



Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Ecatepec 2013

SEDATU
SECRETARÍA DE
DESARROLLO AGRARIO,
TERRITORIAL Y URBANO



Fecha: Diciembre 2013
Entrega Final (3.0)
Número de Obra:
DA-IR-PRAH-10-13

Municipio de Ecatepec de Morelos
Estado de México

SIGEMA SA de CV
Av. Paseo de la Reforma 342, piso 26
Col. Juárez, México DF, CP 06600.
Tel: 0155.28.81.68.39
Web: sigema.com.mx
Email: contacto@sigema.com.mx



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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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.....	72
5.1.3 Tsunamis.....	86
5.1.4 Procesos de Remoción en Masa	86
5.1.5 Agrietamientos, Hundimientos y Subsistencia.....	116
5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico.....	126
5.2.1 Ondas cálidas y gélidas	126
5.2.2 Sequías	133
5.2.3 Heladas	142
5.2.4 Tormentas de Granizo	148
5.2.5 Tormentas de nieve	151
5.2.6 Ciclones tropicales	152
5.2.7 Tornados y Tormentas de polvo	153
5.2.9 Tormentas eléctricas	153
5.2.10 Lluvias extremas	157
5.2.11 Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres	160
5.3 Medidas preventivas para mitigación de riesgos.....	208
5.3.1 Medidas de mitigación de riesgos por Inundaciones	208
Capítulo 6 Anexos	210
6.1 Glosario.....	210
6.2 Bibliografía	213



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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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/o 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/o 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:



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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



- 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 156.06 km² 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 26, 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.

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
<i>Fenómenos Geológicos</i>		
Erupciones volcánicas	4	1:100,000
Sismos	3	1:100,000
Tsunamis	NA	NA
Inestabilidad de laderas	2	1:10,000
Flujos	1	1:25,000
Caídos o derrumbes	2	1:10,000
Hundimientos	1	1:10,000
Subsidencia	1	1:10,000
Agrietamientos	2	1:10,000
<i>Fenómenos Hidrometeorológicos</i>		
Ondas cálidas y gélidas	1	1:10,000



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



Fenómeno	Nivel de Análisis	Escala empleada
Sequías	3	1:100,000
Heladas	1	1:100,000
Tormentas de granizo	1	1:100,000
Tormentas de nieve	1	1:100,000
Ciclones tropicales	1	1:100,000
Tornados	1	1:100,000
Tormentas polvo	1	1:100,000
Tormentas eléctricas	2	1:100,000
Lluvias extremas	1	1:100,000
Inundaciones pluviales, fluviales y lacustres	3	1:1,000

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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

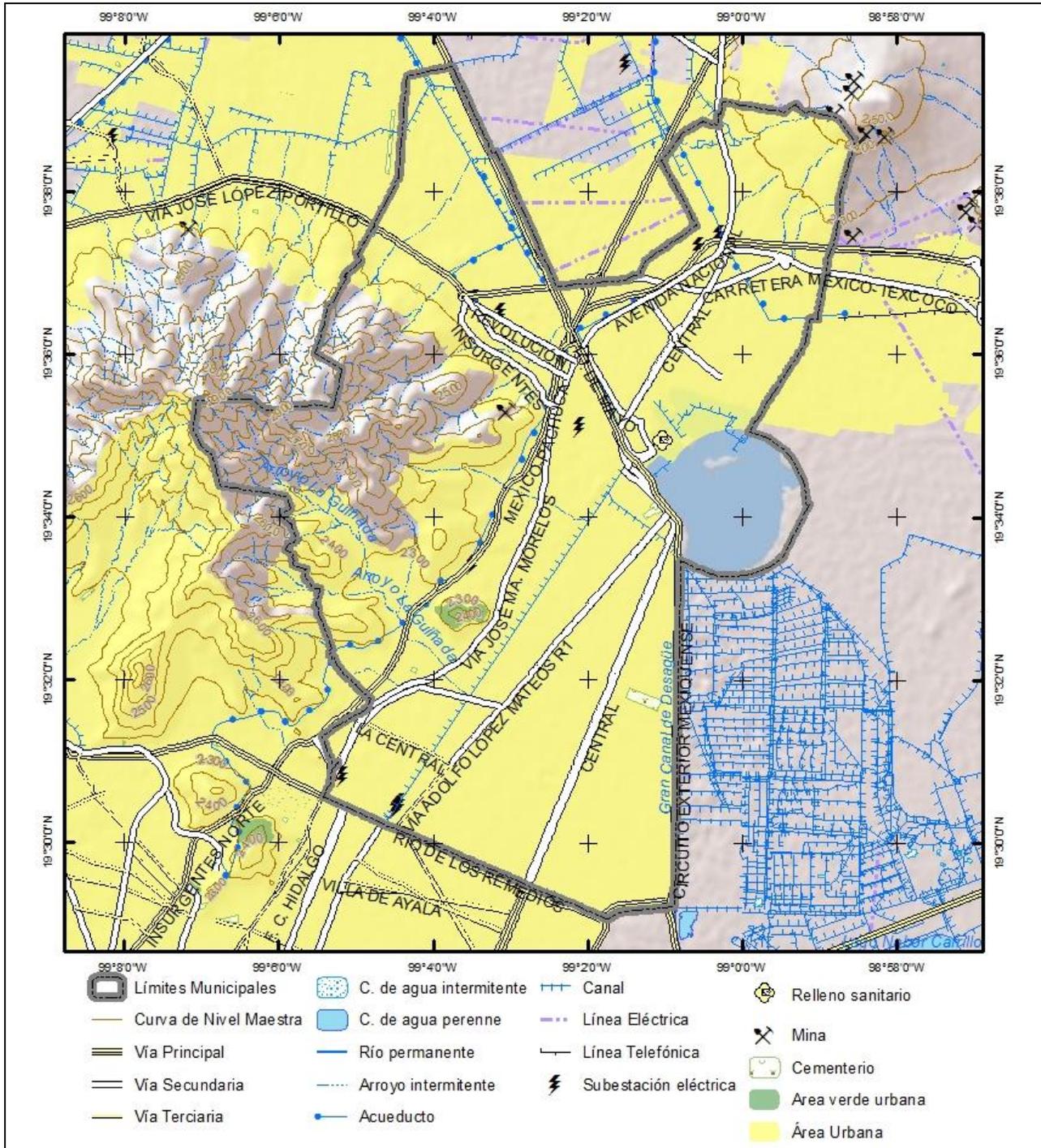


Figura 2.1 Mapa Base del Municipio de Ecatepec (Mapa Topográfico). Fuente: Cartas topográficas de INEGI.



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 topofomas 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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



- 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 ²	% 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

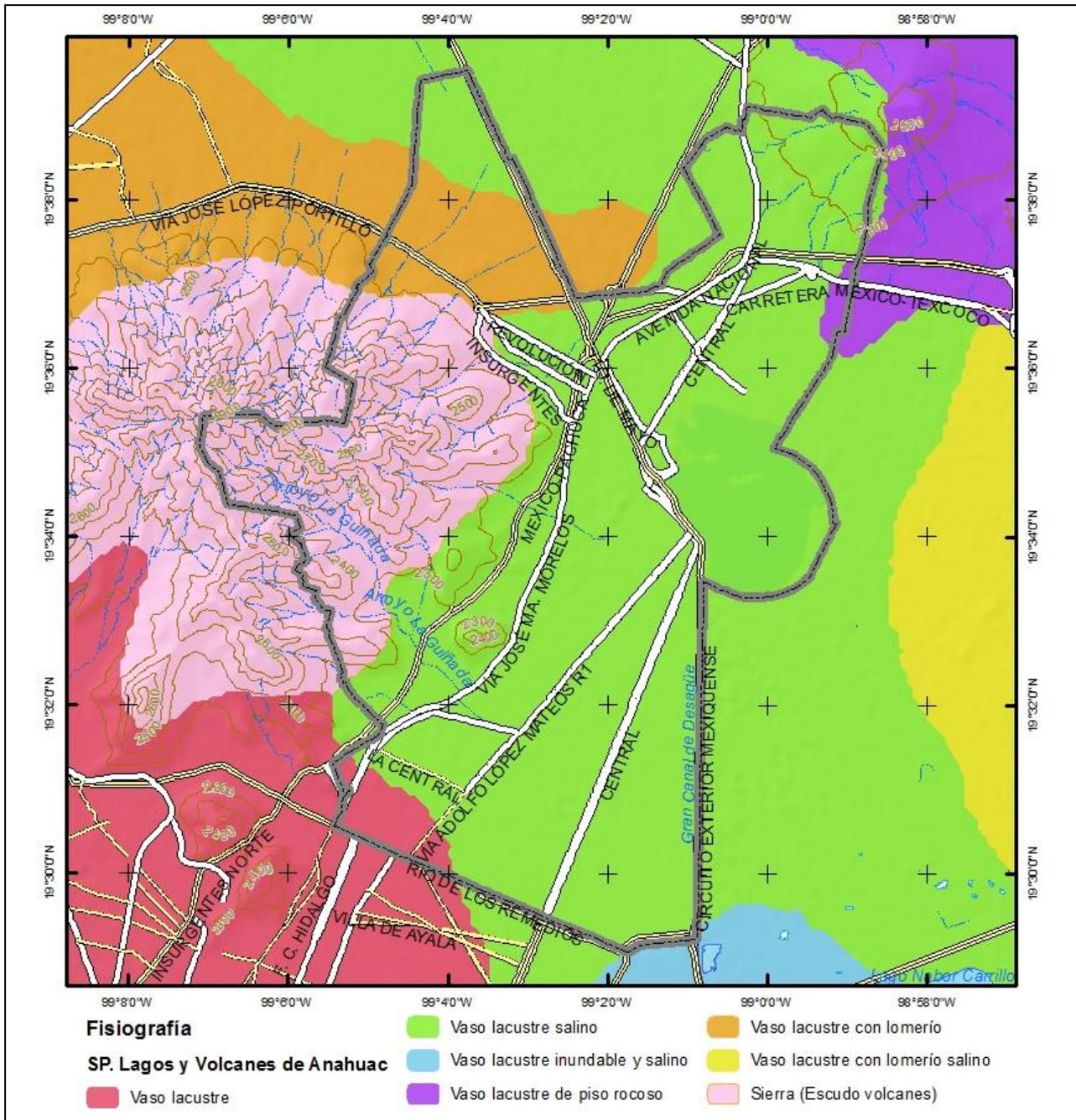


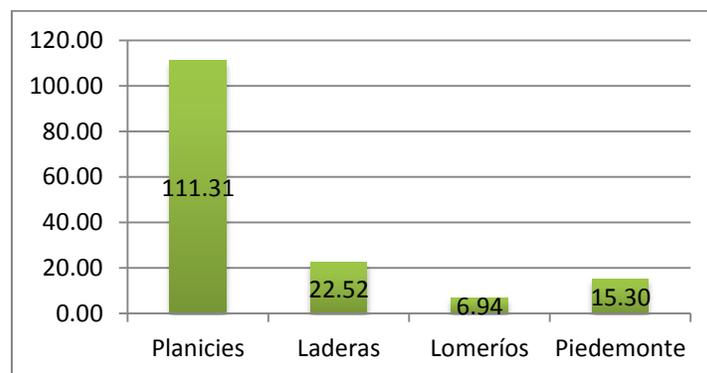
Figura 3.1 Mapa Fisiográfico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Carta Fisiográfica 1:1 000,000 serie I. INEGI



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 morfogenéticas.

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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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 morfo-genética	Descripción	Pendiente (grados)	Altitud (msnm)	Área (Km2)	% de Sup.
Planicie lacustre	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
Planicie aluvial	Constituida por depósitos clásticos, material aluvial y lahárico en forma de grava cubierto con tobas eólicas y aluviales.	0 - 4	2260 - 2300	59.04	37.8
Laderas montañosas bajas	Se forman a partir de derrames de lava.	8 - 22	2620 - 2740	19.88	12.7
Laderas montañosas altas	Formadas por derrames de lavas de andesita – basáltica a andesita, dacita y flujos piroclásticos.	6 - 16	2860 - 3020	0.83	0.5
Laderas montañosas medias	Conformadas por derrames lávicos de andesita, dacita y flujos piroclásticos.	20 - 44	3200 - 3320	0.83	0.5
Lomeríos volcánicos denudados	Compuestos por rocas básicas e intermedias, tobas, cenizas y depósitos epiclásticos	0 a 10	2420 - 2580	6.38	4.1
Lomeríos volcánicos	Formados por rocas epiclásticas ácidas e intermedias y flujos piroclástico.	0 - 14	2300 - 2460	0.56	0.4
Piedemonte denudatorio	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
Laderas montañosas tectonizadas	Conformadas por derrames de lava y material piroclástico.	4 - 14	2420 - 2540	0.98	0.6
Piedemonte denudatorio y tectonizado	Está compuesto por lavas, tobas, cenizas, flujos piroclástico, lahar y pómez.	0 - 6	2500 - 2740	5.41	3.5
Piedemonte de lahar	Están constituidos por pequeños abanicos de lavas, cenizas y flujos piroclásticos.	0 - 10	2260 - 2380	0.12	0.1

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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

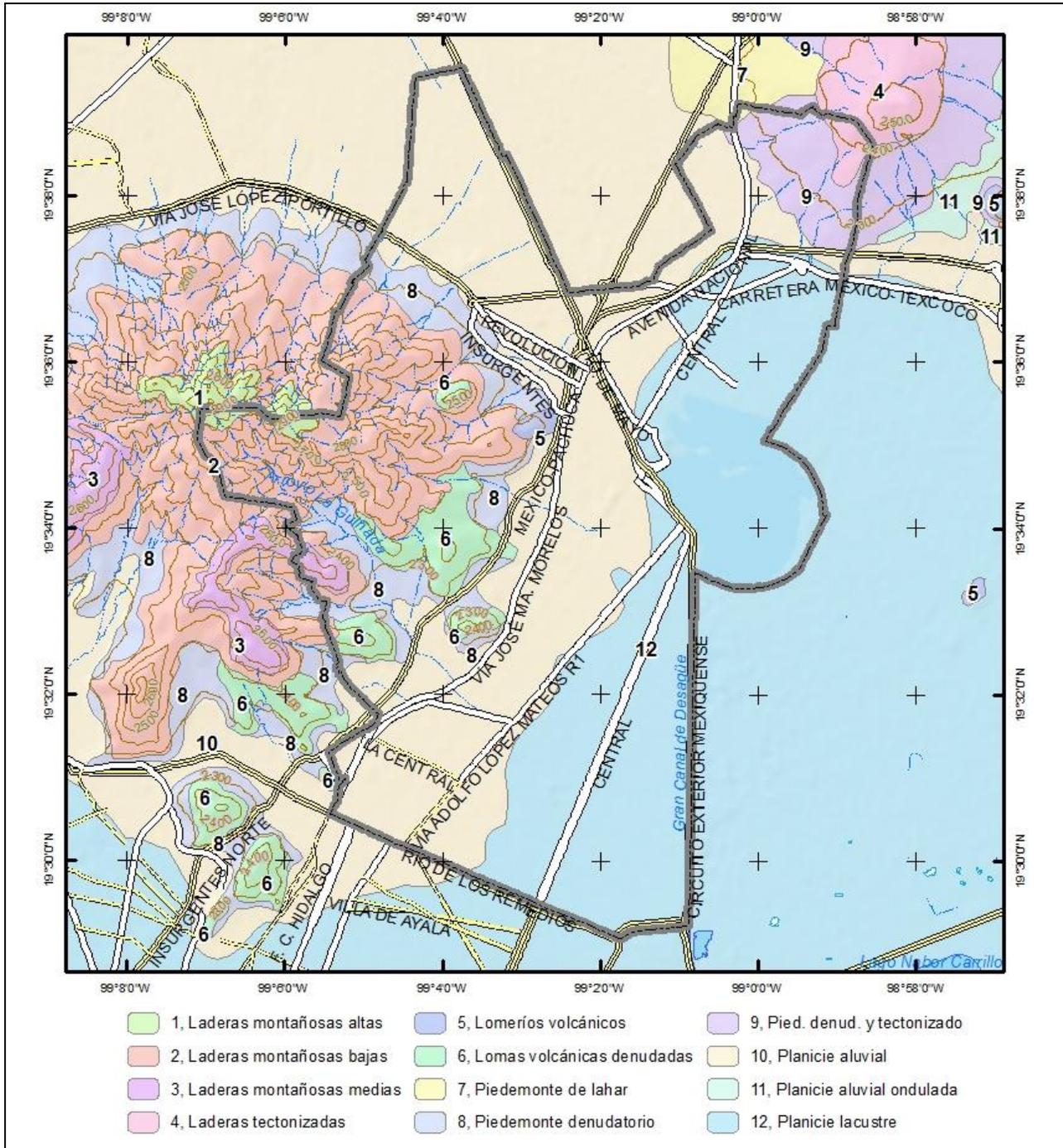
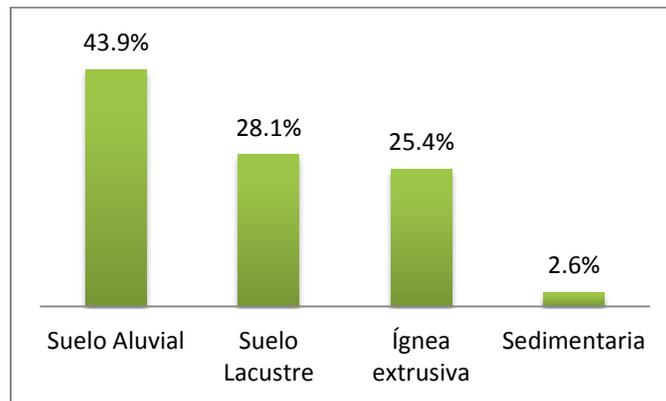


Figura 3.2 Mapa Geomorfológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Tapia Varela y López Blanco, IGg UNAM, 1999.



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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



Ts(bs)	debido a que los cantos experimentan abrasión y se redondean durante su transportación.		
Brecha Volcánica Básica Q(Bvb)	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
Suelo aluvial Q(al)	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
Suelo Lacustre Q(la)	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
Toba Básica Q(Tb)	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
Volcanoclástico Ts(Vc)	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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

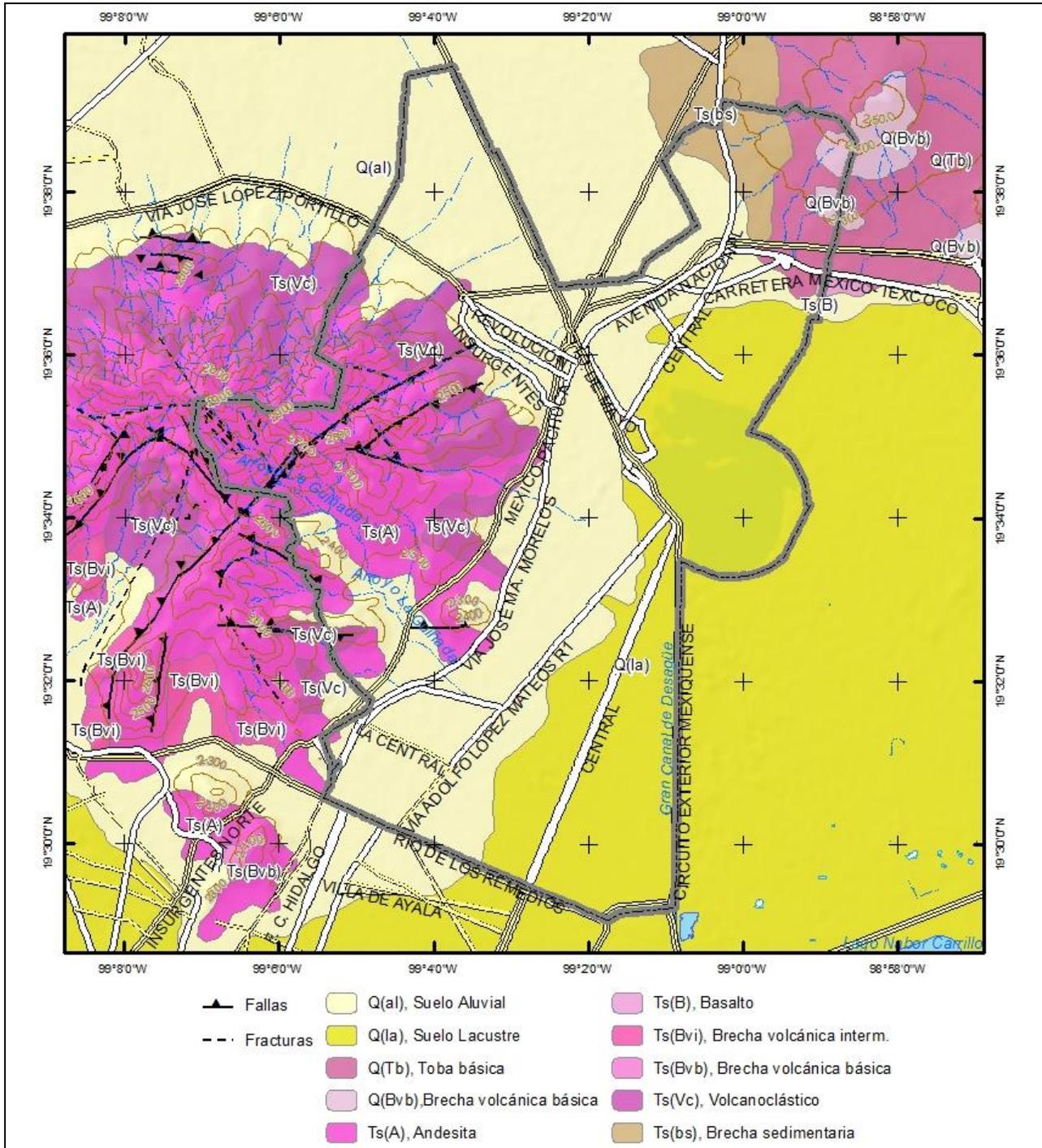


Figura 3.3 Mapa Geológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: Carta Geológica E14-2, INEGI



3.4 Edafología

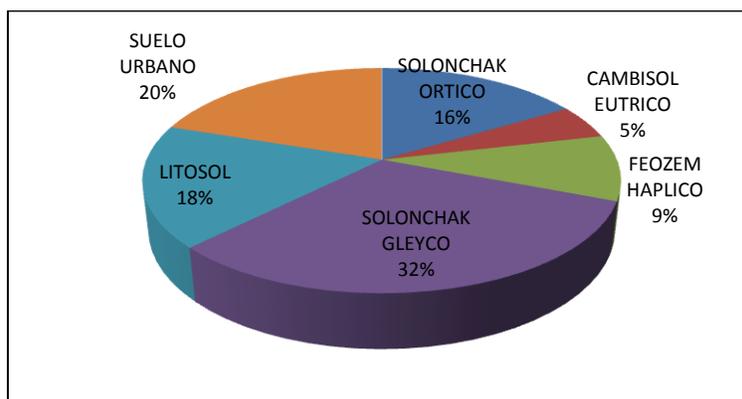
El suelo es uno de los principales soportes de la vida al igual que el agua y el aire, ocupa la mayor parte de superficie terrestre y sobre él se dan la mayor parte de las actividades humanas. Es considerado como una superficie de contacto donde interactúan varios factores que intervienen en su formación 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 Feozem háplico, 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 Cambisol eutríco 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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



