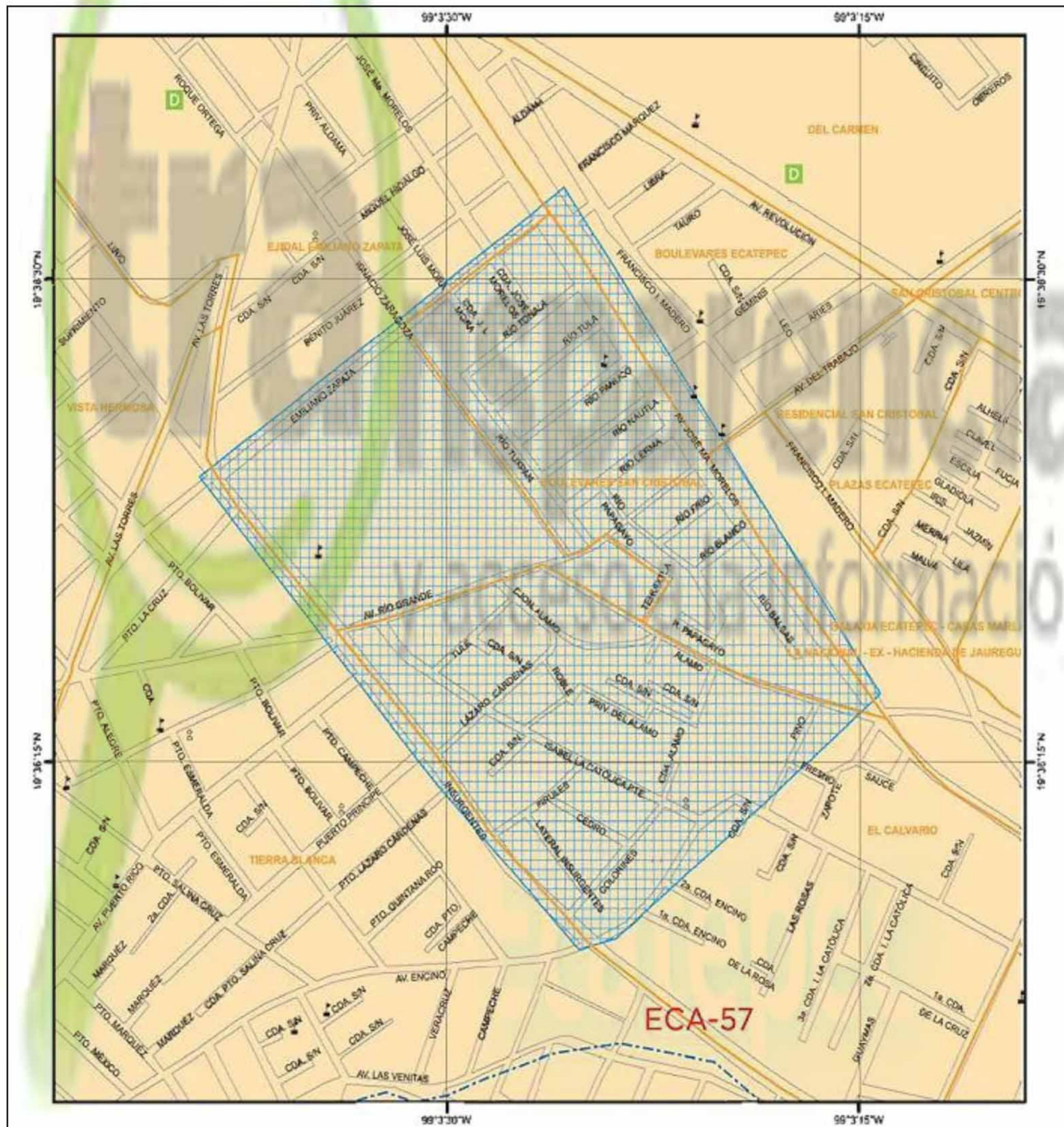


Figura 5.34. Zona de inundación en Bulevares de San Cristóbal, Residencial San Cristóbal, El Calvario en el año 2012. Fuente: CAEM.