Suelo	Características	Área (Km2)	% de superficie
Cambisol Eutrico	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
Feozem Háptico	El Feozem es un suelo con una capa superficial oscura, algo gruesa, rica en materia orgánica y con nutrientes. El Feozem Háptico no presenta ninguna propiedad especial.	14.76	9.5
Litosol	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, tepetate o caliche endurecido. Su susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales.	27.42	17.6
Solonchak Gleyco	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
Solonchak Ortico	Presenta las características definidas de la Unidad. No son aptos para actividades agrícolas.	25.63	16.4
Suelo urbano	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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

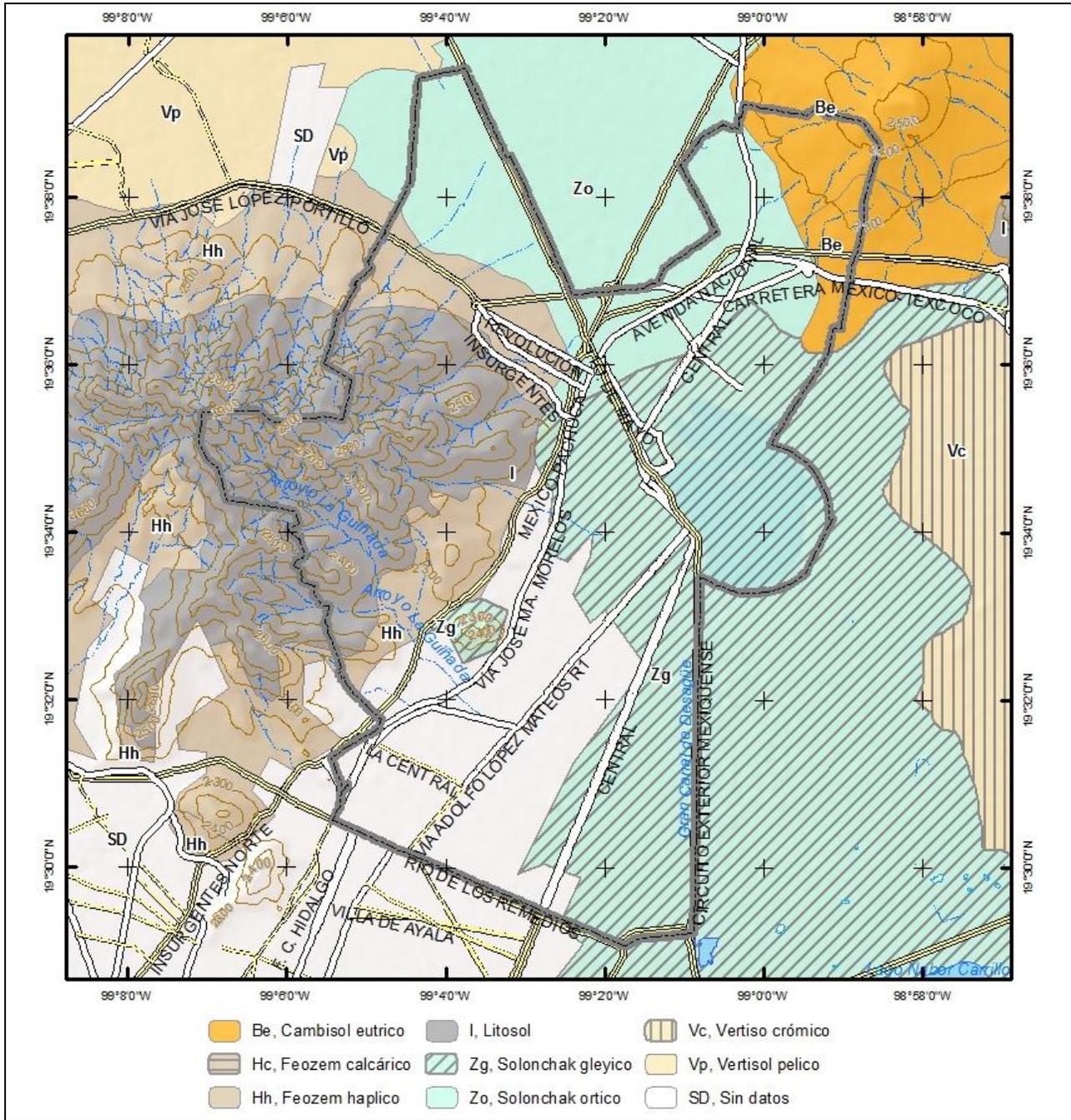


Figura 3.4 Mapa Edafológico del Municipio de Ecatepec. Fuente: INIFAP - CONABIO 1995



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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

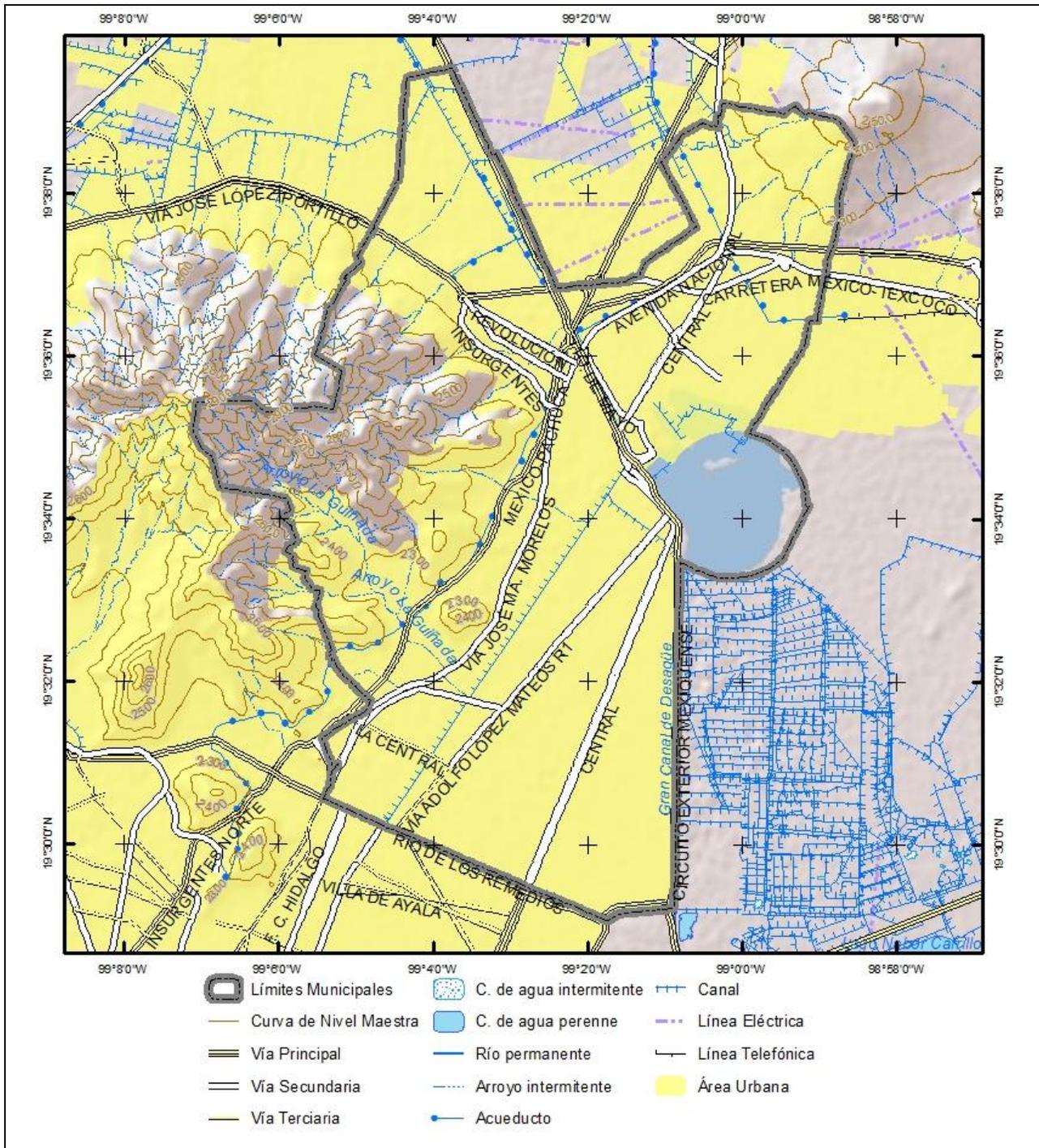


Figura 3.5 Mapa Hidrográfico del Municipio de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI



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 km², 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 Tamesi, 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 km²), 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, Cazones 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.

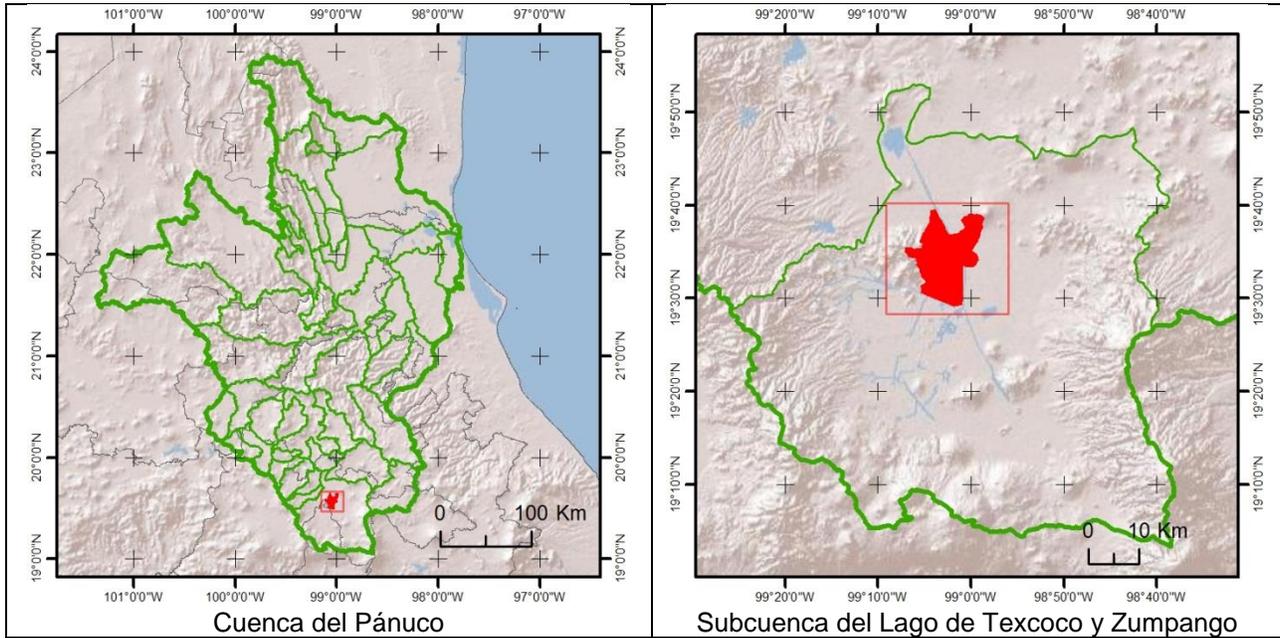


Figura 3.6 Mapa de Cuenca y Subcuenca a los que pertenece el Municipio de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI

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 ²)	% 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



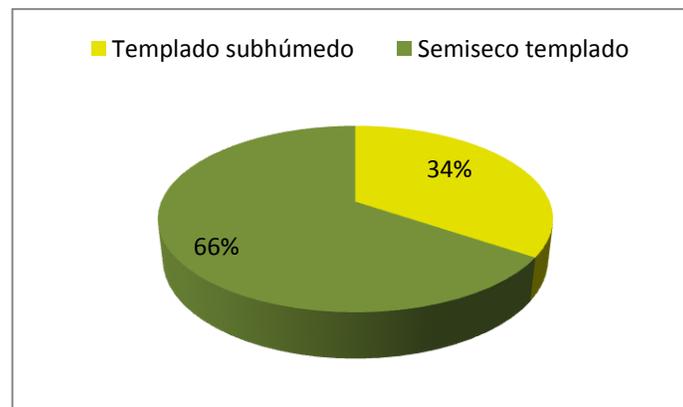
Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



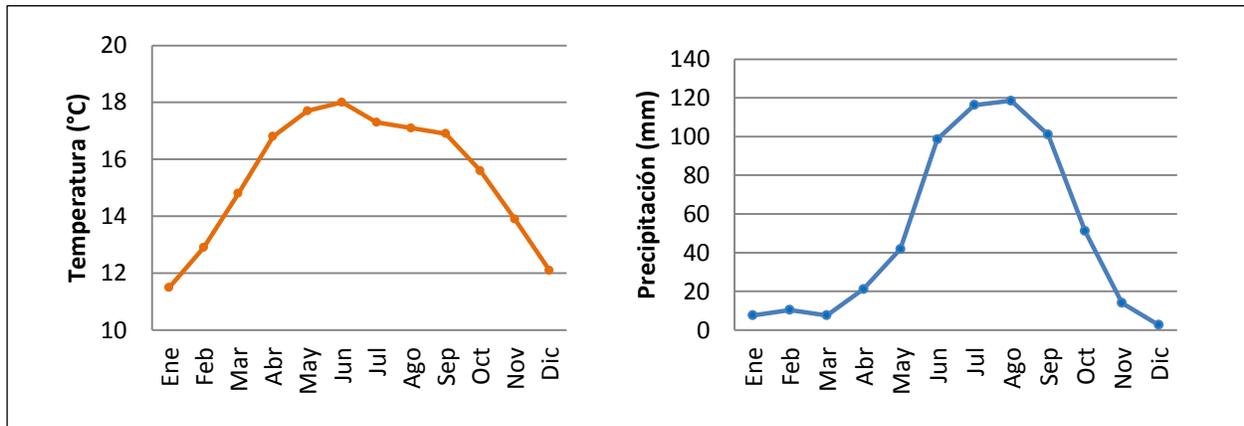
Clima	Descripción	Ubicación	Área (Km ²)	% de superficie
	anual de 200 a 1,800 mm y precipitación en el mes más seco de 0 a 40 mm; lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.	principalmente la isoyeta de 600mm.		
Bs1kw	Semiseco, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más 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.



Gráfica 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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

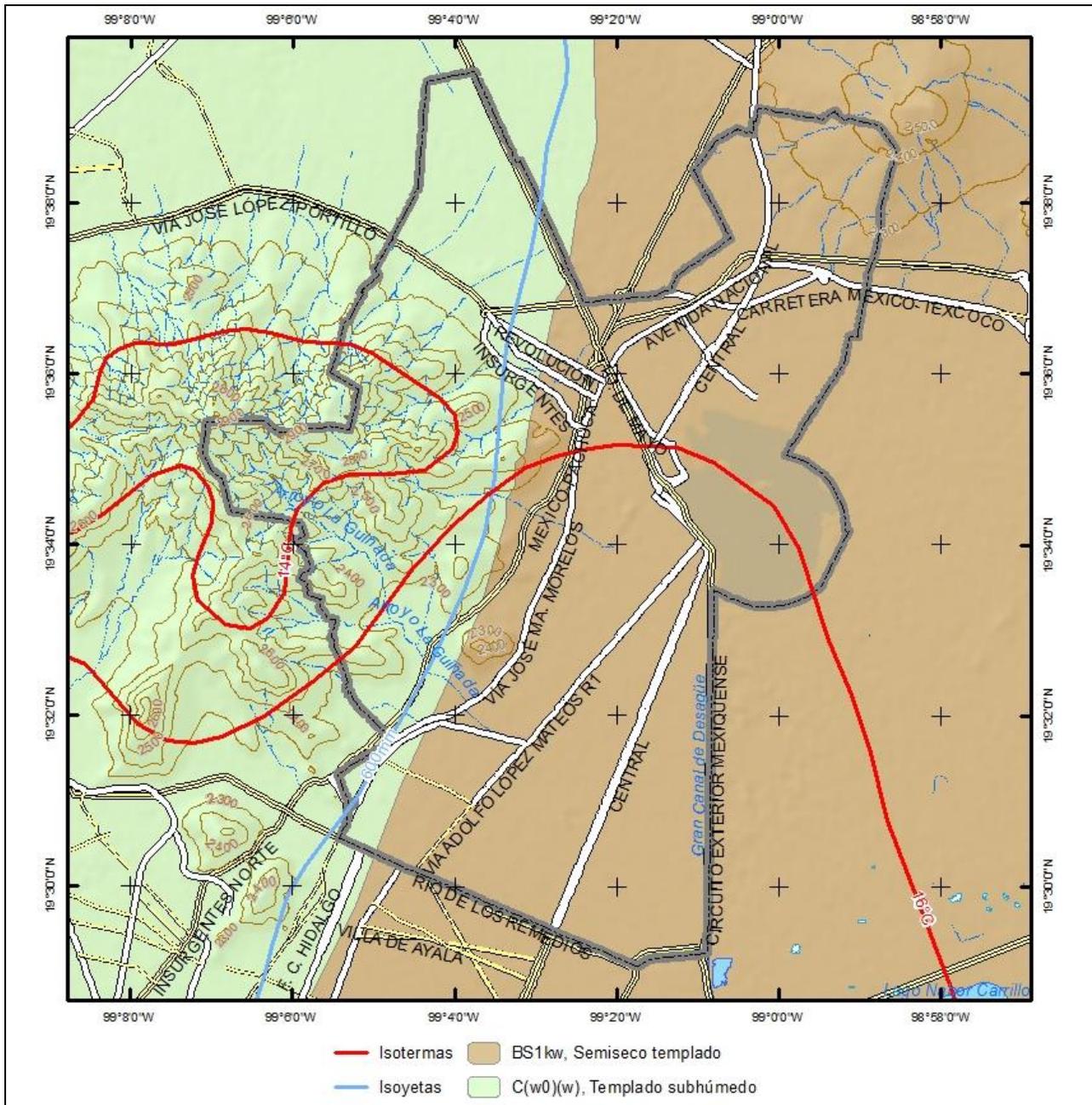


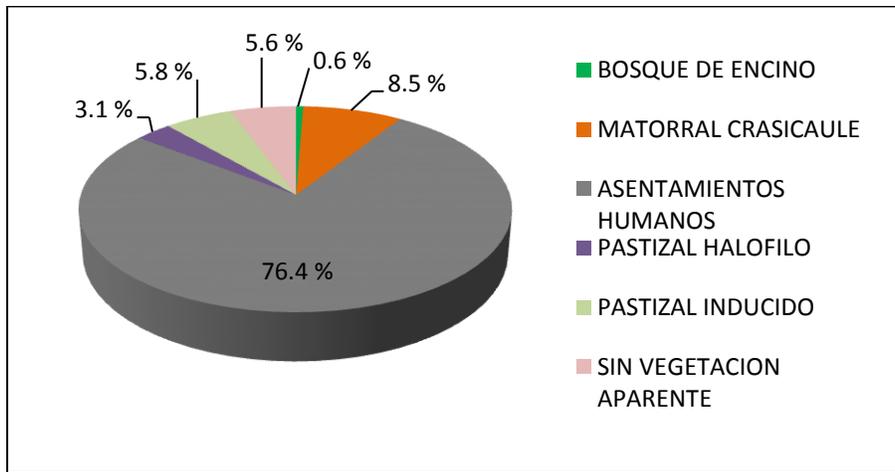
Figura 3.7 Mapa de Climas del Municipio de Ecatepec. Fuente: Conjunto de datos vectoriales de la Serie Recursos Naturales, INEGI



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
Bosque de encino	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
Matorral crasicaule	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
Asentamientos humanos	Ocupan la mayor parte del municipio.	119.26056	76.4
Pastizal halófilo	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
Pastizal inducido	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
Sin vegetación aparente	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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

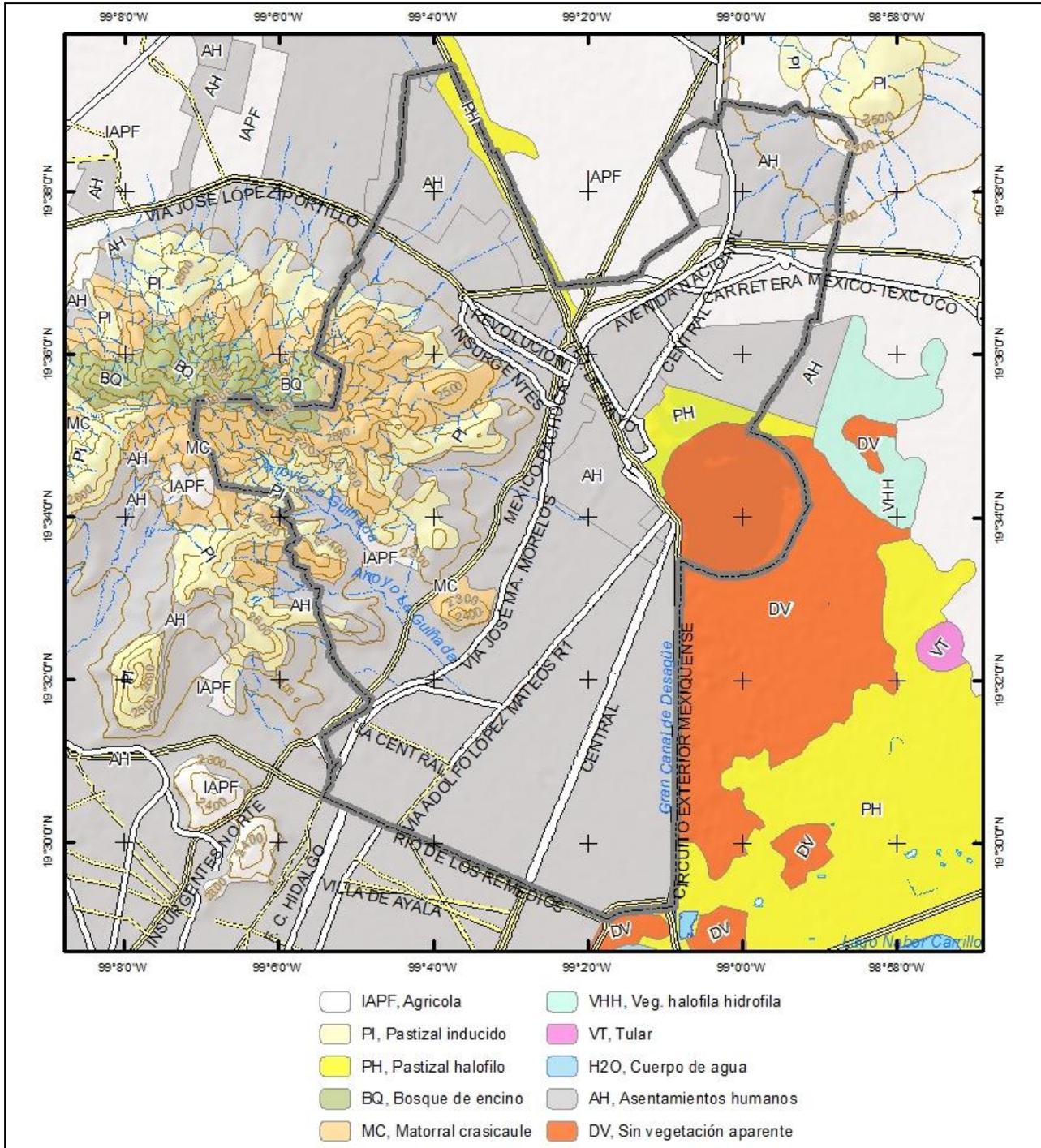


Figura 3.8 Mapa de Uso de Suelo y Vegetación en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI



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 s ubicadas 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 km², 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 km².

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.

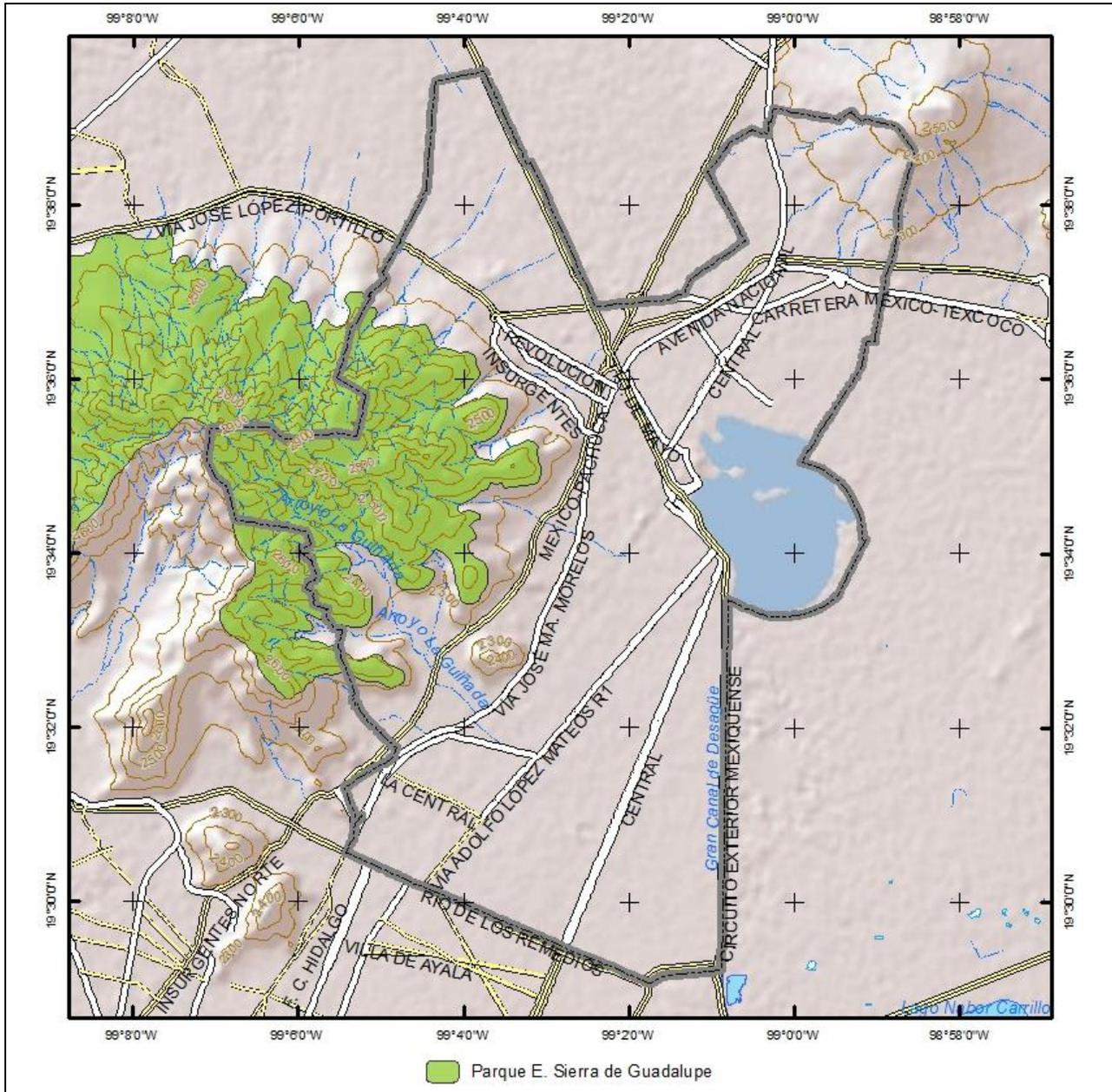


Figura 3.9 Mapa de Áreas Naturales Protegidas del Municipio de Ecatepec. Fuente: Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas.



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 dirigida a la población que pueda ser más susceptible a sufrir daños por los riesgos, ya sean estos naturales o provocados por el ser humano.

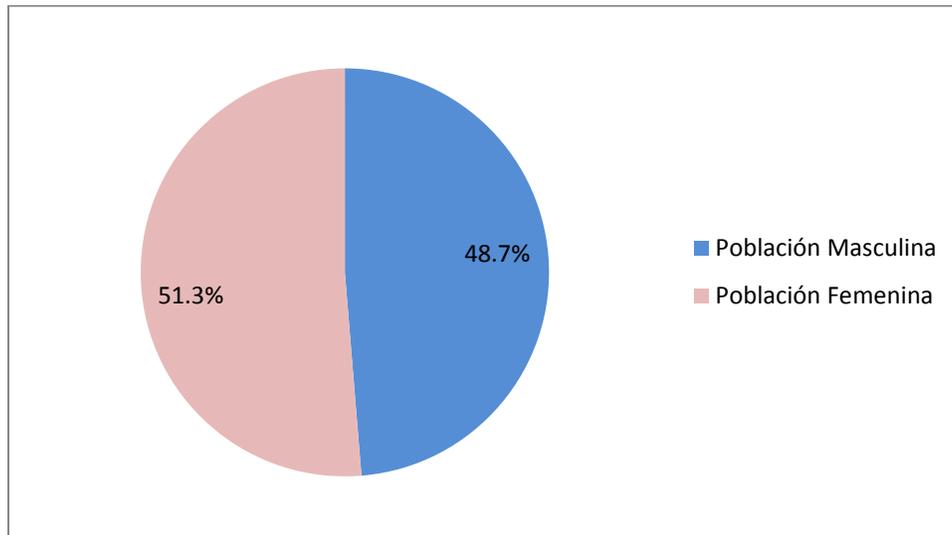
4.1 Elementos demográficos

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, disgregado por sexo y grupo de edad.

Grupos de Edad	Año 2015	Año 2020	Año 2025	Año 2030
Mujeres				
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
Subtotal	902,931	953,357	1,002,591	1,045,708
Hombres				
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
Subtotal	857,774	905,910	952,840	993,895
Ambos				
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
Total	1,760,705	1,859,266	1,955,431	2,039,602

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).



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

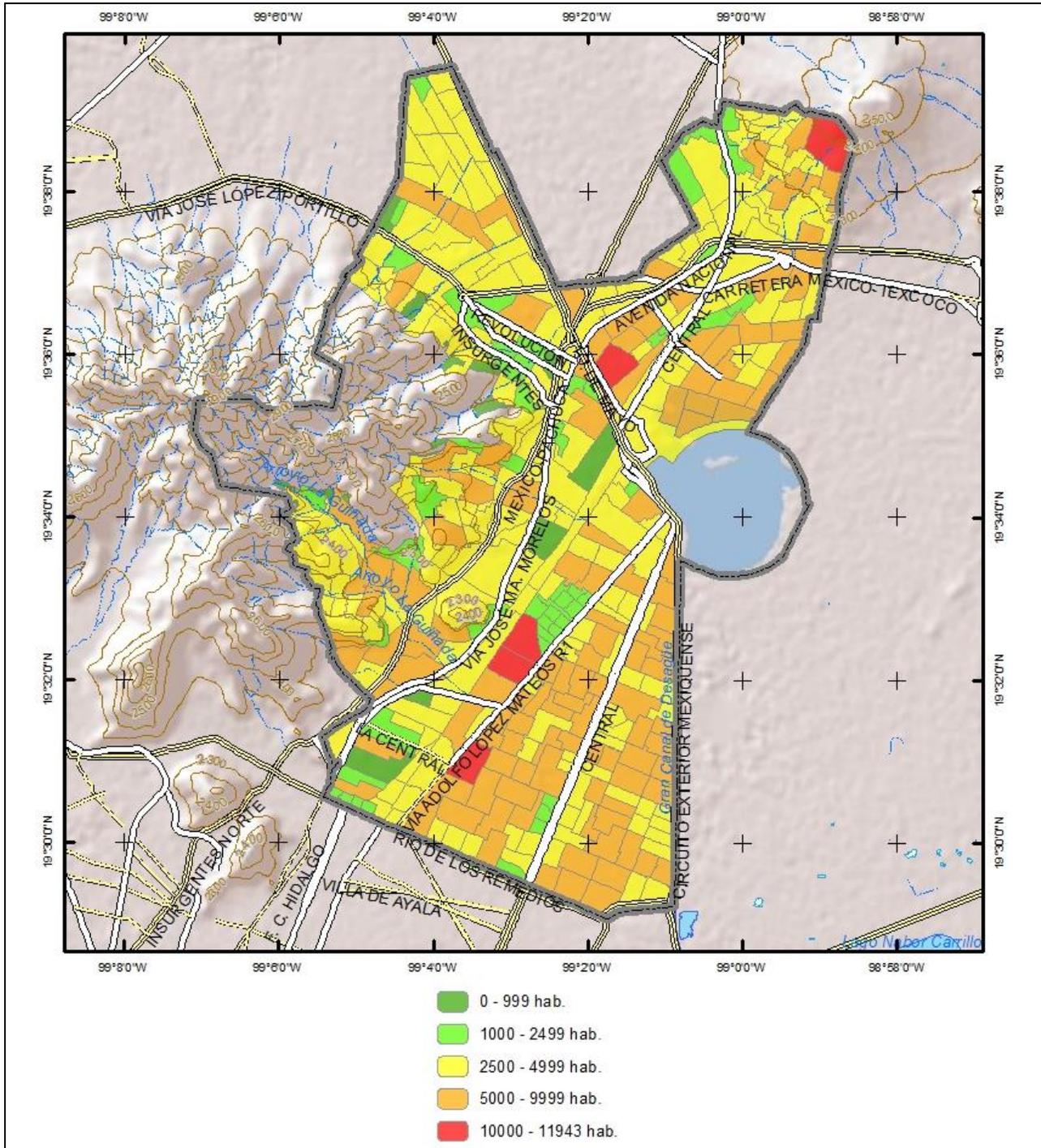
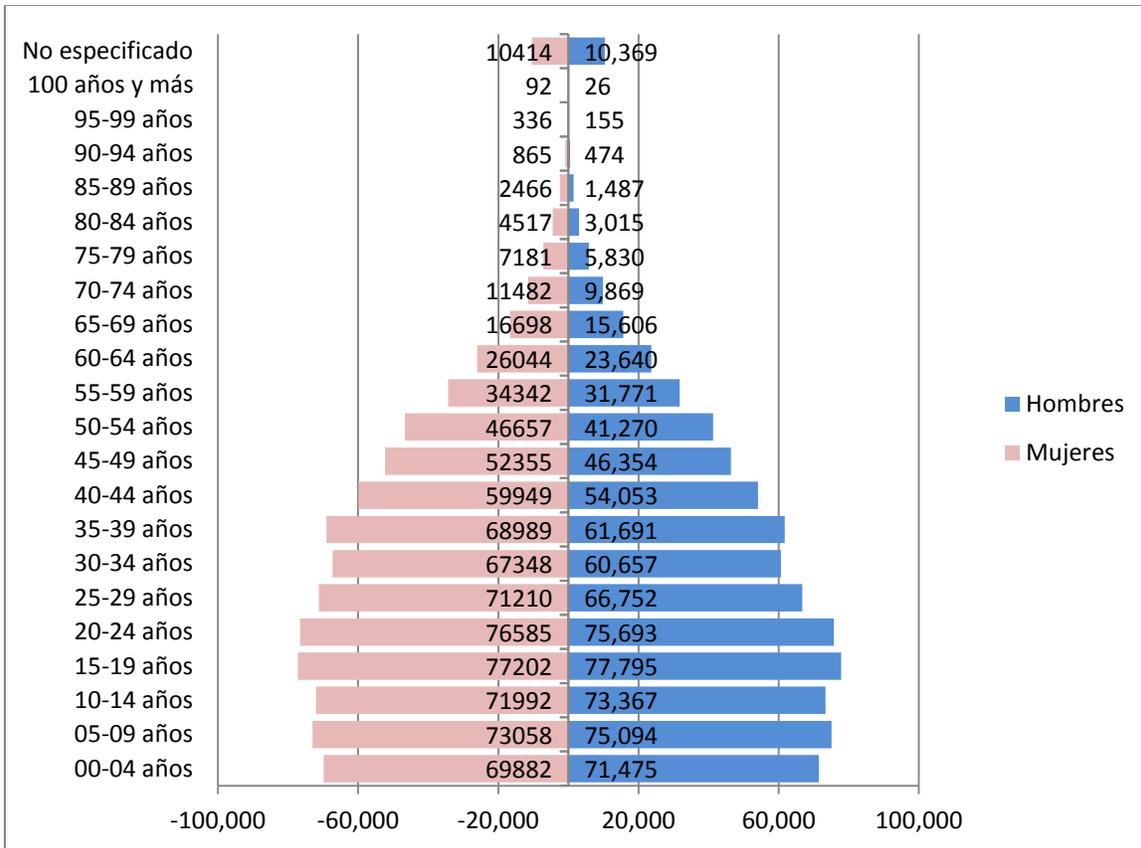


Figura 4.1 Mapa de Distribución de la Población por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



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 llegaran 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.

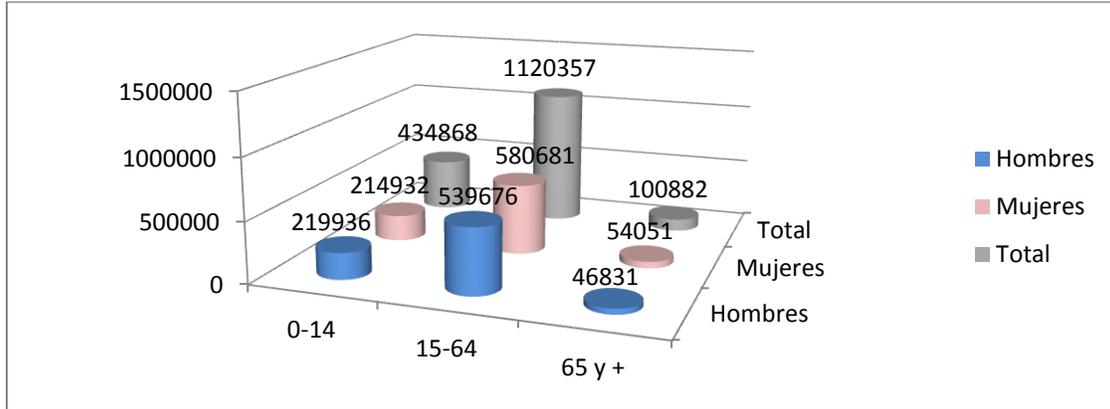


Grafica 4.2 Pirámide Poblacional del Municipio de Ecatepec, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el Censo de Población y Vivienda 2010, INEGI.

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 km², 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 km², 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).



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

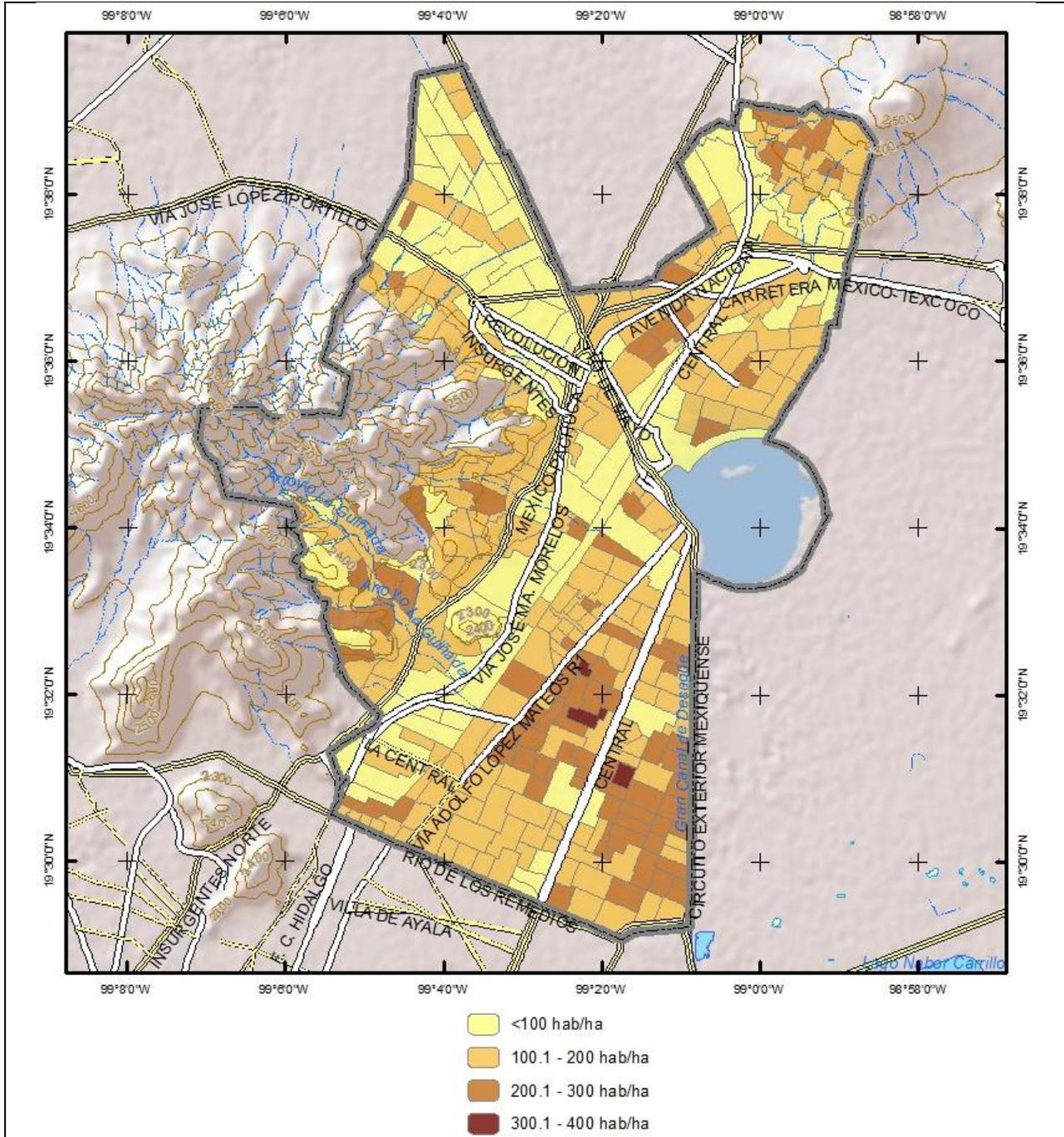


Figura 4.2 Mapa de Densidad de la Población por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



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%

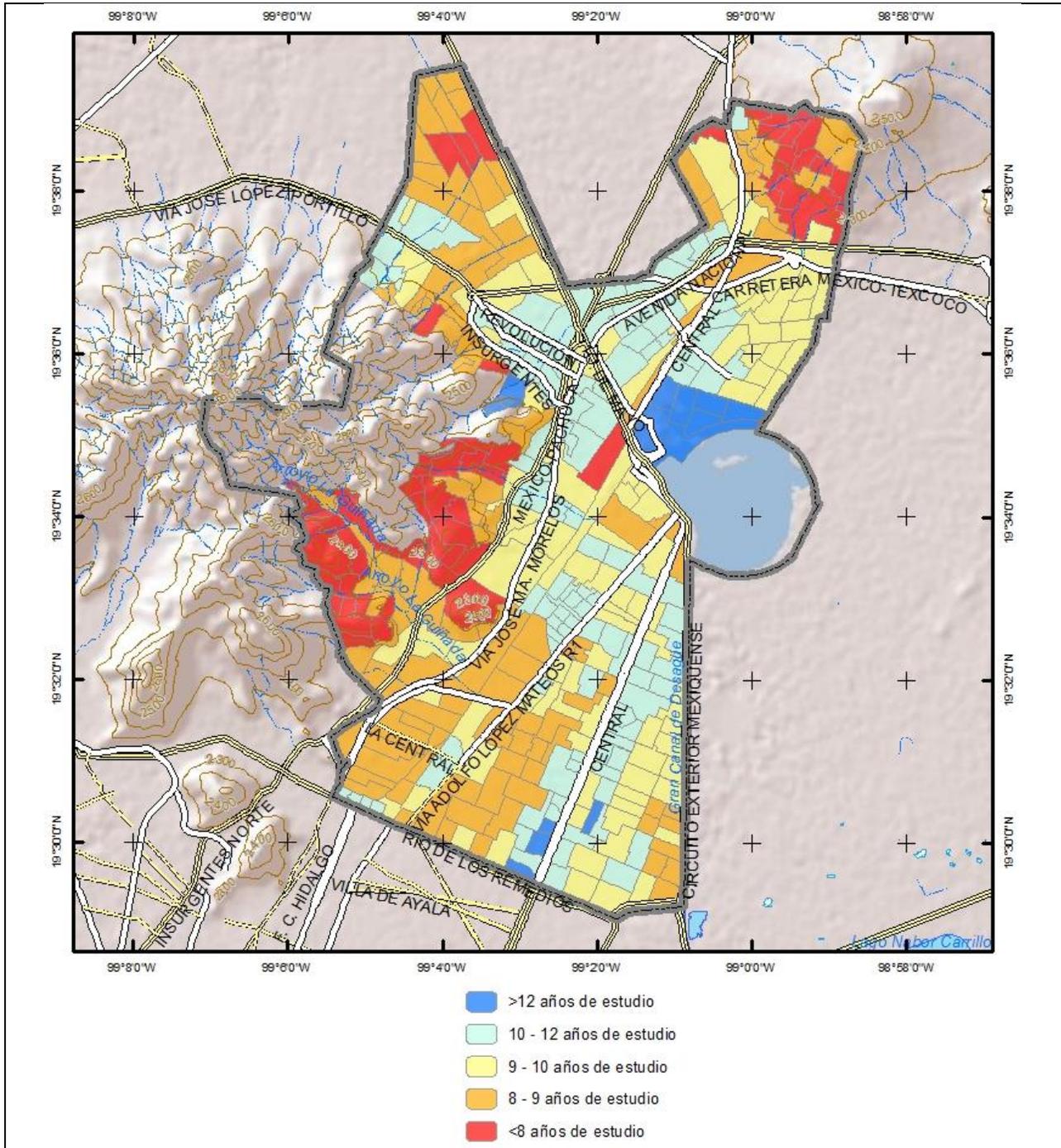
Tabla 4.2 Estadística básica de educación en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)