## División del Norte

En esta zona se registró una inundación en el año 2012, la cual abarcó una superficie de 37,000m<sup>2</sup>, que afectó a 300 personas, 67 casa y 5 locales comerciales, con un tirante de 10cm, mientras que en las vialidades llegó a tener hasta 40cm.

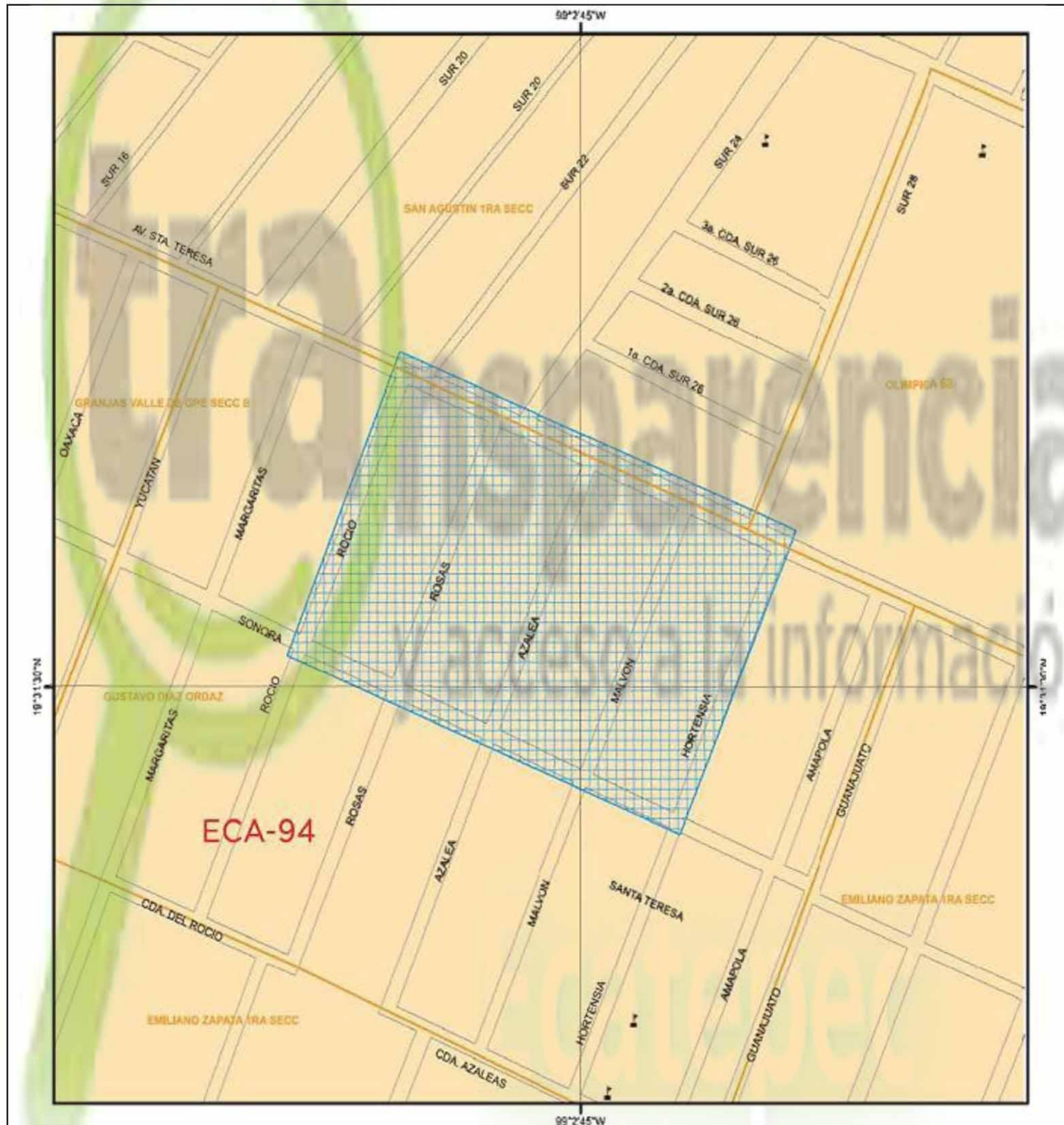


Figura 5.35. Zona de inundación en División del Norte en el año 2012. Fuente: CAEM.



La identificación de vulnerabilidad por inundación, permite estimar el grado de exposición a partir de la ubicación de las casas y propiedades de los habitantes respecto a la cercanía del arroyo y de las características de las viviendas. La medición de la vulnerabilidad por inundaciones que se manejará en este texto se refiere solamente a los bienes que tiene la población dentro de sus viviendas, conocida como “menaje” o “enseres”.