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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013





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
Vivienda	
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
Hacinamiento	
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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

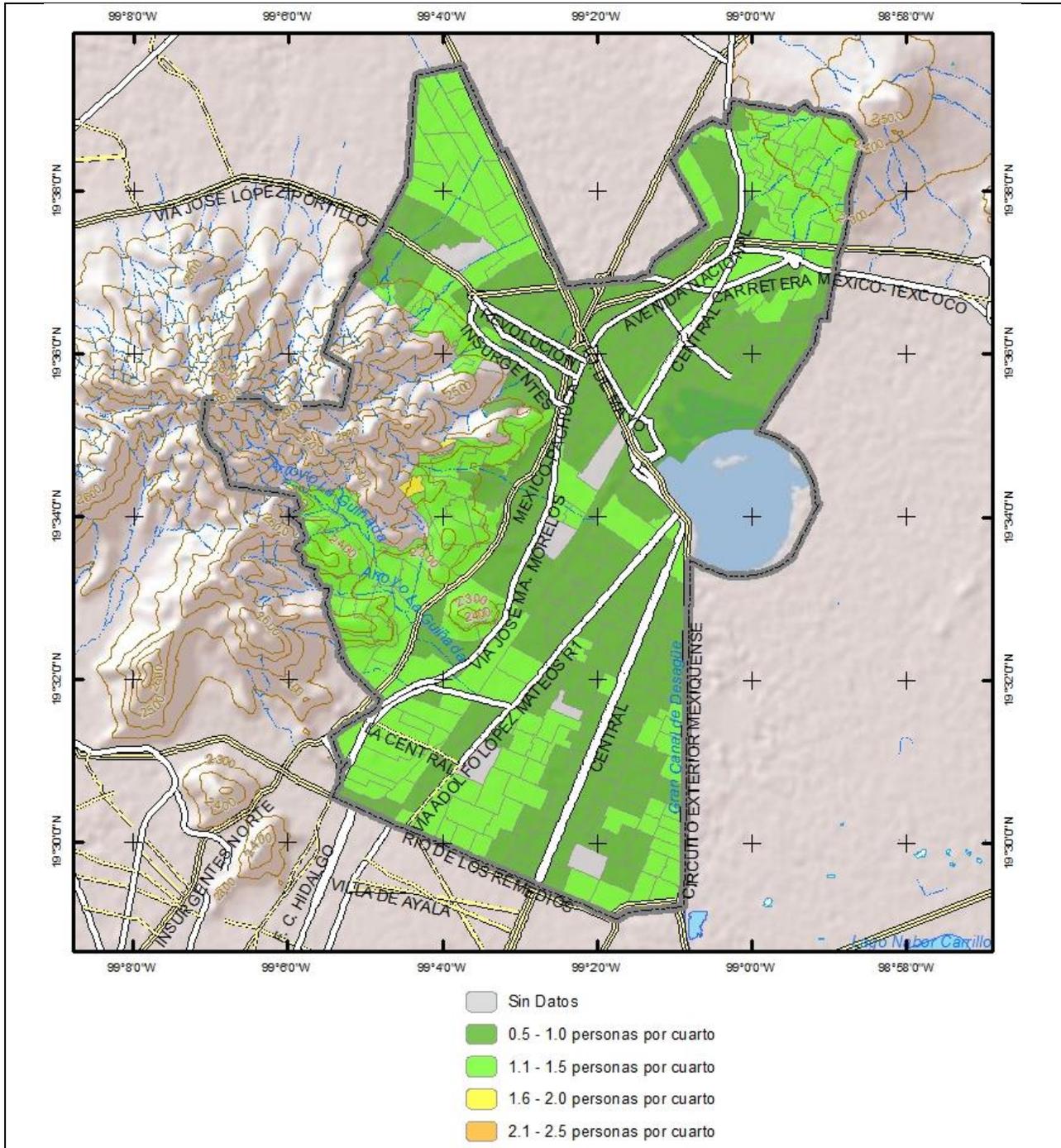


Figura 4.4 Mapa de Hacimiento en la Vivienda por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



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).

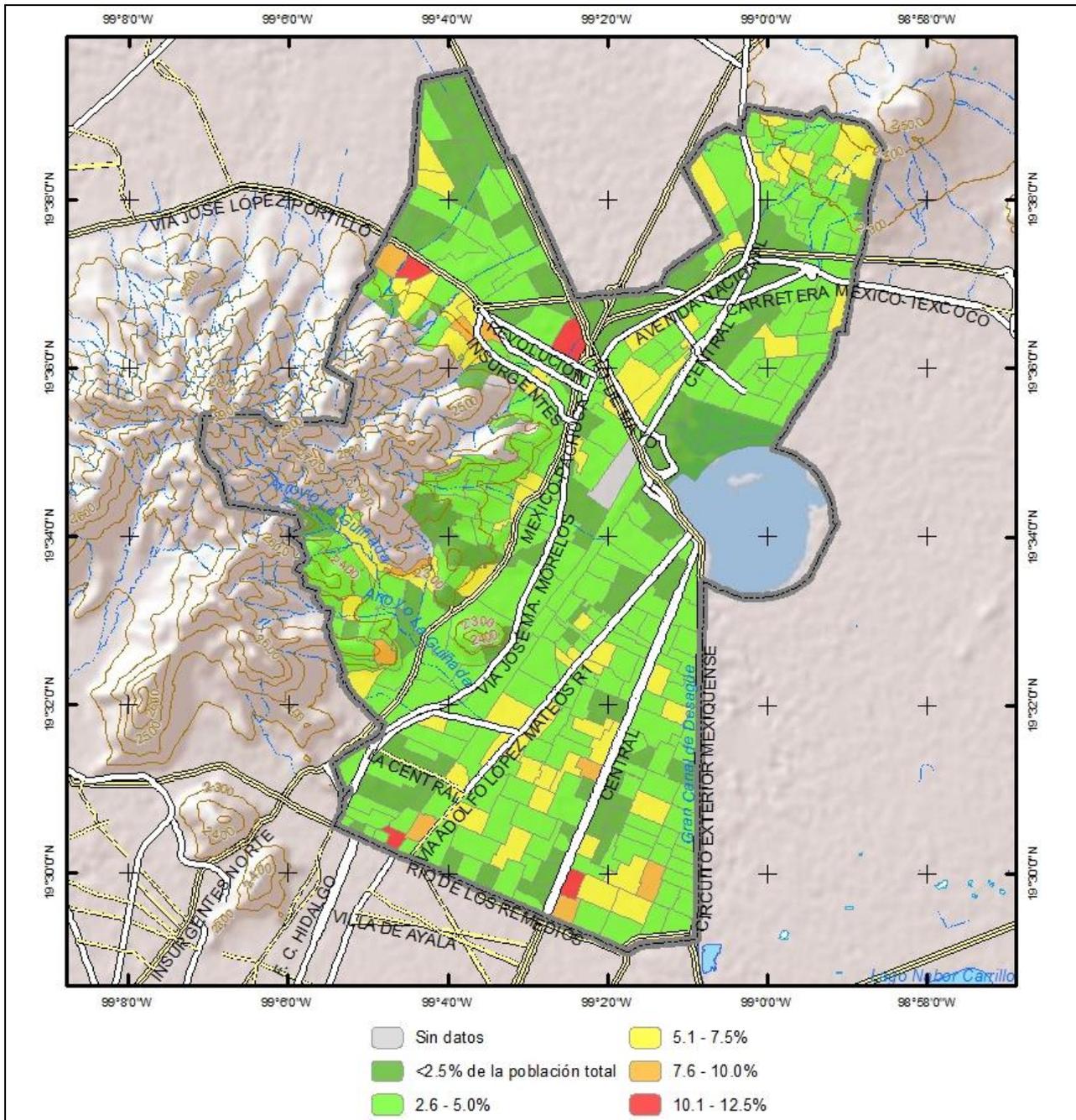


Figura 4.5 Mapa de Porcentaje de Personas con Discapacidad con respecto a la población total por AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



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
Ecatepec de Morelos	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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

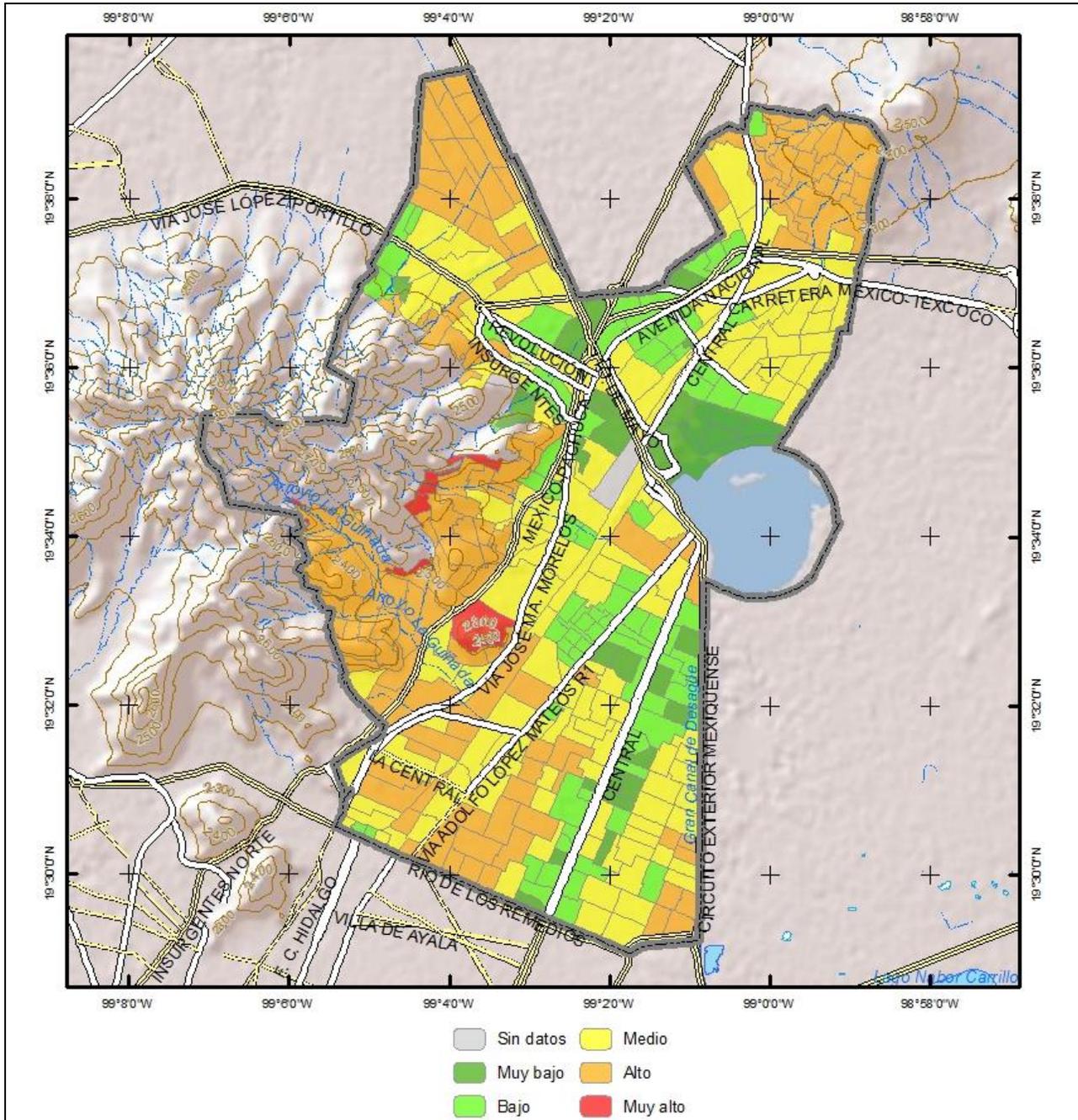


Figura 4.6 Mapa de Grado de Marginación por AGEb en el Municipio de Ecatepec. Fuente: INEGI 2010.



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
Unidades económicas	57,559	(SD)	5,583	31,349	112
Personal ocupado dependiente de la razón social	182,200	110	45,806	72,263	3,259
Personal ocupado no dependiente de la razón social	25,935	0	7,552	12,182	397
Valor agregado censal bruto (miles de pesos)	36,176,354	12,917	21,532,161	6,647,523	698,962
Total de activos fijos (miles de pesos)	25,925,374	946	12,460,388	5,501,506	2,008,893
Producción bruta total por persona ocupada (miles de pesos)	437.0	143.6	1159.2	139.2	530.3
Valor agregado censal bruto por persona ocupada (miles de pesos)	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 de servicios

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
Unidades médicas	71
ISEM	52
DIF 3	
IMSS	9
ISSSTE	3
ISSEMyM	4
Camas censables	823
ISEM	248
DIF	9
IMSS	476
ISSEMyM	90
Recursos humanos	
Personal médico	2141



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



Infraestructura	Unidad
ISEM	685
DIF	51
IMSS	1032
ISSSTE	76
ISSEMyM	297
Enfermeras	2810
ISEM	887
DIF	51
IMSS	1523
ISSSTE	75
ISSEMyM	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.



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.



Riesgo = Peligro × Vulnerabilidad; R = P × V

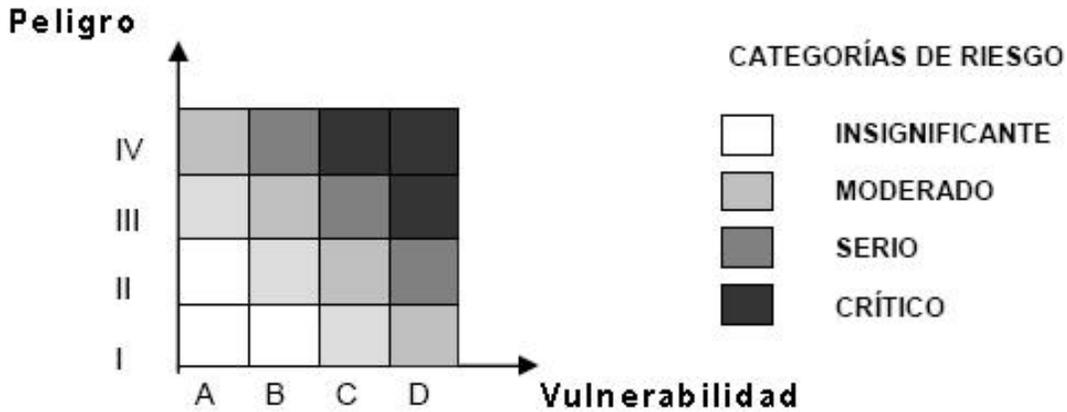


Figura 5.1 Representación gráfica de la medición del Riesgo en función del peligro y vulnerabilidad

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,



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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.

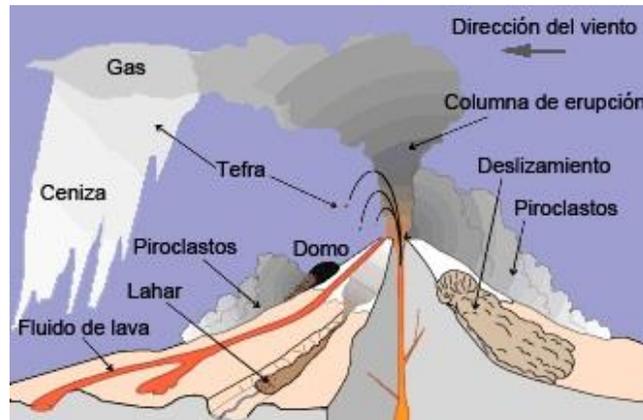


Figura 5.2 Representación gráfica de los múltiples fenómenos peligrosos asociados al vulcanismo. Fuente: U.S.G.S.

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

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 Xicotépetl. 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.

Peligro por vulcanismo

Ecatepec de Morelos no tiene aparatos volcánicos activos. Tanto la Sierra de Guadalupe como la Sierra de Chiconautla se encuentran “inactivas”, por lo cual el nivel de riesgo volcánico es bajo, pero se tiene la influencia de caída de ceniza del volcán Popocatepetl, localizado a una distancia de 72 kilómetros. Otro aparato volcánico activo cercano es el Nevado de Toluca, ubicado a una distancia aproximada de 88 kilómetros.



A continuación se describen cada una de estas estructuras volcánicas estableciéndose sus características y aspectos vulcanológicos particulares. Se hace mayor hincapié en el Popocatepetl debido a la cercanía con el Municipio y por sus periodos de recurrencia.

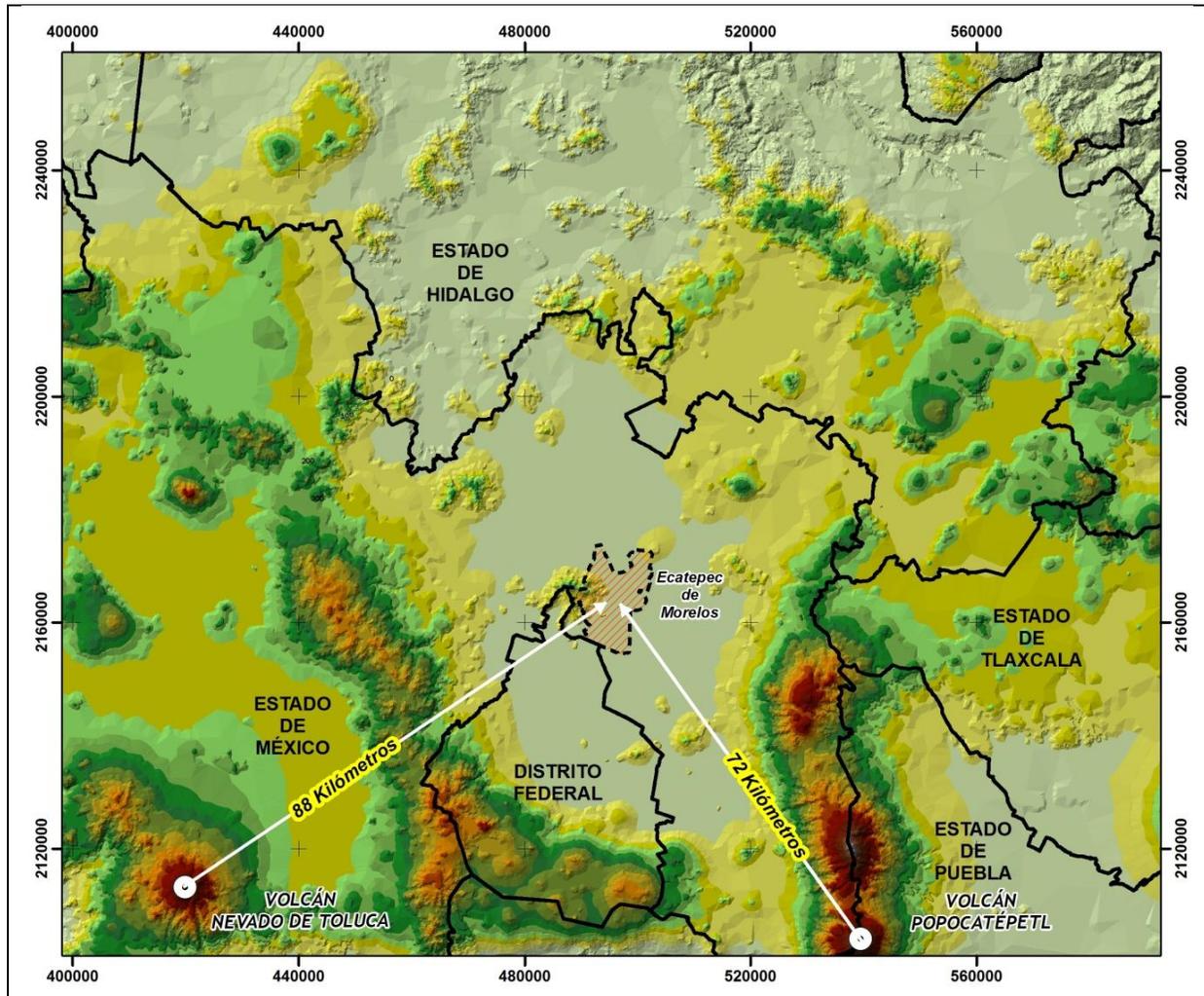


Figura 5.3 Localización de Volcanes Activos cercanos al Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Elaboración propia

Nevado de Toluca

El Nevado de Toluca (NT) , es un estratovolcán con una altitud de 4680 msnm, constituido por un cráter principal alargado E-O, flujos de lava y depósitos piroclásticos que rodean al volcán en todas direcciones. El resto de las estructuras volcánicas que integran al NT y sus alrededores (domos, flujos de lava y conos), los cuales abarcan un área de aproximadamente 1,200 km², y la mayoría están cubiertos por



diversos procesos eruptivos, tectónicos y glaciales que han acontecido en el lugar; depósitos piroclásticos de pómez y ceniza que fueron emitidos por el volcán durante erupciones de tipo explosivo.

El volcán Nevado de Toluca se encuentra a 88 km de Ecatepec, 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.

Popocatépetl

El Popocatépetl es un estratovolcán andesítico-dacítico ubicado en la parte central del Cinturón Volcánico TransMexicano, en el extremo meridional de la Sierra Nevada y cubre un área de 600 km², con una altitud de 5452 msnm. El Popocatépetl ha presentado erupciones del tipo St. Helens o Bezymiany a lo largo de su historia eruptiva. Algunas se han desarrollado como colapsos sectoriales preferentemente hacia el sector sur del edificio actual. La última erupción de este tipo ocurrió hace 23,000 años, edad que se puede asignar al actual edificio volcánico.

Hace 14,000 años ocurrió una erupción freatomagmatica proveniente de uno de los flancos, del sector noroeste conocido ahora como barranca Nexpayantla. Los depósitos de caída se dirigieron hacia el noroeste, menciona también que detectaron material de caída producto de esta erupción en varias zonas de la Cuenca de México, por ejemplo: en Nonoalco 5 cm; en Tlahuac 20 cm de espesor; y, en Xico 30cm. Hubo otras erupciones Plinianas hace alrededor de 11,000, 9,000 y 7,000 años antes de nuestra era. Las últimas tres erupciones Plinianas ocurrieron entre los años 3195 y 2830 A.C., 800 y 215 A.C. y 695 y 1095 D.C., lo cual significa que con toda certeza existían asentamientos humanos en la zona central de México en estas últimas tres erupciones.

Para identificar qué tipo de materiales volcánicos son los que afectarían al municipio, se revisó el mapa de peligros volcánicos del Volcán Popocatépetl, realizado por el Instituto de Geofísica de la UNAM en el año de 1995, considerando la extensión máxima de los depósitos originados por erupciones volcánicas pasadas que se clasificaron en tres diferentes magnitudes. Los límites entre las tres áreas indicadas en el mapa fueron trazados con base en el alcance máximo de los productos originados por estas erupciones y en las distancias máximas de los flujos modelados por computadora. Además, el borde de cada área fue incrementado en varios kilómetros como margen de seguridad.

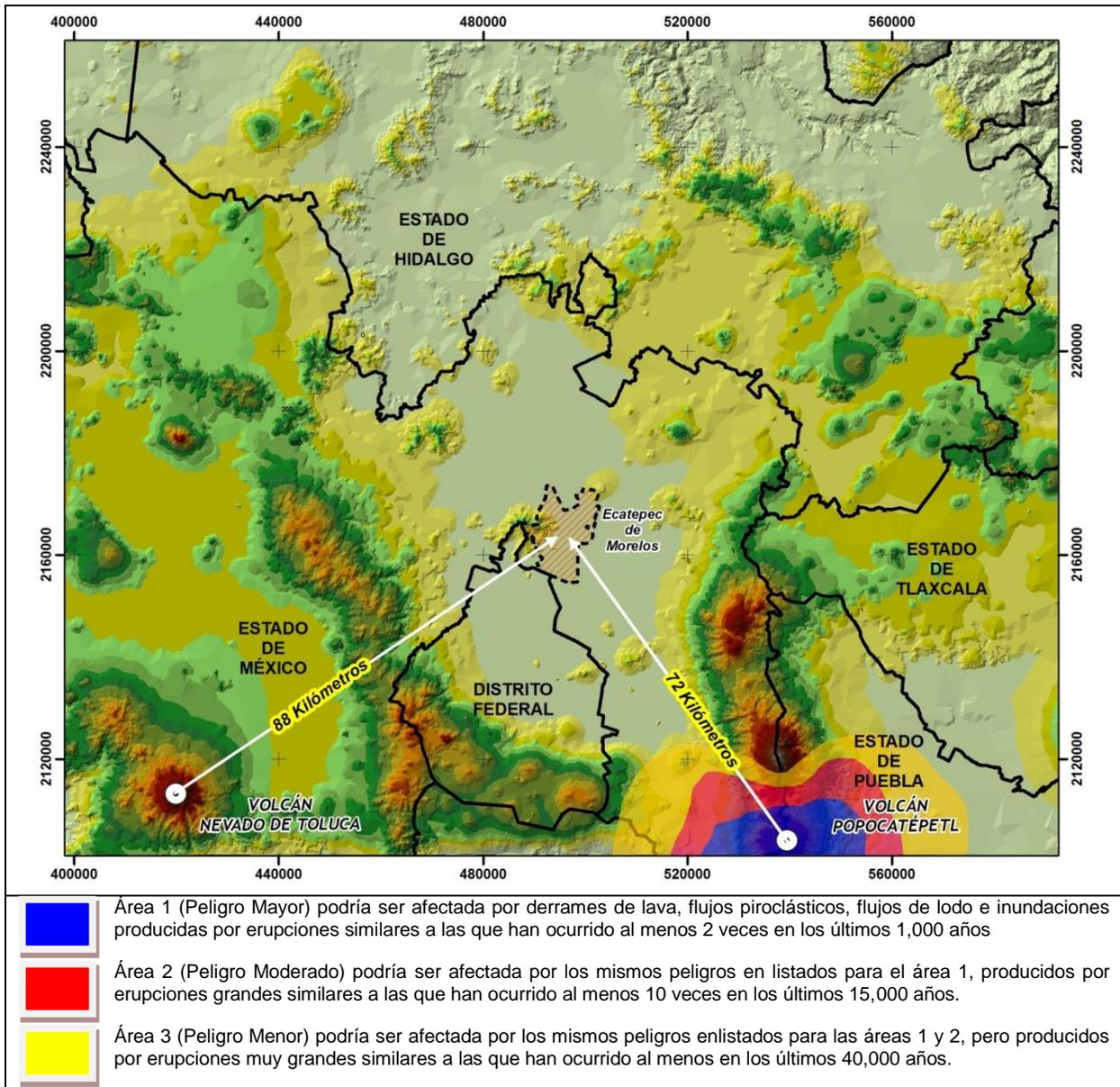


Figura 5.4 Área de influencia de los Flujos de Materiales Volcánicas del Popocatepetl hacia el Municipio de Ecatepec. Fuente: Macías et al., 1995

El mapa anterior muestra tres diferentes áreas: 1, 2 y 3 de acuerdo con su peligrosidad. Las tonalidades de dichas áreas tienen como propósito mostrar que el mayor riesgo se encuentra hacia la cima del volcán. Cada zona incluye todo tipo de peligro volcánico asociado respectivamente a erupciones volcánicas grandes, medianas y pequeñas.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



El área 1 siendo la más cercana a la cima del volcán, es la que representa un mayor peligro porque es la más frecuentemente afectada por erupciones. Independientemente de su magnitud, esta área encierra peligros tales como flujos de material volcánico a altas temperaturas que descienden del volcán a velocidades extremadamente altas (100 – 400 Km/h) y flujos de lodo y rocas que se mueven siguiendo los cauces existentes a velocidades menores < 100 km/h). En esta área han ocurrido 2 eventos o erupciones importantes cada mil años en promedio.

El área 2 representa un peligro menor que el área 1 debido a que es afectada por erupciones con menor frecuencia. Sin embargo las erupciones que han alcanzado a esta área producen un grado de peligro similar al del área 1. La frecuencia con que ocurren eventos volcánicos que afectan a ésta área es de 10 veces cada 15, 000 años en promedio.

El área 3 abarca una zona que ha sido afectada en el pasado por erupciones extraordinariamente grandes. Erupciones de tal magnitud son relativamente raras por lo que el peligro dentro de estas áreas es menor en relación con el de las áreas 1 y 2, más cercanas al volcán. Los tipos de peligros en el área 3 son esencialmente los mismos que los de las otras áreas. En los últimos 40,000 años, han ocurrido 10 erupciones de este tipo. El mapa también muestra dos recuadros. Uno de ellos señala los límites máximos de los depósitos de caída (arena volcánica y pómez) para erupciones de diferente magnitud como los muestran los círculos concéntricos y la influencia de los vientos dominantes que controlarían su distribución. El segundo recuadro indica la distribución y máxima extensión de los depósitos que podrían ser producidos por el derrumbe gigante de un sector del volcán. Este evento ha ocurrido aproximadamente 2 veces en los últimos 40,000 años.

En caso de una erupción del Popocatepetl, el peligro directo para Ecatepec sería la Caída o lluvia de material volcánico, la cual es peligrosa especialmente si el peso del depósito excede la resistencia de los techos de las casas, ya que ello puede ocasionar que se colapsen. En algunos casos, la acumulación de más de 10 centímetros de material puede producir el derrumbe del techo, sobre todo si el material se encuentra húmedo.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

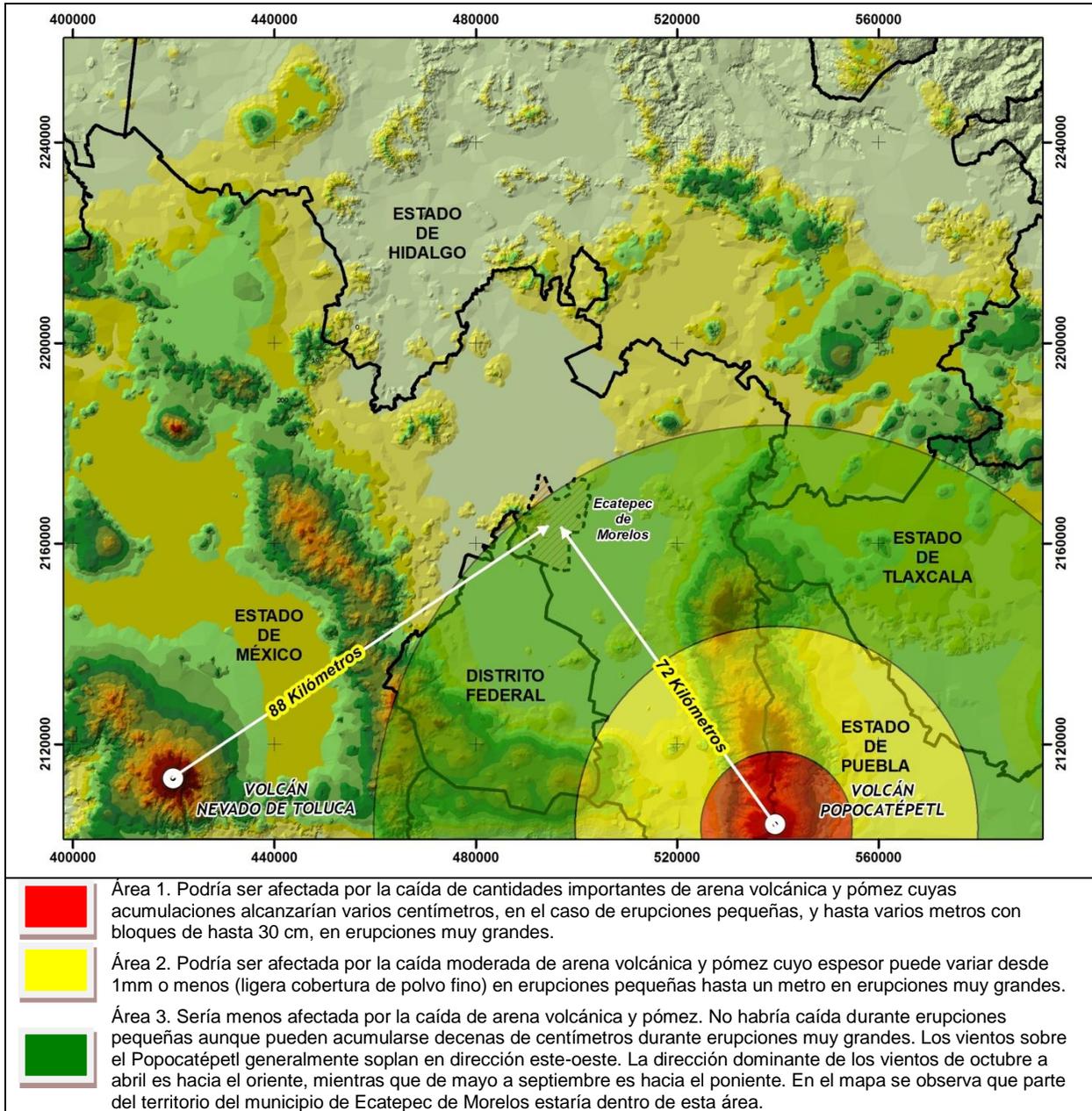


Figura 5.5 Área de influencia de Caída de Materiales Volcánicos del Volcán Popocatepetl hacia el Municipio de Ecatepec. Fuente: Macías et al., 1995.



Además, el Municipio de Ecatepec se encontraría afectado por la caída de Ceniza Volcánica, cuyos espesores serían variables. La siguiente figura muestra que en este escenario gran parte del municipio se vería afectado.

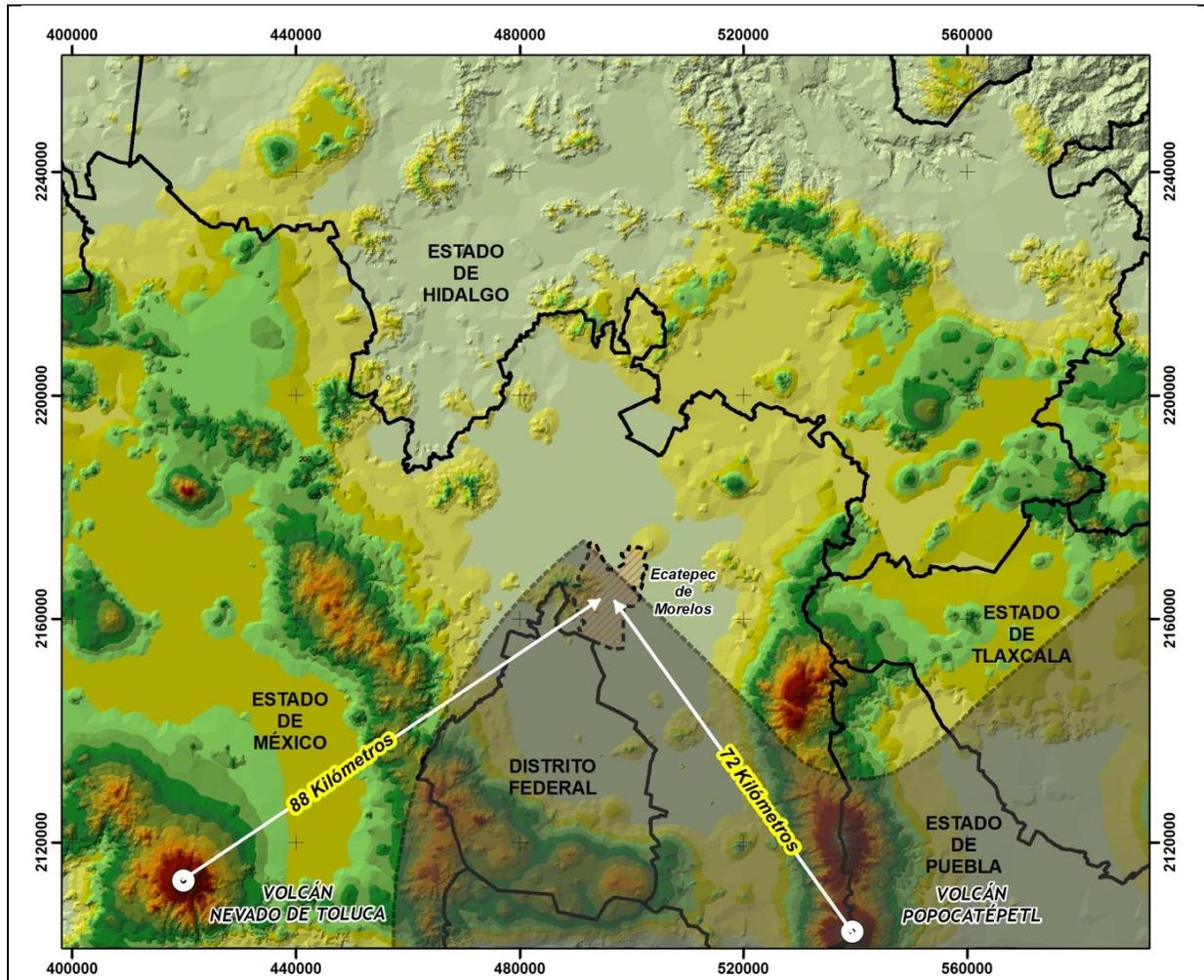


Figura 5.6 Área de influencia de Ceniza Volcánica del Volcán Popocatepetl hacia la Zona Metropolitana de la Ciudad de México y el Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Macías et al., 1995

Xocotépetl

El Volcán Xocotépetl (también conocido como Jocotitlán) se encuentra a 75km de la cabecera municipal de Ecatepec, 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 al sistema de sierras que separan el Valle de México con el Valle de Toluca. 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.

Derrames de Lava y Flujos Piroclásticos antiguos

Adicionalmente, se realizó la interpretación cartográfica que muestra la ubicación y extensión de los derrames lávicos que se encuentran dentro del municipio de Ecatepec de Morelos y sus alrededores. Ésta delimitación es importante para definir áreas propensas a la erosión, la cual es un factor para que un procesos de remoción en masa se presente en un determinado lugar. Para ello se delimitaron unidades volcánicas en función a sus características morfológicas a partir de las curvas de nivel y de imágenes de satélite con el trazo de polígonos que representan la morfología de los derrames lávicos, a través de la interpretación de imágenes de satélite para el trazado de polígonos que representan los derrames lávicos de la zona, así como la identificación de la morfología de los derrames lávicos a partir de la interpretación de las curvas de nivel.

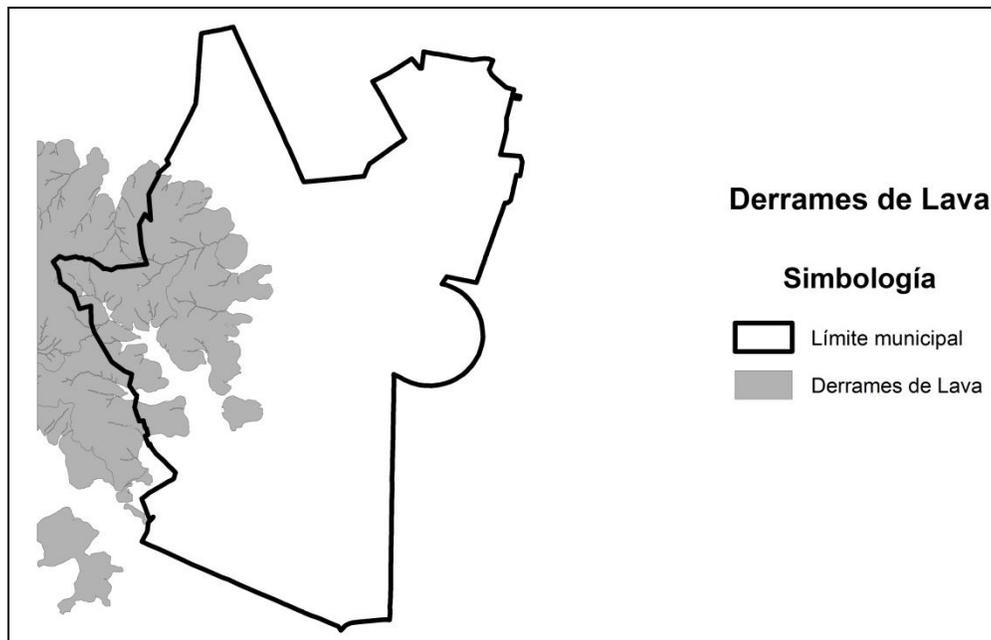


Figura 5.7 Derrames de Lava antiguos en el Municipio de Ecatepec de Morelos y alrededores. Fuente: Carlos Valerio, 2004.

Por otro lado, se identificó la ubicación y extensión de los flujos piroclásticos que se encuentran dentro del municipio de Ecatepec de Morelos y zonas aledañas. Esta delimitación de los depósitos piroclásticos sirven para definir la extensión y cobertura de estos materiales además sirve como herramienta para



delimitar zonas que son propensas a la erosión, además como un elemento importante para la determinación de áreas que pueden estar propensas a los procesos de remoción en masa. Se delimitaron unidades volcánicas en función a sus características morfológicas y su composición. A partir de las curvas de nivel y imágenes de satélite se trazó la morfología de los depósitos volcánicos (flujos piroclásticos). Para el caso del municipio de Ecatepec de Morelos se ubicó una secuencia con orientación NW-SE.

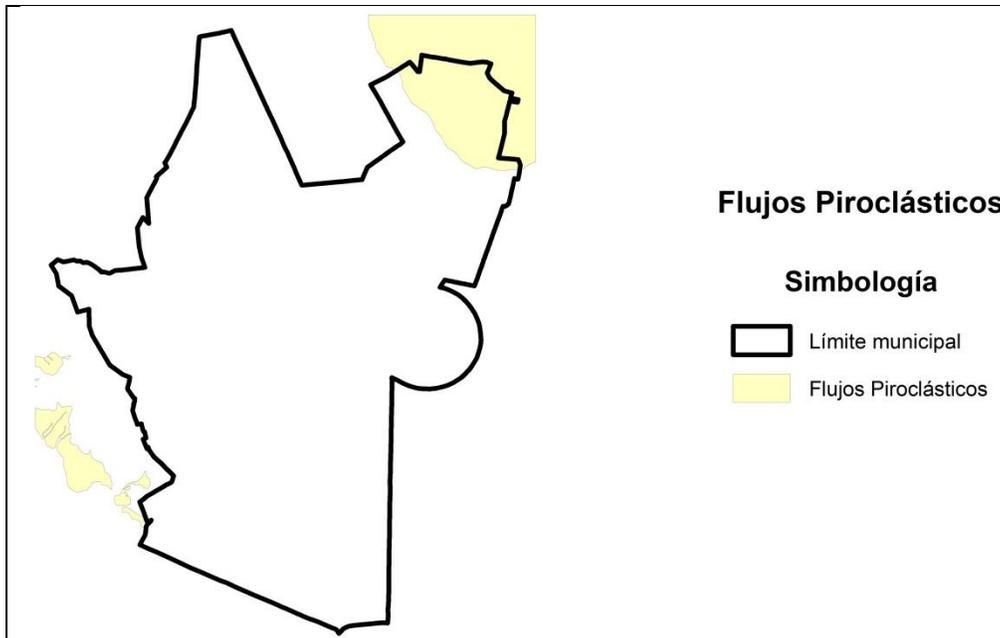


Figura 5.8 Flujos piroclásticos antiguos en el Municipio de Ecatepec de Morelos y alrededores. Fuente: Carlos Valerio, 2004.

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 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.

Los sismos que se presentan dentro de la Cuenca de México provienen de dos sitios: el primero en las Costas del Pacífico y se deben a la subducción de la Placa de Cocos bajo la Norteamericana, y el segundo son los sismos intraplaca que se forman dentro del continente y son generados por fallas activas.

La sismicidad es un factor importante tanto para los estudios de fracturamiento y hundimiento del subsuelo como para evaluar la estabilidad de un talud y/o ladera. En el primer caso se debe a que, en secuencias arcillosas que forman el subsuelo, parte de la energía que se propaga por este medio puede ganar amplitud y queda atrapada, generando que las vibraciones del sismo entren en periodo de resonancia, como fue el caso del temblor de 1985. Los sismos inducen movimientos de todo tipo en las laderas y taludes (dependiendo de las características de los materiales presentes, de su intensidad, magnitud y distancia del epicentro) generando desde “graneo” y desprendimientos de bloques, hasta el deslizamiento de grandes masas de suelo o rocas, como flujos de tierra y avalanchas de roca.