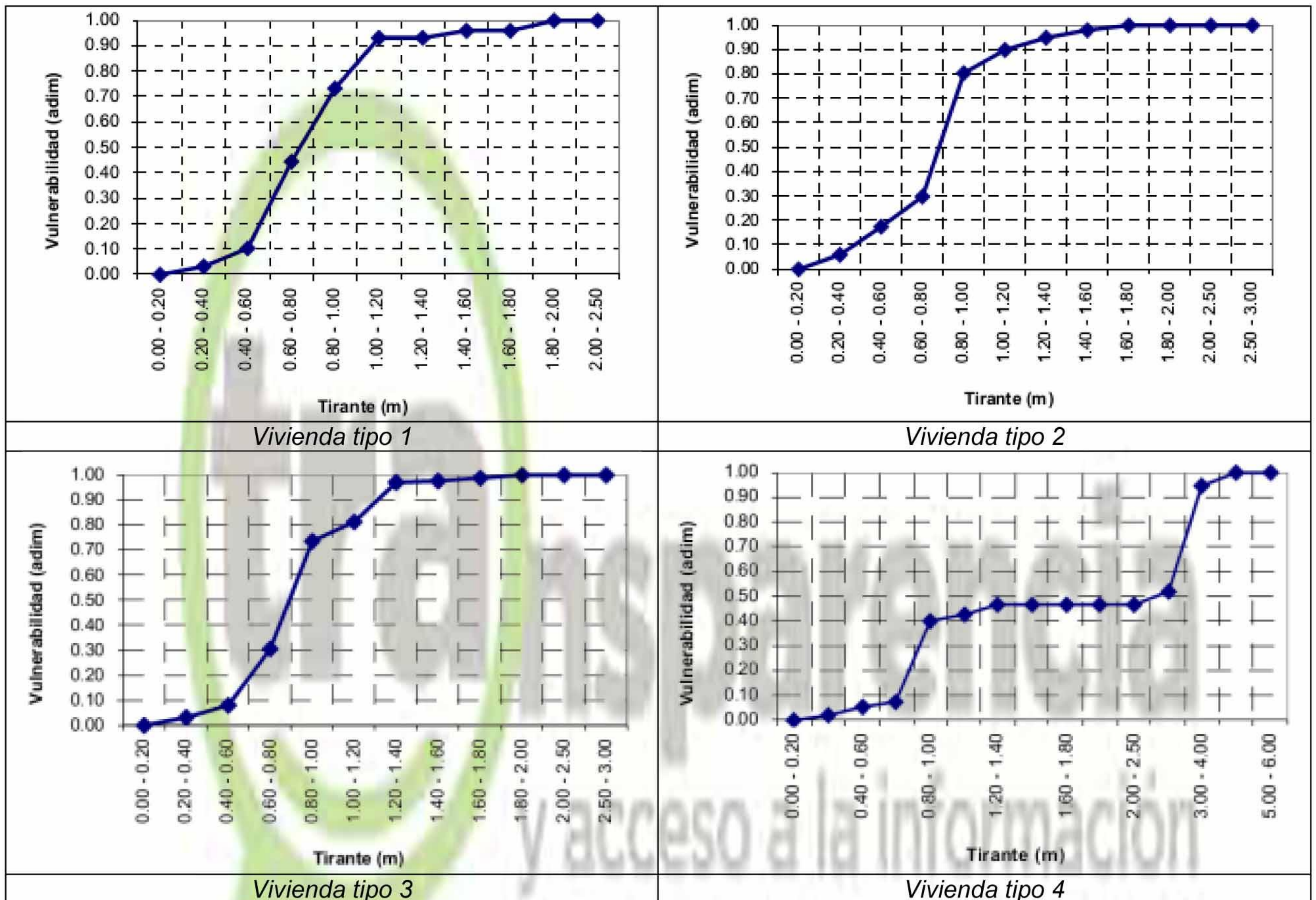
El conocimiento de los materiales de construcción es importante para cuantificar la vulnerabilidad de una vivienda. Las viviendas podrán clasificarse en cinco niveles de acuerdo con el material y tipo de construcción, para poder inferir su capacidad de respuesta ante una inundación. Para estimar las funciones de vulnerabilidad para cada tipo de vivienda se usa una serie de configuraciones de muebles y enseres menores; posteriormente se lleva a cabo una cuantificación del porcentaje de los daños ocasionados en cada caso, en función del nivel que alcance el agua que entra en la casa. El tipo de vivienda, que tiene valores de I a V, puede verse en la siguiente tabla.