Pueden activar algunos deslizamientos que se encontraban en condiciones cercanas al equilibrio límite. En los materiales finos y sueltos (arena-limosos), se pueden presentar problemas de licuación, donde al encontrarse en estado saturado, experimentan esfuerzos cortantes anómalos y rápidos por causa del sismo aumentando las presiones intersticiales (por falta de drenaje) hasta los valores de la presión total existente, anulándose prácticamente la presión efectiva y haciendo que los granos dejen de estar en contacto, desapareciendo la resistencia al corte y comportándose el material como un líquido. Esto llega a dar lugar a movimientos verticales y horizontales de su masa que se traducen en deslizamientos para el caso de laderas y taludes.

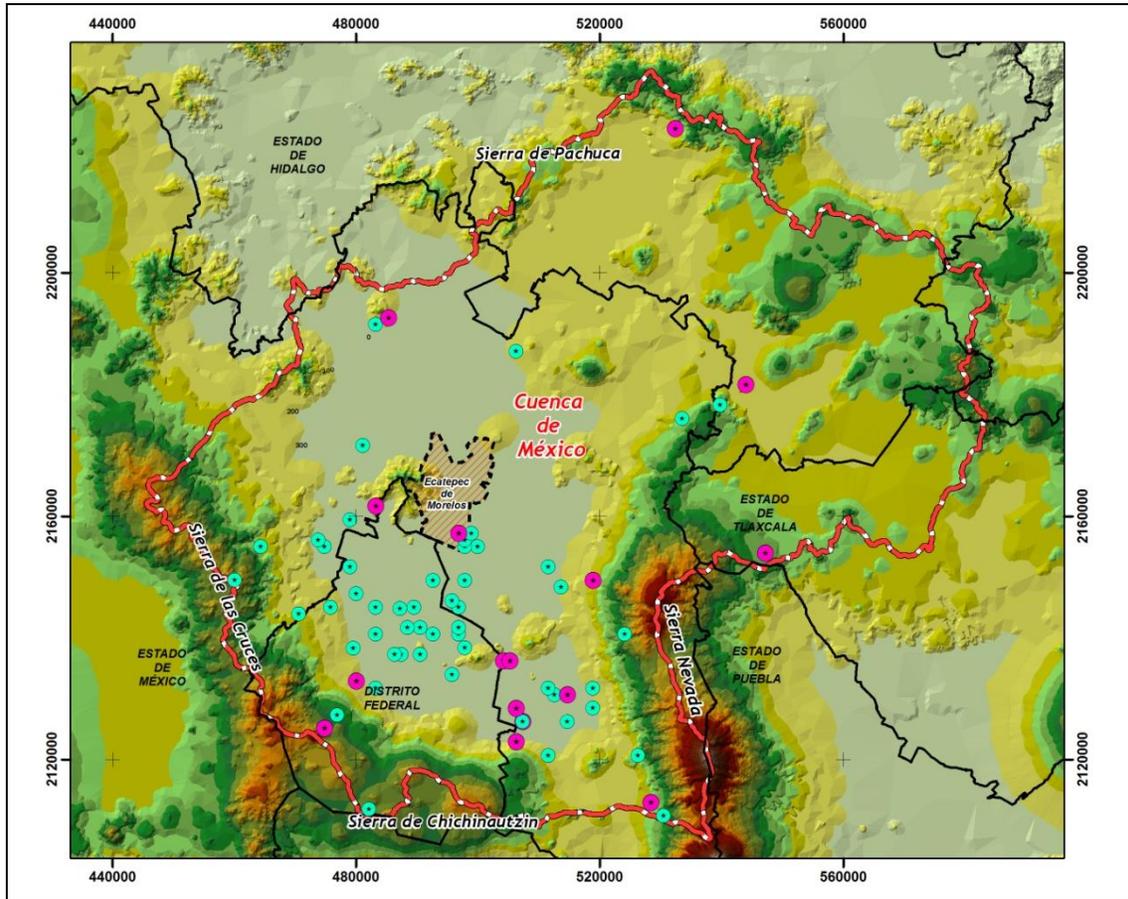


Figura 5.9 Sismicidad en la Cuenca de México y su cercanía con el Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Servicio Sismológico Nacional.

En el caso de los taludes inestables la influencia de la sismicidad se manifiesta como una fuerza que casi siempre se considera horizontal, actúa por periodos cortos y cambia de signo o sentido con una frecuencia que corresponde a la del sismo. Esto es un factor que se debe considerar para los análisis de taludes inestables.

La fuerza por sismo queda definida como:

$$F_s = Cw$$

Donde W representa el peso del macizo sobre el cual se considera aplicado el empuje sísmico y la constante "c" corresponde a la proporción de la aceleración inducida por el sismo respecto a la gravedad (g).

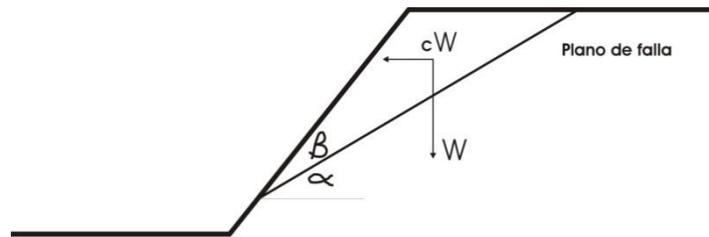


Figura 5.10 Talud con las componentes del peso y empuje sísmico. Fuente: CENAPRED.

El coeficiente c se obtiene de las cartas de regionalización sísmica de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) donde se presentan los valores de la aceleración horizontal máxima que puede ocurrir en un sitio y con un periodo de retorno dados.

Peligro por sismicidad

Sismicidad local

La Cuenca de México tiene una actividad sísmica local que se relaciona con la estructura geológica de la misma cuenca. Asimismo existe actividad sísmica de baja magnitud y con focos a profundidades no mayores de 5 km asociada al cambio en el estado de esfuerzos como resultado de la filtración de agua a través de las fallas y fracturas. Se han detectado zonas de recurrencia sísmica dentro de la Cuenca de México así como sus posibles periodos de retorno.

Región	Latitud (°N)	Longitud (°W)	Año del evento (magnitud y profundidad)	Periodos de retorno (años)
Chapultepec	19,4	99,25	1924 (6 -ND)	57
			1981 (3,3-4 km)	
Cuautitlán	19,7	99,2	1961 (1-33km)	22
			1983 (2,4-10 km)	
Chichinautzin	19,33	99,21	1977 (<1-5 km)	14
			1991 (<1-5 km)	
			1974 (<1-5 km)	
Centro	19,37	99,07	1977 (<1-33 km)	<20
			1978 (4-33 km)	
			1994 (<1-5 km)	
Sierra de Guadalupe	19,56	99,45	1970 (4,4 -33 km)	7
			1978 (3-33 km)	
			1985 (4,2-10 km)	
			1991 (5,3-10 km)	

Tabla 5.1 Localidad, magnitud y año de recurrencia de sismos generados dentro de la Cuenca de México entre 1924 y 1955 y sus periodos de recurrencia. Fuente: Fausto M, 2002



Se aprecia que la región de la Sierra de Guadalupe (donde se encuentra una parte del municipio de Ecatepec) es la que tiene mayor recurrencia, con intervalos cortos de tiempo: 7 años. Los sismos que se generan en esta región destacan por su intensidad, de hasta $M=5.3$ grados Richter. Además se identificaron 3 epicentros en el periodo (1998-2013) en la zona del Municipio, cuya intensidad fue de baja a muy baja, de acuerdo con los datos del Servicio Sismológico Nacional.

Zonificación Sísmica

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 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%.



Figura 5.11 Regionalización sísmica de la República Mexicana. Fuente: CFE.

Zona	Suelo	c	Descripción
B	I	0.16	Terreno firme, tepetate, arenisca compacta
	II	0.20	Arenas no cementadas, arcillas de mediana rigidez
	III	0.24	Arcillas blandas muy compresibles

Tabla 5.2 Zona "B" Zonificación sísmica. Fuente: CFE

Ahora bien, la metodología de la CFE se basa en los registros históricos de epicentros sísmicos, por ello, no es suficiente para conocer cómo se comportaría el territorio de Ecatepec en caso de un sismo, por lo que se procedió a utilizar la metodología del U.S. Geological Survey (USGS) para determinar las



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



condiciones de sismicidad locales en relación a la topografía, la cual permite obtener mapas en base al promedio de velocidad de las ondas secundarias superficiales de hasta 30m de profundidad (V_s^{30}).

Las ondas sísmicas secundarias (V_s) son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación del sismo. Su velocidad es menor que la de las ondas primarias; debido a ello, aparecen en el terreno poco después que las ondas primarias. Sin embargo, las ondas secundarias son las que generan las oscilaciones durante el movimiento sísmico y las que producen la mayor parte de los daños.

En el caso específico de Ecatepec, el coeficiente para derivar V_s^{30} fue el utilizado por Wald y Allen (2007) en las regiones tectónicamente activas y que poseen relieve topográfico dinámico. Este coeficiente se ha aplicado a todo México por el USGS, obteniendo una evaluación de primer orden de las condiciones sísmicas de la región. Esta metodología permite conocer el grado de aceleración del suelo al ocurrir un sismo, lo cual implica una zonificación de áreas con probabilidad de sufrir mayores daños que otras. Este modelo permite usos con aplicaciones prácticas relacionados con la probabilística y basadas en escenarios, aunque en este caso, solo se determina la velocidad promedio de propagación de la onda secundaria, en base al modelo predefinido determinado por el USGS.

Para la confección del mapa de sismicidad local del Municipio de Ecatepec, se calculó la V_s^{30} con base en los rangos mostrados en la siguiente tabla (para las regiones activas tectónicas) que es la correlación directa entre V_s^{30} y pendiente topográfica. El método se ajusta a los valores de velocidad de corte vinculados al Programa Nacional de Reducción de Riesgos de Terremoto (límites NEHRP) V_s^{30} de la Federal Emergency Management Agency de Estados Unidos.

Clase	Rango V_s^{30} (m/sec ²)	Rango de pendiente en zona tectónicamente activa (m/m)	Peligrosidad asociada
E	<180	<1.0E-4	Alta
	180-240	1.0E-4-2.2E-3	Alta
D	240-300	2.2E-3-6.3E-3	Media
	300-360	6.3E-3-0.018	Media
	360-490	0.018-0.050	Media
C	490-620	0.050-0.10	Baja
	620-760	0.10-0.138	Baja
B	>760	>0.138	Muy baja

Tabla 5.3 Resumen de Categorías NERPH V_s^{30} para rangos de pendientes

En general, se observa que las zonas con mayor peligro son las áreas planas y lacustres del municipio. Esto se debe a que, si bien es una zona con poca actividad sísmica, la litología respondería con menor vigor a un eventual embate telúrico, provocando que los daños en la infraestructura fueran mayores.



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 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^2 , 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^2 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 5.4 Correlación entre Escala de Mercalli y Aceleración sísmica, así como periodos de retorno asociados en el municipio de Ecatepec. Fuente: USGS ShakeMap Scientific Background, 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/s² 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 $500\text{cm}/\text{seg}^2$; la intensidad de VIII con $350\text{ cm}/\text{seg}^2$ y la de VI con $60\text{cm}/\text{seg}^2$. 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.

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

$$c = 0.21$$

$$V_b = 0.0476 \cdot 0.21 = 0.009996$$

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.

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

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 5.5 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:

$$T_e = (1.67c + 1.37) \cdot T_b + 1$$

$$c = 0.14$$

$$T_b = 0.75$$

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

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 5.6 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 5.7 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 5.8 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 **ALTO** en el municipio de Ecatepec.

A continuación se enlistan los AGEB's donde el peligro se identificó como Alto.

AGEB	Población	Peligro Sísmico	Vulnerabilidad	Riesgo
1503300010101	5214	Alto	Medio	Alto
1503300010703	5272	Alto	Medio	Alto
1503300010737	7875	Alto	Medio	Alto
1503300010756	6173	Alto	Medio	Alto



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Población	Peligro Sísmico	Vulnerabilidad	Riesgo
1503300010760	5046	Alto	Medio	Alto
1503300010811	5875	Medio	Alto	Alto
1503300010826	4747	Alto	Alto	Alto
1503300010830	5418	Alto	Medio	Alto
1503300010845	4087	Medio	Alto	Alto
1503300010864	5984	Alto	Alto	Alto
1503300010879	4368	Alto	Medio	Alto
1503300010883	5491	Alto	Alto	Alto
1503300010898	2638	Medio	Alto	Alto
1503300010900	5924	Alto	Alto	Alto
1503300010915	5975	Alto	Medio	Alto
1503300010934	3177	Alto	Medio	Alto
1503300010949	3623	Alto	Alto	Alto
1503300010953	3048	Alto	Alto	Alto
1503300010968	4225	Alto	Medio	Alto
1503300010972	2964	Alto	Alto	Alto
1503300011006	10242	Alto	Medio	Alto
1503300011010	8249	Alto	Alto	Alto
1503300011025	3642	Alto	Medio	Alto
1503300011044	6377	Medio	Alto	Alto
1503300011059	355	Medio	Alto	Alto
1503300011063	6479	Alto	Alto	Alto
1503300011078	7663	Alto	Alto	Alto
1503300011148	7808	Alto	Alto	Alto
1503300011152	8054	Alto	Alto	Alto
1503300011167	7566	Alto	Alto	Alto
1503300011237	1720	Alto	Medio	Alto
1503300011241	2739	Alto	Medio	Alto
1503300011256	3248	Alto	Alto	Alto
1503300011260	3628	Alto	Alto	Alto
1503300011275	3680	Alto	Alto	Alto
150330001128A	3834	Alto	Alto	Alto
1503300011487	5426	Alto	Medio	Alto
1503300011716	5642	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300011735	7549	Muy Alto	Medio	Alto



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Población	Peligro Sísmico	Vulnerabilidad	Riesgo
150330001174A	3062	Muy Alto	Bajo	Alto
1503300011754	7710	Muy Alto	Medio	Alto
1503300011769	6633	Alto	Medio	Alto
1503300011792	9898	Alto	Medio	Alto
1503300011805	8161	Alto	Medio	Alto
1503300011858	6745	Alto	Medio	Alto
1503300011862	3644	Alto	Medio	Alto
1503300011877	9013	Alto	Medio	Alto
1503300011896	4996	Alto	Medio	Alto
1503300011909	5592	Alto	Alto	Alto
1503300011913	5421	Alto	Alto	Alto
1503300011928	8317	Alto	Medio	Alto
1503300011932	8620	Alto	Medio	Alto
1503300011947	4177	Alto	Alto	Alto
1503300011951	4392	Alto	Alto	Alto
1503300011966	9032	Alto	Medio	Alto
1503300011970	9442	Alto	Medio	Alto
1503300012023	2798	Medio	Alto	Alto
1503300012061	7536	Medio	Alto	Alto
1503300012112	11943	Alto	Medio	Alto
1503300012269	3951	Medio	Alto	Alto
1503300012273	3784	Alto	Medio	Alto
1503300012288	7104	Alto	Medio	Alto
1503300012324	4467	Alto	Medio	Alto
1503300012339	3250	Alto	Medio	Alto
1503300012358	5652	Alto	Medio	Alto
1503300012362	2822	Medio	Alto	Alto
1503300012377	3275	Medio	Alto	Alto
150330001256A	2126	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300012644	2339	Medio	Alto	Alto
1503300012818	6497	Alto	Medio	Alto
1503300012822	6778	Alto	Medio	Alto
150330001288A	4037	Medio	Alto	Alto
1503300012894	4744	Alto	Alto	Alto
1503300012945	5919	Muy Alto	Medio	Alto



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Población	Peligro Sísmico	Vulnerabilidad	Riesgo
150330001295A	5316	Muy Alto	Medio	Alto
1503300013182	4097	Alto	Medio	Alto
1503300013197	4974	Alto	Medio	Alto
150330001320A	5667	Alto	Medio	Alto
1503300013229	4074	Medio	Alto	Alto
1503300013248	5105	Alto	Medio	Alto
1503300013252	4606	Alto	Medio	Alto
1503300013483	4274	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300013572	4314	Bajo	Muy Alto	Alto
150330001377A	934	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300013869	5799	Alto	Medio	Alto
1503300013888	4342	Alto	Medio	Alto
1503300013996	5450	Alto	Medio	Alto
1503300014053	3428	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300014072	208	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300014091	145	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300014104	3695	Alto	Alto	Alto
1503300014227	3636	Alto	Alto	Alto
1503300014231	4010	Alto	Alto	Alto
1503300014354	3633	Alto	Alto	Alto
1503300014369	1037	Medio	Alto	Alto
1503300014373	3044	Alto	Alto	Alto
1503300014405	3693	Medio	Alto	Alto
150330001441A	3923	Alto	Alto	Alto
1503300014424	2616	Alto	Alto	Alto
1503300014439	3072	Alto	Alto	Alto
1503300014443	4152	Alto	Alto	Alto
1503300014458	8403	Medio	Alto	Alto
1503300014462	2507	Alto	Alto	Alto
1503300014477	4002	Alto	Alto	Alto
1503300014509	5854	Alto	Medio	Alto
1503300014513	3346	Medio	Alto	Alto
1503300014528	4047	Alto	Alto	Alto
1503300014566	5441	Medio	Alto	Alto
150330001473A	2390	Alto	Medio	Alto



AGEB	Población	Peligro Sísmico	Vulnerabilidad	Riesgo
1503300014956	350	Bajo	Muy Alto	Alto
150330001498A	1002	Bajo	Muy Alto	Alto

Tabla 5.9 Zonificación de Riesgo Alto por Sismicidad, a nivel AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.1.3 Tsunamis

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 (PRM) o también conocidos como Mecanismos Potenciales y/o de Falla se definen como movimientos de material (roca, detrito y suelo) que se desarrollan en laderas o a lo largo de un talud, sobre una zona con pendiente variable a consecuencia de la acción de la gravedad y se distingue por un carácter no selectivo al afectar indistintamente materiales de cualquier forma y dimensión. La gravedad no es el único elemento que entra en juego en los movimientos de material y en los fenómenos de deslizamiento en particular, ya que también el agua, ya sea superficial o subterránea, tiene una influencia muy importante para este tipo de fenómenos.

La tipología que se utilizó en el presente Atlas, se encuentra basada en la clasificación del tipo de movimiento el tipo de material involucrado, y se engloban en los siguientes:

1. **Deslizamiento:** son movimientos relativamente rápidos del talud en los cuales la masa de la roca se mueve a través de una o más superficies bien definidas y que definen la geometría del deslizamiento.
2. **Flujos de detritos:** son movimientos de detritos húmedos y/o secos, con alto grado de saturación, que presentan un dinamismo de rápido a muy rápido. Esta forma destructiva de falla del talud está asociada a zonas de montañas donde una precipitación puede movilizar los detritos del manto e incorporarlos a un proceso de flujo. El material involucrado puede ser detritos de roca alterada o acumulaciones de material de escombros y/o material retrabajado.
3. **Volteos:** este tipo de falla ocurre cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera del tercio medio en la base del mismo. El giro o volteo se produce alrededor de un punto de pivote. Este tipo de falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales.
4. **Caídos:** son movimientos que se refieren al descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaños y geometría variable, con fuerte pendiente de acantilados y son fuertemente influenciados por factores como la gravedad, la erosión y el agua. El movimiento puede incluir



deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. La separación y generación de bloques se produce a lo largo de una serie de discontinuidades

5. **Movimientos Complejos:** se refiere a la combinación de dos o más mecanismos de falla, identificados a lo largo del frente de un talud.

Los mecanismos potenciales de falla identificados en Ecatepec de Morelos son:

- i. Deslizamientos
- ii. Caída de rocas
- iii. Flujo de detritos
- iv. Volteos

Estos se lograron identificar con trabajo previo realizado en gabinete donde, a partir del análisis de una serie de variables que detonan problemas de inestabilidad y que se manipularon con apoyo de software SIG, se complementaron con interpretación de imágenes satelitales y fotografías aéreas, de manera que se lograron obtener las zonas con un alto potencial a desarrollar problemas de inestabilidad. Dichas zonas se verificaron en campo, comprobándose la presencia de los mecanismos descritos tanto en la Sierra de Chiconautla como en la de Guadalupe, además de elaborar una cartografía a detalle de los sitios de mayor importancia..

A modo de introducción, es importante hacer notar que 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.

5.1.4.1 Inestabilidad de laderas

Peligro por deslizamientos

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles o propensas al mecanismo de volteo-deslizamiento, y los criterios empleados, fueron los siguientes:

1. Zonas del terreno con pendientes entre 25° y 50°;
2. Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad al mecanismo de volteo-deslizamiento con las siguientes categorías: baja (), media (cárcavas/depósito volcánico retrabajado, Domo Cerro Gordo pórfido dacítico, Domo El Chiquihuite dacita porfídica, Domo Santa María Chiconautla de lava basáltica y piroclastos, domo volcánico dacítico, lahares, lava andesítica, volcán La Presa pórfido andesítico, volcán Moctezuma andesita porfídica, volcán Moctezuma pórfido dacítico y volcán Tres Padres pórfido dacítico) y alta (Domo María Auxiliadora pórfido dacítico, Domo Tejocote pórfido dacítico y lava intercalada con piroclastos);
3. Densidad de disección del terreno (definida como el valor de la longitud del número de cauces sobre una unidad de superficie de 1km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.001452-0.083155, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.001452-0.013036), media (0.013037-0.043859) y alta (0.043860-0.083155);
4. 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 km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.000153-0.012561, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000153-0.002709), media (0.002710-0.005935) y alta (0.005936-0.012561);
5. Energía del relieve (definida como la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena representada por la diferencia altitudinal en un área determinada) establecida por los valores 0.000001-0.000077, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000001-0.000077), media (0.000078-0.000258) y alta (0.000259-0.000470);
6. Precipitación anual, es la cantidad de precipitación media anual en milímetros para la zona de Ecatepec de Morelos y determinada por los valores 574.2mm-706.3mm con las siguientes categorías de intensidad: baja (574.2-600.6), media (600.7-637.1) y alta (637.2-706.3); y,
7. Zonificación urbana, distinguidas por tres tipos principales de superficies, según el contexto de Ecatepec de Morelos y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: sitios de taludes (o sitios de atención prioritaria), zona urbana y zona de conservación ecológica.