Tipo de vivienda	Índice de vulnerabilidad	Características	Costo del menaje
I	Muy Alto	Este tipo corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un solo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el menaje es el mínimo indispensable.	\$12,500.00
II	Alto	Hogares de clase baja, la vivienda puede ser de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto al menaje, las diferentes habitaciones cuentan con sus muebles propios y están más o menos definidas.	\$50,000.00
III	Medio	Hogares de clase baja, similar al tipo II, pero con techos más resistentes, construida la mayoría de las veces sin elementos estructurales. El menaje corresponde al necesario para las diferentes habitaciones, como en el anterior nivel; sin embargo, se consideran de mayor calidad y por lo tanto un mayor costo.	\$150,500.00
IV	Bajo	Clase media, vivienda de interés social, construida la mayoría de las veces con elementos estructurales. El menaje que se ha seleccionado corresponde con el de una casa típica de una familia de profesionistas que ejercen su carrera y viven sin complicaciones económicas.	\$300,000.00
V	Muy Bajo	Tipo residencial, construida con acabados y elementos decorativos que incrementan sustancialmente su valor. El menaje está formado por artículos de buena calidad y con muchos elementos de comodidad.	\$450,000.00

Tabla 5.32 Índice de vulnerabilidad a inundaciones en función del tipo de vivienda. Fuente: CENAPRED.

Adicionalmente se presenta la función de vulnerabilidad correspondiente a cada caso, según sea el tipo de vivienda al que se haga referencia. Para cada caso se presenta sobre el eje de las abscisas (x) el

nivel alcanzado por el agua (tirante), en metros, mientras que en el eje de las ordenadas (y) el valor corresponde al porcentaje de daños esperados en la vivienda.



Grafica 5.4 Función de vulnerabilidad a inundación por tipo de vivienda. Fuente: CENAPRED.

En cuanto al riesgo, este es una función del peligro y vulnerabilidad, por lo que su cálculo se realizó en función del siguiente parámetro:

$$R = (P \cdot V) / 2$$

En este sentido se procura que tanto la probabilidad de peligro, así como los grados de vulnerabilidad vayan de 1 a 5, donde 1 es muy bajo y 5 muy alto.

En general, se establece que el riesgo por inundaciones en el Municipio de Ecatepec, es **MUY ALTO**.



# Capítulo 6 Anexos

## 6.1 Glosario

**AGEB.** Acrónimo de Área Geoestadística Básica. Las AGEB son delimitaciones de pequeñas zonas geográficas con información estadística censal similar. Las AGEB urbanas delimitan una parte o el total de una localidad de 2,500 habitantes o más, o bien, una cabecera municipal, independientemente de su número de pobladores, en conjuntos que generalmente van de 25 a 50 manzanas; y las AGEB rurales enmarcan una superficie cuyo uso del suelo es predominantemente agropecuario y en ellas se encuentran distribuidas las localidades menores a 2,500 habitantes, que para fines operativos, se han denominado como localidades rurales.

**Cuenca.** Es un área que tiene una salida única para su escurrimiento superficial. En otros términos, una cuenca es la totalidad del área drenada por un río o su afluente, tales que todo el escurrimiento natural originado en tal área es descargado a través de una única salida.

**Daño.** La pérdida o menoscabo sufrido en la integridad o en el patrimonio de una persona determinada o entidad pública como consecuencia de los actos u omisiones en la realización de las actividades con incidencia ambiental. Por lo que deberá entenderse como daño a la salud de la persona la incapacidad, enfermedad, deterioro, menoscabo, muerte o cualquier otro efecto negativo que se le ocasione directa o indirectamente por la exposición a materiales o residuos, o bien daño al ambiente, por la liberación, descarga, desecho, infiltración o incorporación de uno o más de dichos materiales o residuos en el agua, el suelo, el subsuelo, en los mantos freáticos o en cualquier otro elemento natural o medio.

**Desastre.** Se define como el estado en que la población de una o más entidades federativas, sufre severos daños por el impacto de una calamidad devastadora, sea de origen natural o antropogénico, enfrentando la pérdida de sus miembros, infraestructura o entorno, de tal manera que la estructura social se desajusta.

**Falla.** Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual ha habido movimiento relativo, es decir, un bloque respecto del otro. Se habla particularmente de falla activa cuando en ella se han localizado focos de sismos o bien, se tienen evidencias de que en tiempos históricos ha habido desplazamientos. El desplazamiento total puede variar de centímetros a kilómetros dependiendo del tiempo durante el cual la falla se ha mantenido activa (años o hasta miles y millones de años). Usualmente, durante un temblor grande, los desplazamientos típicos son de uno o dos metros.

**Fractura.** Superficie de ruptura en rocas a lo largo de la cual no ha habido movimiento relativo, de un bloque respecto del otro.

**Geotecnia.** Aplicación de principios de ingeniería, a la ejecución de obras públicas en función de las características de los materiales de la corteza terrestre.

**Helada.** Cuando la temperatura ambiente es igual o inferior a 0°C.



**Huracán.** Sistema de vientos con movimientos de rotación, traslación y convección en espiral, semejante a un gigantesco torbellino, cuya fuerza de sus vientos se extiende a cientos de kilómetros sobre las aguas tropicales.

**Intensidad (sísmica).** Número que se refiere a los efectos de las ondas sísmicas en las construcciones, en el terreno natural y en el comportamiento o actividades del hombre. Los grados de intensidad sísmica, expresados con números romanos del I al XII, correspondientes a diversas localidades se asignan con base en la escala de Mercalli. Contrasta con el término magnitud que se refiere a la energía total liberada por el sismo.

**HEC-RAS.** Modelo de dominio público desarrollado del Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU, surge como evolución del conocido y ampliamente utilizado HEC-2, con varias mejoras con respecto a éste, entre las que destaca la interfase gráfica de usuario que facilita las labores de preproceso y postproceso.