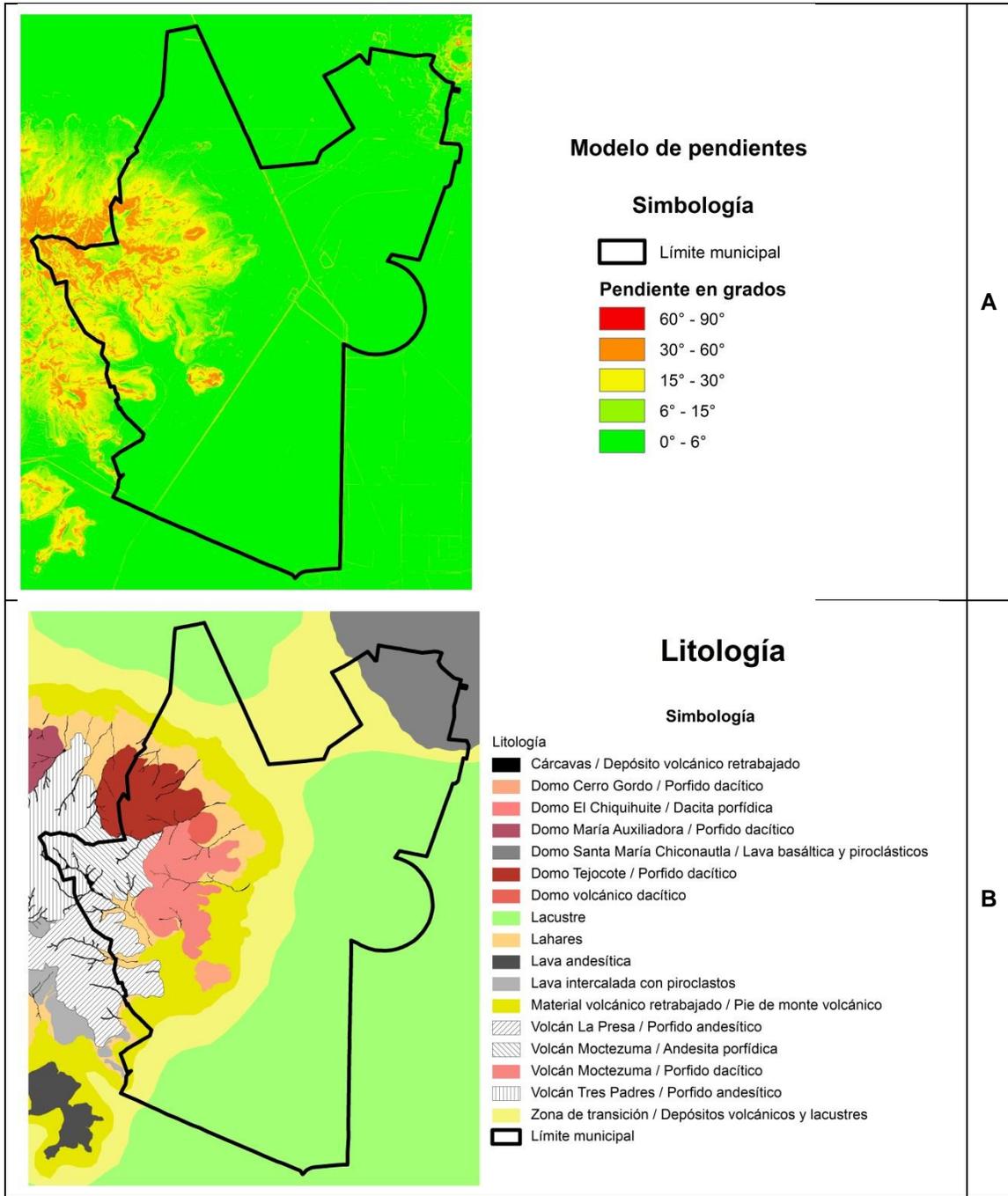


Figura 5.12 Modelo de Pendientes (A) y Litología (B) del Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: INEGI.

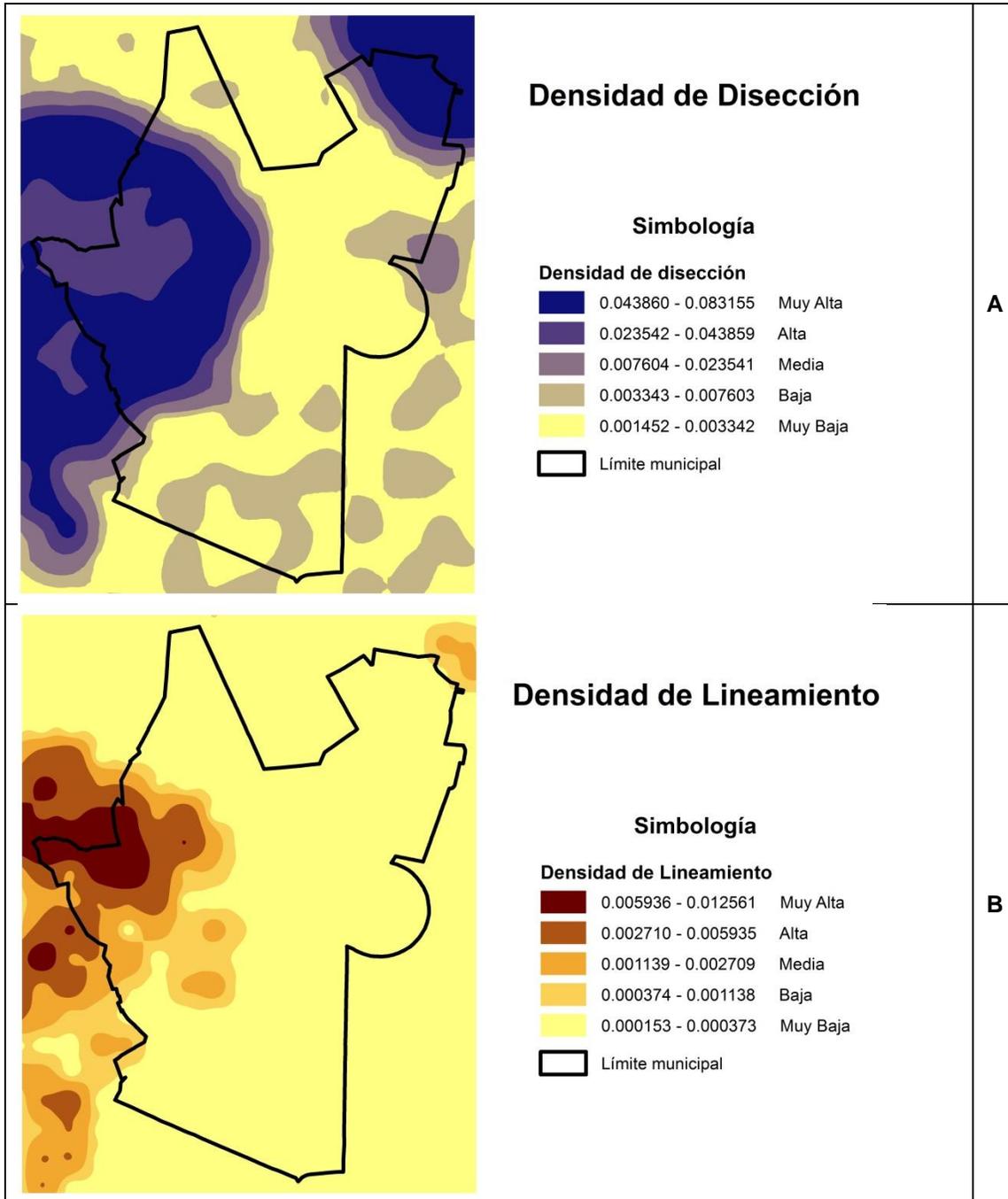


Figura 5.13 Densidad de Disección (A) y Densidad de Lineamiento (B) del Municipio de Ecatepec de Morelos.
Fuente: Elaboración propia.

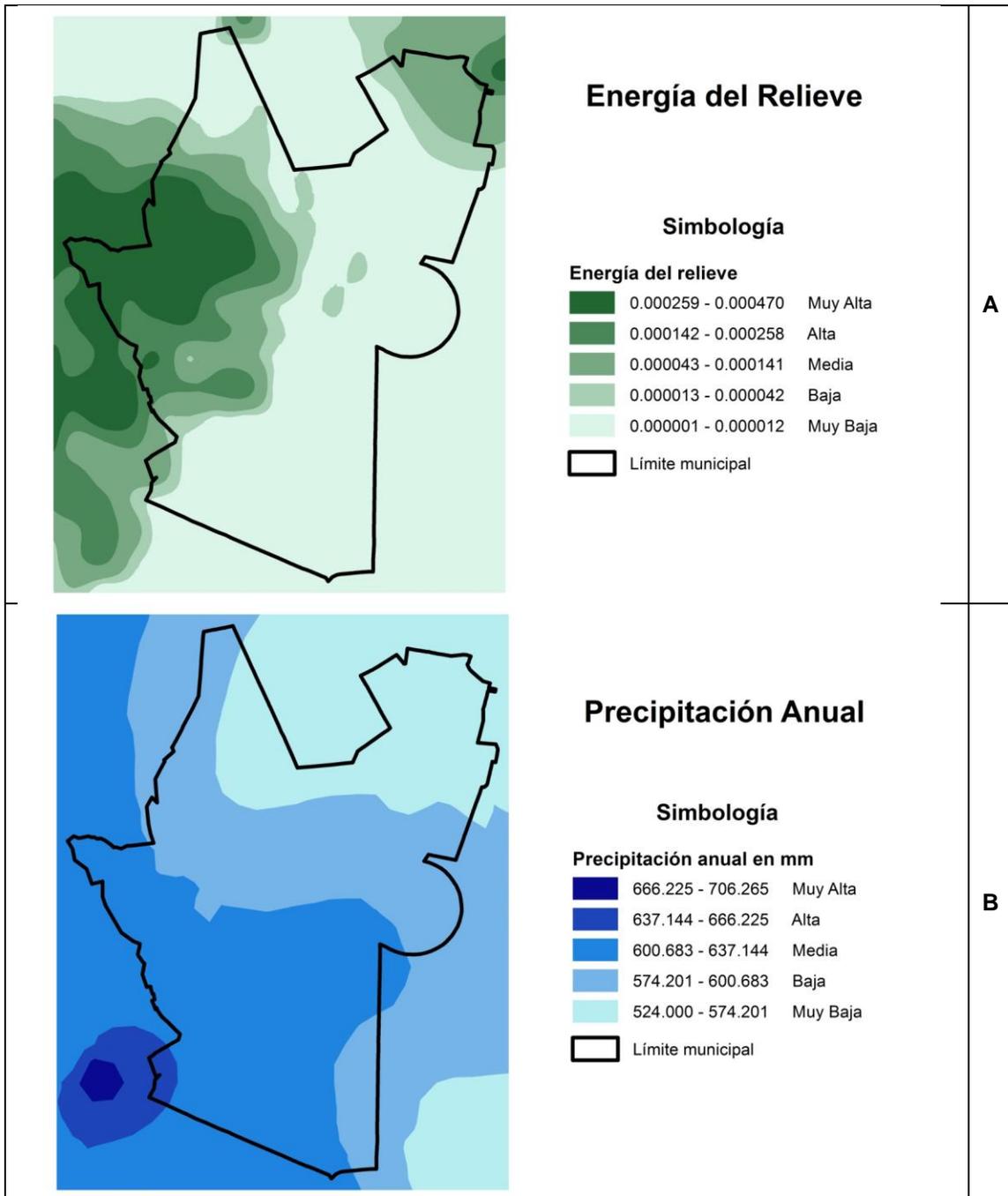


Figura 5.14 Energía del Relieve (A) y Precipitación promedio anual (B) del Municipio de Ecatepec de Morelos.
Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI.



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 de Morelos, 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, según los siguientes cuadros:

Variable/Proceso/Intensidad	Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Pendiente Volteo - deslizamiento	25° - 33.3°	33.3° - 41.6°	41.6° - 50°
Litología Volteo - deslizamiento	-----	C/DvR - DCGPD - DECDP - DSMCLvBPr - DvD - Lh - LvA - vLPPA - vMAP - vMPD - vTPPA	DMAPD - DTPD - LvIPr
Densidad de disección (longitud escurrimientos / km2)	0.001452 - 0.013036	0.013037 - 0.043859	0.043860 - 0.083155
Densidad de lineamiento (longitud lineamientos / km2)	0.000153 - 0.002709	0.002710 - 0.005935	0.005936 - 0.012561
Energía del relieve (diferencia altimétrica m / m2)	0.000001 - 0.000077	0.000078 - 0.000258	0.000259 - 0.000470
Precipitación anual (mm de precipitación anual)	574.2 - 600.6	600.7 - 637.1	637.2 - 706.3
Zonificación urbana zonas de exposición	Zona de conservación ecológica (ZCE)	Zona urbana (ZU)	Sitio de taludes inestables (STI)

Tabla 5.10 Ponderaciones de propensión-susceptibilidad de las variables de análisis para el mecanismo de volteo-deslizamiento. Fuente: Elaboración propia.

Abreviatura	Litología
C/DvR	Cárcavas/Depósito volcánico retrabajado
DCGPD	Domo Cerro Gordo pórfido-dacítico
DECDP	Domo El Chiquihuite dacita-porfídica
DMAPD	Domo María Auxilidora pórfido-dacítico
DSMCLvBPr	Domo Santa María Chiconautla lava basáltica y piroclásticos
DTPD	Domo Tejocote pórfido-dacítico
DvD	Domo volcánico dacítico
Lh	Lahares
LvA	Lava andesítica



Abreviatura	Litología
LvIPr	Lava intercalada con piroclastos
vLPPA	Volcán La Presa pórfido-andesítico
vMAP	Volcán Moctezuma andesita porfídica
vMPD	Volcán Moctezuma pórfido-dacítico
vTPPA	Volcán Tres Padres pórfido-andesítico
vTPPD	Volcán Tres Padres pórfido-dacítico

Tabla 5.11 Clave de abreviaturas de las litologías consideradas para el mecanismo de volteo-deslizamiento. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el esquema de análisis trabajado, la susceptibilidad o propensión a volteo-deslizamiento de terreno en la zona de estudio de Ecatepec de Morelos se determinó por 9 niveles. De lo anterior, se construyeron 4 categorías de intensidad.

- **Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice 0.0416):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice 0.0585):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice 0.0732):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice 0.0859):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice 0.0970):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice 0.1066):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava basáltica y piroclásticos, dacíticos,



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;

- **Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice 0.1150):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice 0.1223):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, dacíticos, lahares, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice 0.1307):** comprende valores de pendiente de 25° a 50°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, dacíticos, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica.

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:

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

Dónde:

IsuscDz : Índice de susceptibilidad a deslizamientos;

NsuscDz_i = ***p_i*** + ***l_i*** + ***e_i*** + ***dt_i*** + ***dl_i***

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

$\Sigma NsuscDz_i$: 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***.



Nivel	Índice	Categoría de intensidad			
		Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.0416	X			
2	0.0585	X			
3	0.0732		X		
4	0.0859		X		
5	0.0970			X	
6	0.1066			X	
7	0.1150				X
8	0.1223				X
9	0.1307				X

Tabla 5.12 Niveles de propensión-susceptibilidad a volteo-deslizamiento según intensidad. Fuente: Elaboración propia.

Con base a lo anterior, se zonificó el peligro por deslizamientos en el Municipio de Ecatepec; dicho peligro se ubica principalmente en la zona serrana, ya que como se mencionó anteriormente, la pendiente del terreno es una condición para la existencia de este fenómeno.

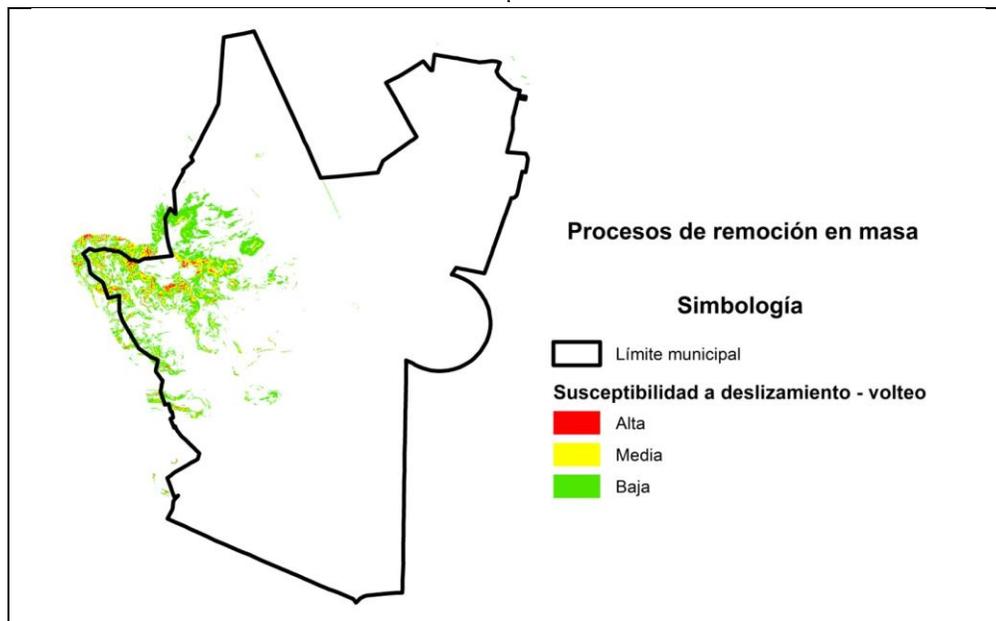


Figura 5.15 Procesos de remoción en masa: deslizamientos en el Municipio de Ecatepec de Morelos. Fuente: Elaboración propia.





Figura 5.17 Erosión en cárcavas. Izquierda crecimiento cárcava aguas arriba en la zona de las antenas, derecha zona de deslizamientos en la pared de las márgenes Av. La Negra. Fuente: Elaboración propia

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.

A continuación se enlistan los AGEB's donde las viviendas se encuentran edificadas directamente sobre zonas en riesgo. Es importante hacer notar que debido al mecanismo de traslado de materiales, en un caso de deslizamiento los daños pueden ser mayores a los señalados en la siguiente tabla.

AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300011699	120	600	Alta	Bajo	Medio
	60	300	Alta	Medio	Alto
	20	100	Alta	Alto	Alto
1503300012220	40	200	Alta	Bajo	Medio
1503300012254	80	400	Alta	Bajo	Medio
	1	5	Alta	Alto	Alto
1503300012428	35	175	Alta	Bajo	Medio
1503300012574	10	50	Muy Alta	Bajo	Medio
1503300012589	5	25	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300012729	10	50	Alta	Muy Bajo	Medio
	5	25	Alta	Bajo	Medio
	10	50	Alta	Medio	Alto
1503300012733	5	25	Alta	Alto	Alto



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012979	15	75	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300012998	10	50	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013002	10	50	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013017	5	25	Media	Muy Bajo	Bajo
1503300013074	10	50	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013089	10	50	Alta	Bajo	Medio
1503300013089	5	25	Alta	Medio	Alto
1503300013093	30	150	Media	Bajo	Medio
1503300013093	30	150	Media	Medio	Medio
1503300013093	5	25	Media	Muy Alto	Alto
1503300013106	80	400	Alta	Bajo	Medio
1503300013106	20	100	Alta	Alto	Alto
1503300013106	10	50	Alta	Muy Alto	Muy Alto
1503300013110	50	250	Alta	Bajo	Medio
1503300013110	10	50	Alta	Alto	Alto
1503300013125	30	150	Alta	Bajo	Medio
1503300013144	35	175	Alta	Bajo	Medio
1503300013163	100	500	Alta	Bajo	Medio
1503300013163	5	25	Alta	Medio	Alto
1503300013163	15	75	Alta	Alto	Alto
1503300013341	50	250	Alta	Bajo	Medio
1503300013341	10	50	Alta	Alto	Alto
1503300013356	10	50	Alta	Bajo	Medio
1503300013394	60	300	Alta	Bajo	Medio
1503300013394	10	50	Alta	Alto	Alto
1503300013426	35	175	Alta	Bajo	Medio
1503300013426	10	50	Alta	Alto	Alto
1503300013426	5	25	Alta	Muy Alto	Muy Alto
1503300013430	40	200	Alta	Bajo	Medio
1503300013430	10	50	Alta	Alto	Alto
1503300013430	10	50	Alta	Muy Alto	Muy Alto
1503300013483	20	100	Muy Alta	Bajo	Medio
1503300013498	20	100	Alta	Medio	Alto
1503300013572	230	1150	Muy Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013572	40	200	Muy Alta	Bajo	Medio
1503300013572	30	150	Muy Alta	Medio	Alto
1503300013587	120	600	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013587	10	50	Alta	Bajo	Medio
1503300013591	180	900	Alta	Muy Bajo	Medio
1503300013591	30	150	Alta	Bajo	Medio
1503300013591	10	50	Alta	Medio	Alto
1503300013623	30	150	Alta	Bajo	Medio



AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013746	10	50	Alta	Muy Bajo	Medio
	60	300	Alta	Bajo	Medio
	5	25	Alta	Medio	Alto
	5	25	Alta	Alto	Alto
1503300013816	10	50	Alta	Bajo	Medio
1503300014053	50	250	Muy Alta	Bajo	Medio
	5	25	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014072	30	150	Muy Alta	Bajo	Medio
1503300014388	20	100	Alta	Bajo	Medio
1503300014392	30	150	Alta	Bajo	Medio
1503300014782	230	1150	Alta	Bajo	Medio
	30	150	Alta	Medio	Alto
	30	150	Alta	Alto	Alto
	30	150	Alta	Muy Alto	Muy Alto
1503300014975	5	25	Muy Alta	Medio	Alto
150330001046A	10	50	Media	Bajo	Medio
	10	50	Media	Medio	Medio
	5	25	Media	Alto	Alto
	5	25	Media	Muy Alto	Alto
150330001224A	40	200	Alta	Bajo	Medio
150330001256A	30	150	Muy Alta	Bajo	Medio
	10	50	Muy Alta	Alto	Muy Alto
150330001313A	80	400	Alta	Bajo	Medio
	10	50	Alta	Alto	Alto
150330001338A	10	50	Alta	Bajo	Medio
	5	25	Alta	Medio	Alto
	5	25	Alta	Alto	Alto
	5	25	Alta	Muy Alto	Muy Alto
150330001377A	20	100	Muy Alta	Bajo	Medio
150330001498A	10	50	Muy Alta	Bajo	Medio
	5	25	Muy Alta	Alto	Muy Alto

Tabla 5.13 Zonificación de Riesgo por Inestabilidad de Laderas a nivel AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.2 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...¹. Pueden ser de muy lentos a muy rápidos, así como secos o húmedos. Principalmente se distinguen:

- 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

Los elementos considerados para determinar las zonas susceptibles al mecanismo de flujo de detritos fueron los siguientes:

1. Zonas del terreno con pendientes entre 15° y 25°;
2. Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a flujo de detritos, según las siguientes categorías: baja (), media () y alta (cárcavas/depósito volcánico retrabajado, Domo Santa María Chiconautla de lava basáltica y piroclásticos y lahares);
3. Densidad de disección del terreno (definida como el valor de la longitud del número de cauces sobre una unidad de superficie de 1km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.001452-0.083155, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.001452-0.013036), media (0.013037-0.043859) y alta (0.043860-0.083155);
4. 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 km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.000153-0.012561, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000153-0.002709), media (0.002710-0.005935) y alta (0.005936-0.012561);
5. Energía del relieve (definida como la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena representada por la diferencia altitudinal en un área determinada) establecida por los valores 0.000001-0.000077, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000001-0.000077), media (0.000078-0.000258) y alta (0.000259-0.000470);
6. Precipitación anual, es la cantidad de precipitación media anual en milímetros para la zona de Ecatepec de Morelos y determinada por los valores 574.2mm-706.3mm con las siguientes categorías de intensidad: baja (574.2-600.6), media (600.7-637.1) y alta (637.2-706.3); y,

¹En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 5.