**Isobara.** Línea que une puntos con igual valor de presión atmosférica.

**Isoterma.** Línea que une puntos o lugares con igual valores de temperatura.

**Isoyeta.** Es una línea trazada sobre un mapa sinóptico con la que se unen puntos (representación de una estación meteorológica), donde se registra igual cantidad de precipitación.

**Licuefacción:** Comportamiento pseudo-líquido de una o varias capas de suelo provocado por una elevada presión intersticial que genera un movimiento en la superficie. Se manifiesta en arenas sueltas (limosas saturadas o muy finas redondeadas) y se localiza en zonas costeras, sobre las riberas o llanuras inundables de los ríos (Ortiz y Zamorano, 1998). Es importante determinar si el espesor de la arena en el terreno tiende de 1 a 10 metros, y si el agua subterránea se localiza a menos de 10 metros de profundidad, pues todos estos aspectos indican zonas potenciales a la licuefacción en caso de que ocurra un sismo.

**Magnitud (de un sismo).** Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Dicho valor no depende, como la intensidad, de la presencia de pobladores que observen y describan los múltiples efectos del sismo en una localidad dada. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw).

**Masa de aire.** Volumen extenso de la atmósfera cuyas propiedades físicas, en particular la temperatura y la humedad en un plano horizontal muestran solo diferencias pequeñas y graduales. Una masa puede cubrir una región de varios millones de kilómetros cuadrados y poseer varios kilómetros de espesor.

**Ola de calor.** Calentamiento importante del aire o invasión de aire muy caliente, sobre una zona extensa; suele durar de unos días a una semana.

**Peligro o peligrosidad.** Evaluación de la intensidad máxima esperada de un evento destructivo en una zona determinada y en el curso de un período dado, con base en el análisis de probabilidades

**Periodo de retorno.** Es el tiempo medio, expresado en años, que tiene que transcurrir para que ocurra un evento en que se exceda una medida dada.



**Precipitación.** Partículas de agua en estado líquido o sólido que caen desde la atmósfera hacia la superficie terrestre.

**Prevención.** Conjunto de acciones y mecanismos tendientes a reducir riesgos, así como evitar o disminuir los efectos del impacto destructivo de los fenómenos perturbadores sobre la vida y bienes de la población, la planta productiva, los servicios públicos y el medio ambiente.

**Protección.** El conjunto de políticas y medidas para mejorar el ambiente y controlar su deterioro.

**Rehabilitación.** El conjunto de acciones tendientes en hacer apto y retornar un lugar a las condiciones funcionales ambientales originales.

**Residuo.** Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó.

**Riesgo.** Probabilidad de que se produzca un daño, originado por un fenómeno perturbador (Ley General de Protección Civil); la UNESCO: define el riesgo como la posibilidad de pérdida tanto en vidas humanas como en bienes o en capacidad de producción. Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula:  $\text{riesgo} = \text{vulnerabilidad} \times \text{valor} \times \text{peligro}$ . En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualesquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etcétera), expuestos a un evento destructivo. La vulnerabilidad es una medida del porcentaje del valor que puede ser perdido en el caso de que ocurra un evento destructivo determinado. El último aspecto, peligro peligrosidad, es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algunas de las manifestaciones destructivas de la calamidad..

**Sequía.** Situación climatológica anormal que se da por la falta de precipitación en una zona, durante un período de tiempo prolongado. Esta ausencia de lluvia presenta la condición de anómala cuando ocurre en el período normal de precipitaciones para una región bien determinada. Así, para declarar que existe sequía en una zona, debe tenerse primero un estudio de sus condiciones climatológicas.

**Sismicidad.** La ocurrencia de terremotos de cualquier magnitud en un espacio y periodo dados.

**Solana.** Lado de las montañas hacia donde inciden mayormente los rayos solares a lo largo del día o durante el año.

**SWMM (Storm Water Management Model).** Modelo hidrológico de la Agencia del Medio Ambiente norteamericana (EPA) para el análisis de cuencas urbanas y redes de alcantarillado. El modelo permite simular tanto la cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos.

**Tasa de Excedencia.** Definida como el número medio de veces, en que por unidad de tiempo, ocurre un evento que exceda cierta intensidad.

**Tectónica.** Teoría del movimiento e interacción de placas que explica la ocurrencia de los terremotos, volcanes y formación de montañas como consecuencias de grandes movimientos superficiales horizontales.

**Terremoto (sismo o temblor).** Vibraciones de la Tierra causado por el paso de ondas sísmicas irradiadas desde una fuente de energía elástica.



**Tormenta eléctrica.** Precipitación en forma tempestuosa, acompañada por vientos fuertes y rayos, que es provocada por una nube del género cumulonimbos.

**Tsunami (o maremoto).** Ola con altura y penetración tierra adentro superiores a las ordinarias, generalmente causada por movimientos del suelo oceánico en sentido vertical, asociado a la ocurrencia de un terremoto de gran magnitud con epicentro en una región oceánica.

**Vulnerabilidad.** Se define como la susceptibilidad o propensión de los sistemas expuestos a ser afectados o dañados por el efecto de un sistema perturbador, es decir el grado de pérdidas esperadas; facilidad con la que un sistema puede cambiar su estado normal a uno de desastre, por los impactos de una calamidad (ver riesgo).

## 6.2 Bibliografía

- Bando Municipal 2013 de Ecatepec de Morelos, Gaceta Municipal Reserva No. 01238/09, 5 de Febrero 2013, H. Ayuntamiento de Ecatepec de Morelos.
- Comisión del Agua del Estado de México, Atlas de Inundaciones 12, Cuenca del Valle de México - Pánuco, Ecatepec de Morelos, México 2012.
- INEGI, Carta Geológica E14-2 esc. 1:250000
- INEGI, Carta Topográfica E14A29, E14B21, E14A39 y E14B31 Esc. 1:50000
- INEGI, Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI, México.
- INEGI, Conjunto de datos vectoriales de la serie recursos naturales, INEGI.
- INEGI, Conjunto vectorial de Uso de Suelo y Vegetación Serie IV INEGI Carta E14-2 escala 1:250000
- INEGI, Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Fisiográfica 1:1 000,000 serie I. INEGI 2010.
- INEGI, Prontuario de Información Geográfica Municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Ecatepec de Morelos, México. INEGI 2009.
- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, Estadísticas Básicas de Ecatepec de Morelos, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Finanzas, 2011
- Instituto de Información e Investigación Geográfica, Estadística y Catastral del Estado de México, Boletín de Estadísticas Vitales, Gobierno del Estado de México, Secretaría de Finanzas, 2011.
- Lugo H., Diccionario Geomorfológico, UNAM. México 1989.
- Nota periodística, Adelante Diario de los Mexiquenses, 10 de mayo 2012, Colapsan Socavones a Comunas de Ecatepec, consultada en: <http://adelanteenlanoticia.com/?p=4777>
- Nota periodística, Azteca Noticias, 14 de mayo 2013, Reportan inundaciones de hasta 70 cm en Ecatepec, consultada en: <http://www.aztecanoticias.com.mx/notas/estados-y-df/154711/reportan-inundaciones-de-hasta-70-cm-en-ecatepec>
- Nota periodística, Diario Portal, 7 de julio 2011, Por nuevas contingencias Ecatepec actualiza Atlas de Riesgos, consultada en: <http://diariportal.com/2011/07/07/por-nuevas-contingencias-ecatepec-actualiza-atlas-de-riesgos/>





- Nota periodística, Edomex al día, 24 de junio 2012, Detectan en Ecatepec 36 puntos susceptibles a inundación, consultada en: <http://www.edomexaldia.com.mx/2012/06/detectan-en-ecatepec-36-puntos-susceptibles-a-inundacion/>
- Nota periodística, El Economista, 16 de abril 2011, Granizada provoca inundación en Ecatepec, consultada en: <http://eleconomista.com.mx/estados/2011/04/16/granizada-provoca-inundacion-ecatepec>
- Nota periodística, El Sol de Toluca, 10 de mayo de 2012, Se registraron 70 hundimientos en vialidades de Ecatepec en 8 meses, consultada en: <http://www.oem.com.mx/elsoldetoluca/notas/n2536644.htm>
- Nota periodística, El Universal, 05 de octubre de 2000, En riesgo de desplomarse 2,800 casas de Ecatepec, consultada en: <http://www.eluniversal.com.mx/estados/17531.html>
- Nota periodística, El Universal, 09 de mayo 2012, Tuberías colapsadas provocan hundimientos en Ecatepec, consultada en: <http://www.eluniversaledomex.mx/ecatepec/nota29462.html>
- Nota periodística, El Universal, 26 de julio 2013, Fuerte granizada provoca inundaciones en Ecatepec, consultada en: <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/fuerte-granizada-provoca-inundaciones-en-ecatepec-938532.html>
- Nota periodística, El Universal, 6 de septiembre 2009, Identifican 18 puntos de riesgo de inundaciones en Ecatepec, consultada en: <http://www.eluniversal.com.mx/notas/624699.html>
- Nota periodística, La Jornada, 1 de julio 2011, Se desborda el río Los Remedios; inundaciones en Neza y Ecatepec, consultada en: <http://www.jornada.unam.mx/2011/07/01/estados/032n1est>
- Nota periodística, La Jornada, 15 de julio 2012, En Ecatepec, en 20 minutos de lluvias se inunda una casa, consultada en: <http://www.jornada.unam.mx/2012/07/15/estados/029n1est>
- Nota periodística, La Jornada, 3 de enero de 2006, A punto del colapso, cientos de casas en Ecatepec; tienen daños severos, consultada en: <http://www.jornada.unam.mx/2006/01/03/index.php?section=estados&article=027n1est>
- Nota periodística, La Jornada, 5 de febrero 2010, Desbordamiento inunda 4 mil viviendas en Ecatepec y Neza, consultada en: <http://www.jornada.unam.mx/2010/02/05/estados/027n1est>
- Nota periodística, La Razón, 12 de octubre 2011, Hundimiento por lluvias en Ecatepec, consultada en: <http://razon.mx/spip.php?article94720>
- Nota periodística, Línea Directa, 6 de octubre 2012, En riesgo 150 familias de Ecatepec, consultada en: <http://www.lineadirectaportal.com/publicacion.php?noticia=100397>
- Nota periodística, Milenio, 24 de mayo 2013, En riesgo, 30 mil habitantes de Edomex por inundaciones, consultada en: <http://www.jornada.unam.mx/2010/02/05/estados/027n1est>
- Nota periodística, Milenio, 24 de octubre 2012, Identifican cinco zonas de riesgo extremo en Ecatepec, consultada en: <http://edomex.milenio.com/cdb/doc/noticias2011/00eff9b81caf08a6aede199fbf6bbd36>
- Nota periodística, Publímetro, 9 Mayo 2012, Reportan hundimientos por antigüedad en drenaje en Ecatepec, consultada en: <http://www.publimetro.com.mx/noticias/reportan-hundimientos-por-antiguedad-en-drenaje-en-ecatepec/nlei!cMTfgf0ctXWInTfafFzOew/>
- Nota periodística, SinEmbargo, 12 de octubre 2011, Registran hundimiento por lluvias en Ecatepec, Edomex, consultada en: <http://www.sinembargo.mx/12-10-2011/55759>
- Secretaría de Desarrollo Agrario Territorial y Urbano, Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2013, SEDATU, México 2013.
- Servicio Meteorológico Nacional, Normales Climatológicas, CONAGUA-SMN
- Tapia Varela y López Blanco, Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México, IGg UNAM, 1999.