7. Zonificación urbana, distinguidas por tres tipos principales de superficies, según el contexto de Ecatepec de Morelos y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: sitios de taludes (o sitios de atención prioritaria), zona urbana y zona de conservación ecológica.

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 de Morelos, 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.

Variable/Proceso/Intensidad		Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Pendiente	Flujo de detritos	15° - 18.3°	18.3° - 21.6°	21.6° - 25°
Litología	Flujo de detritos	-----	-----	C/DvR - DSMCLvBPr - Lh
Densidad de disección	(longitud de escurrimientos / km ²)	0.001452 - 0.013036	0.013037 - 0.043859	0.043860 - 0.083155
Densidad de lineamiento	(longitud de lineamientos / km ²)	0.000153 - 0.002709	0.002710 - 0.005935	0.005936 - 0.012561
Energía del relieve	(diferencia altimétrica m / m ²)	0.000001 - 0.000077	0.000078 - 0.000258	0.000259 - 0.000470
Precipitación anual	(mm de precipitación anual)	574.2 - 600.6	600.7 - 637.1	637.2 - 706.3
Zonificación urbana	zonas de exposición	Zona de conservación ecológica (ZCE)	Zona urbana (ZU)	Sitio de taludes inestables (STI)

Tabla 5.14 Ponderaciones de propensión-susceptibilidad de las variables de análisis para el mecanismo de flujo de detritos. Fuente: Elaboración propia.

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

- **Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice 0.0254):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos retrabajados, lahares y material volcánico retrabajado/pie de monte volcánico), densidad de disección del terreno baja, media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja, media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



- **Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice 0.0345):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados, lahares y material volcánico reabajado/pie de monte volcánico), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja, media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice 0.0417):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados, lahares y material volcánico reabajado/pie de monte volcánico), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja, media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice 0.0476):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados, lahares y material volcánico reabajado/pie de monte volcánico), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja, media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice 0.0523):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados, lahares y material volcánico reabajado/pie de monte volcánico), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice 0.0561):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados y lahares), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice 0.0591):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados y lahares), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice 0.0629):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados y lahares), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve baja, media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice 0.0676):** comprende valores de pendiente de 15° a 25°, materiales geológicos variados (cárcavas/depósitos volcánicos reabajados y lahares), densidad de disección del terreno media y alta, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica.



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			
		Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.0254	X			
2	0.0345	X			
3	0.0417		X		
4	0.0476		X		
5	0.0523			X	
6	0.0561			X	
7	0.0591				X
8	0.0629				X
9	0.0676				X

Tabla 5.15 Niveles de propensión-susceptibilidad a flujo de detritos según intensidad. Fuente: Elaboración propia.

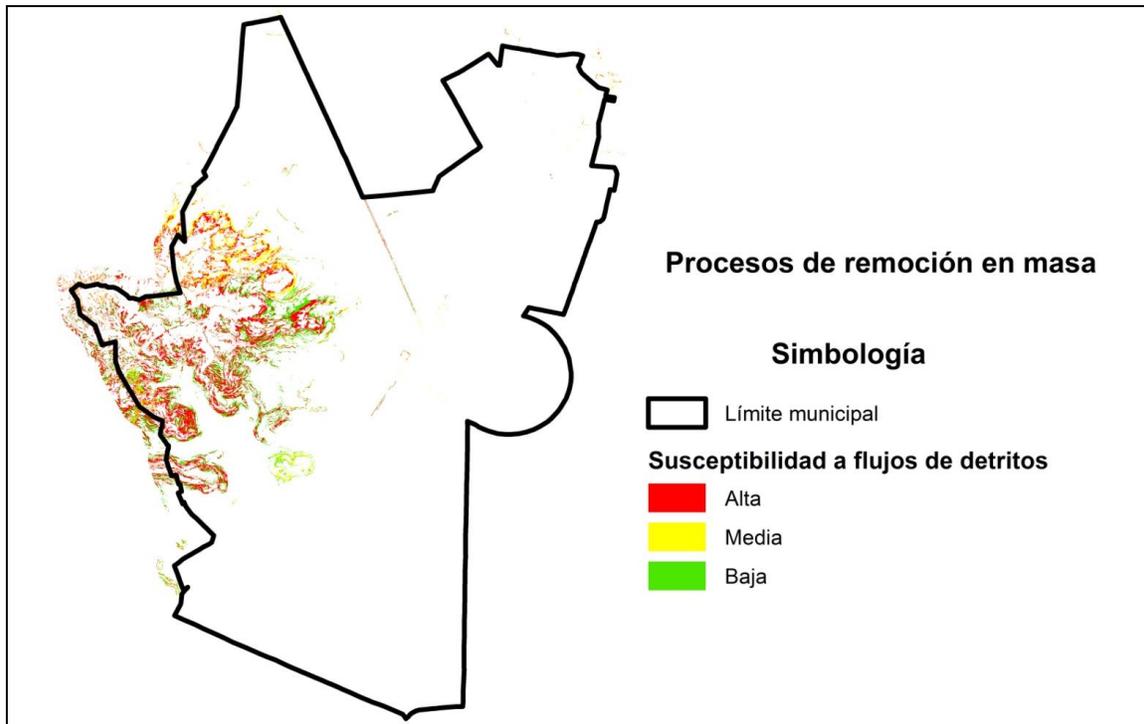


Figura 5.18 Procesos de remoción en masa: zonas con peligro de flujos de detritos en el Municipio de Ecatepec.
Fuente: Elaboración propia.

Vulnerabilidad y riesgo por caídos y derrumbes

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.

A continuación se enlistan los AGEB's donde las viviendas se encuentran edificadas directamente sobre zonas en riesgo. Es importante hacer notar que debido al mecanismo de traslado de materiales, en un caso de flujo de detritos los daños pueden ser mayores a los señalados en la siguiente tabla.

AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010031	15	75	Medio	Medio	Medio
1503300010192	15	75	Baja	Medio	Medio
1503300010243	15	75	Baja	Medio	Medio
1503300011580	10	50	Medio	Bajo	Medio
1503300011631	30	150	Medio	Medio	Medio
1503300011699	290	1450	Alta	Alto	Alto



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012220	260	1300	Alta	Alto	Alto
1503300012254	120	600	Alta	Alto	Alto
1503300012428	180	900	Alta	Alto	Alto
1503300012574	70	350	Alta	Medio	Alto
1503300012589	60	300	Alta	Medio	Alto
1503300012729	40	200	Alta	Medio	Alto
1503300012733	40	200	Alta	Alto	Alto
1503300012837	20	100	Media	Alto	Alto
1503300012979	70	350	Alta	Medio	Alto
1503300012998	50	250	Alta	Medio	Alto
1503300013002	25	125	Alta	Medio	Alto
1503300013017	30	150	Medio	Medio	Medio
1503300013074	100	500	Alta	Medio	Alto
1503300013106	160	800	Alta	Alto	Alto
1503300013110	160	800	Alta	Alto	Alto
1503300013125	150	750	Alta	Alto	Alto
1503300013144	130	650	Alta	Alto	Alto
1503300013163	200	1000	Alta	Alto	Alto
1503300013341	300	1500	Alta	Alto	Alto
1503300013356	60	300	Alta	Alto	Alto
1503300013360	20	100	Alta	Bajo	Medio
1503300013394	250	1250	Alta	Alto	Alto
1503300013411	120	600	Alta	Medio	Alto
1503300013426	100	500	Alta	Alto	Alto
1503300013430	120	600	Alta	Alto	Alto
1503300013483	130	650	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300013498	130	650	Alta	Medio	Alto
1503300013572	130	650	Muy Alta	Medio	Alto
1503300013587	70	350	Alta	Medio	Alto
1503300013591	60	300	Alta	Medio	Alto
1503300013604	80	400	Alta	Alto	Alto
1503300013619	20	100	Alta	Bajo	Medio
1503300013623	120	600	Alta	Alto	Alto
1503300013746	90	450	Alta	Alto	Alto
1503300013801	15	75	Alta	Bajo	Medio



AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013816	60	300	Alta	Alto	Alto
1503300014053	280	1400	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014068	90	450	Alta	Alto	Alto
1503300014072	40	200	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014091	15	75	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014104	15	75	Alta	Alto	Alto
1503300014388	100	500	Alta	Alto	Alto
1503300014392	190	950	Alta	Alto	Alto
1503300014693	20	100	Alta	Alto	Alto
1503300014778	60	300	Alta	Alto	Alto
1503300014782	140	700	Alta	Alto	Alto
1503300014956	10	50	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014960	5	25	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014975	10	50	Muy Alta	Alto	Muy Alto
150330001046A	20	100	Medio	Medio	Medio
150330001224A	110	550	Alta	Alto	Alto
150330001256A	90	450	Muy Alta	Alto	Muy Alto
150330001306A	60	300	Alta	Medio	Alto
150330001313A	120	600	Alta	Alto	Alto
150330001338A	50	250	Alta	Alto	Alto
150330001377A	70	350	Muy Alta	Alto	Muy Alto
150330001498A	80	400	Muy Alta	Alto	Muy Alto

Tabla 5.16 Zonificación de Riesgo por Flujos de detritos a nivel AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.1.4.3 Caídos y Derrumbes

Peligros por Caídos y Derrumbes

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

1. Zonas del terreno con pendientes superiores a 50°;
2. Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a caída-derrumbe, con las siguientes categorías: baja (cárcavas/depósito volcánico retrabajado, Domo Santa María Chiconautla de lava basáltica y piroclásticos y lahares), media (Domo María Auxiliadora pórfido dacítico, Domo Tejocote pórfido dacítico y lava intercalada con piroclastos) y alta (Domo Cerro Gordo pórfido dacítico, Domo El Chiquihuite dacita porfídica, domo volcánico dacítico, lava andesítica, volcán La Presa pórfido andesítico,



- volcán Moctezuma andesita porfídica, volcán Moctezuma porido dacítico y volcán Tres Padres pórfido andesítico);
- Densidad de disección del terreno (definida como el valor de la longitud del número de cauces sobre una unidad de superficie de 1km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.001452-0.083155, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.001452-0.013036), media (0.013037-0.043859) y alta (0.043860-0.083155);
 - 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 km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.000153-0.012561, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000153-0.002709), media (0.002710-0.005935) y alta (0.005936-0.012561);
 - Energía del relieve (definida como la intensidad relativa de la actividad endógena en relación con la exógena representada por la diferencia altitudinal en un área determinada) determinada por los valores 0.000001-0.000077, con las siguientes categorías de intensidad: baja (0.000001-0.000077), media (0.000078-0.000258) y alta (0.000259-0.000470);
 - Precipitación anual, es la cantidad de precipitación media anual en milímetros para la zona de Ecatepec de Morelos y determinada por los valores 574.2mm-706.3mm con las siguientes categorías de intensidad: baja (574.2-600.6), media (600.7-637.1) y alta (637.2-706.3); y,
 - Zonificación urbana, distinguidas por tres tipos principales de superficies, según el contexto de Ecatepec de Morelos y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: sitios de taludes (o sitios de atención prioritaria), zona urbana y zona de conservación ecológica.

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores y características de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión a derrumbes. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Ecatepec de Morelos el terreno presenta una mayor susceptibilidad a derrumbes en aquéllos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies con los valores más altos de la densidades de disección y lineamiento del terreno, así como energía del relieve y precipitación, además de las zonas más expuestas de la zonificación urbana, según el siguiente cuadro:

Variable/Proceso/Intensidad		Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Pendiente	Caída - derrumbe	50° - 60°	60° - 70°	70° - 80°
Litología	Caída - derrumbe	C/DvR - DSMCLvBPr - Lh	DMAPD - DTPD - LvIPr	DCGPD - DECDP - DvD - LvA - vLPPA - vMAP - vMPD - vTPPA - vTPPD
Densidad de disección	(longitud escurrimientos / km ²)	0.001452 - 0.013036	0.013037 - 0.043859	0.043860 - 0.083155
Densidad de lineamiento	(longitud lineamientos / km ²)	0.000153 - 0.002709	0.002710 - 0.005935	0.005936 - 0.012561



Variable/Proceso/Intensidad		Baja (1)	Media (2)	Alta (3)
Energía del relieve	(diferencia altimétrica m / m2)	0.000001 - 0.000077	0.000078 - 0.000258	0.000259 - 0.000470
Precipitación anual	(mm de precipitación anual)	574.2 - 600.6	600.7 - 637.1	637.2 - 706.3
Zonificación urbana	zonas de exposición	Zona de conservación ecológica (ZCE)	Zona urbana (ZU)	Sitio de taludes inestables (STI)

Tabla 5.17 Ponderaciones de propensión-susceptibilidad de las variables de análisis para el mecanismo de caída-derrumbe. Fuente: Elaboración propia.

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

$$IsuscDrr = \frac{NsuscDrr_i}{\sum NsuscDrr_i} \times 100$$

Donde:

IsuscDrr: Índice de susceptibilidad a derrumbes;

$NsuscDrr_i = p_i + l_i + e_i + dt_i + dl_i$

$NsuscDrr_i$: 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 deslizamientos de terreno en la zona de estudio del municipio de Ecatepec de Morelos se determinó por 9 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- **Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice 0.4250):** comprende valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, pórfido-andesíticos, lava intercalada con piroclastos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice 0.6023):** tiene valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice 0.7595):** posee valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



- lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
- **Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice 0.8989):** comprende valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
 - **Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice 1.0226):** tiene valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, pórfido-andesíticos, andesita porfídica y lava intercalada con piroclastos), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
 - **Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice 1.1323):** posee valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
 - **Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice 1.2296):** comprende valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
 - **Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice 1.3159):** tiene valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, lava intercalada con piroclastos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja media y alta, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica;
 - **Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice 1.3925):** posee valores de pendiente de 51° a 80°, materiales geológicos variados (pórfido-dacíticos, pórfido-andesíticos y andesita porfídica), densidad de disección del terreno baja y media, densidad de lineamiento baja, media y alta, energía del relieve media y alta, precipitación baja y media, y sitios de taludes inestables, zonas urbanas y zonas de conservación ecológica.

A partir de la definición de los niveles de susceptibilidad o propensión al mecanismo de caída-derrumbe en Ecatepec de Morelos, se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro.

Nivel	Índice	Categoría de intensidad			
		Baja	Media	Alta	Muy alta
1	0.4250	X			
2	0.6023	X			
3	0.7595		X		
4	0.8989		X		
5	1.0226			X	



6	1.1323	X	
7	1.2296		X
8	1.3159		X
9	1.3925		X

Tabla 5.18 Niveles de propensión-susceptibilidad a caída-derrumbe según intensidad. Fuente: Elaboración propia.

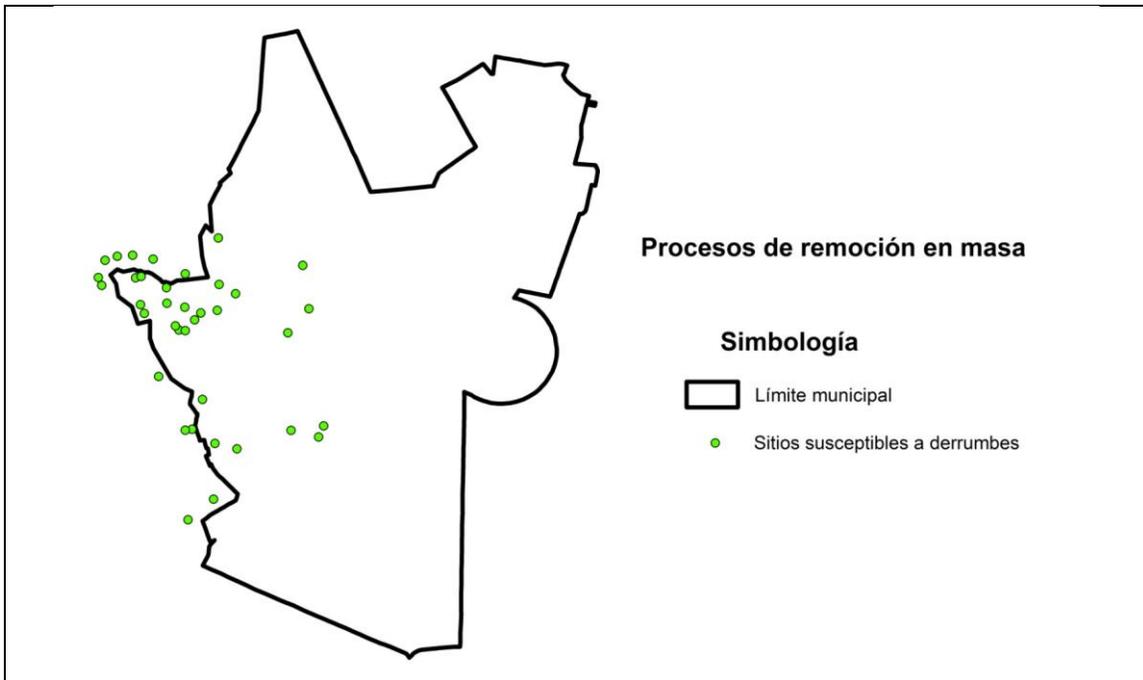


Figura 5.19 Procesos de remoción en masa: zonas con peligro de caídas y derrumbes en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

De manera posterior al análisis realizado, se llevó a cabo el trabajo de campo. Primeramente se inició en la zona de la Sierra de Chiconautla, donde se caracterizó un frente de talud inestable de aproximadamente 300 metros de longitud, compuesto por una serie de lahares y materiales volcánicos retrabajados. En ellos se identificó que el principal mecanismo de falla son la caída y el flujo de material detrítico, además de presentar mayores problemas debido a la erosión originando así socavamientos de diversa magnitud.

Respecto a la zona de la Sierra de Guadalupe, se identificaron un mayor número de sitios con mayores problemas de inestabilidad sobre todo en las colonias San Carlos Cantea y Lomas de San Carlos, Tablas del Pozo, San Andrés de la Cañada, Almarcigo Norte, Almarcigo Sur, San Pedro Xalostoc, Misael Núñez, Buenavista, Santa Clara Cerro Gordo, Cuauhtémoc, Benito Juárez 1ª. Sección, Justicia Social y Santa María Tulpetlac. En la mayoría de los sitios se verificó que los principales mecanismos de falla son caída de rocas, volteos singulares de roca, deslizamiento en cuña y en menor proporción flujos. Otra característica a mencionar es que algunos de estos sitios no cuentan con tratamientos geotécnicos adecuados.



La caída de bloques por desprendimiento se observa comúnmente en zonas que sirvieron como bancos de material y que fueron explotados durante varios años y donde se tienen taludes que presentan fracturas y planos de estratificación con distinta orientación, afectando tanto a las viviendas asentadas al pie como en la cabecera de estos.

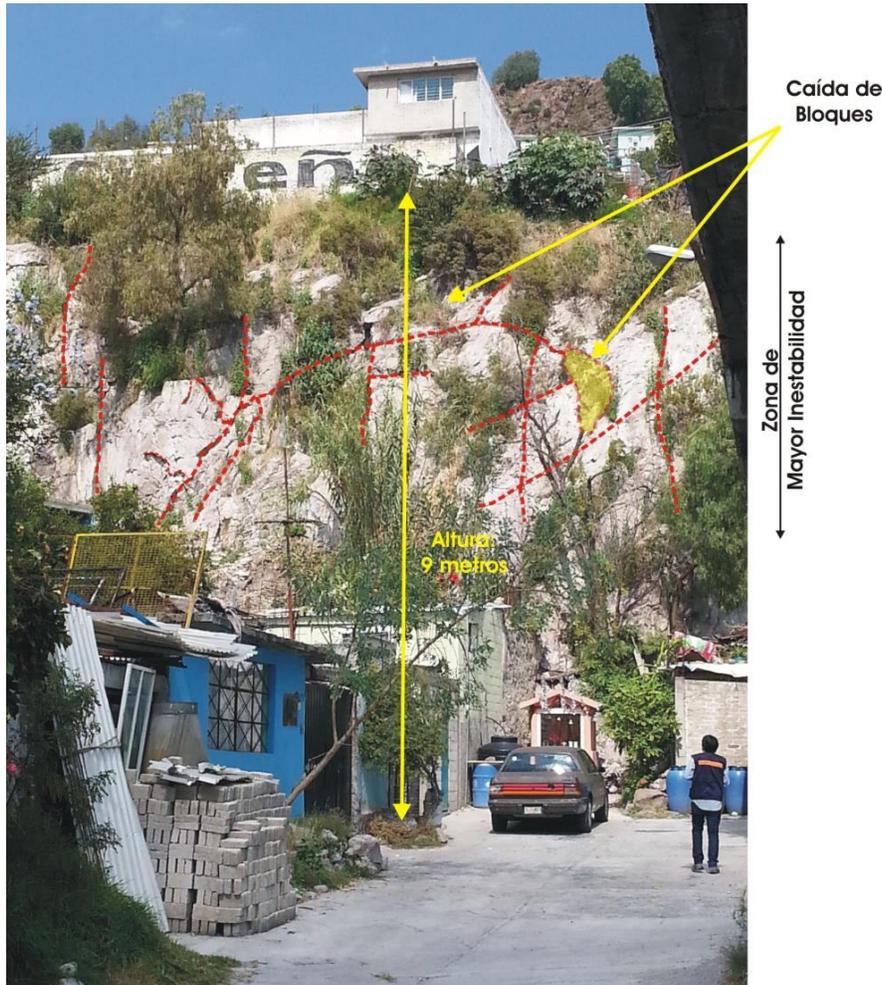


Figura 5.20 Talud Inestable por caída de bloques en la Colonia Lomas de San Carlos (Zona Sierra de Guadalupe).
Fuente: Elaboración propia

El mecanismo de falla por volteo, puede generar bloques columnares de diversos tamaños, delimitados por una serie de discontinuidades (diaclasas, juntas de enfriamiento, fracturas y/o fallas) que pueden generar diversos sistemas de fracturamiento. En estos frentes de taludes se pueden observar pendientes muy elevadas en las que el control estructural se debe al emplazamiento del material volcánico y/o zonas de falla y que en su mayoría tienen con un ángulo de echado casi vertical, originando el volteo hacia el frente del talud.

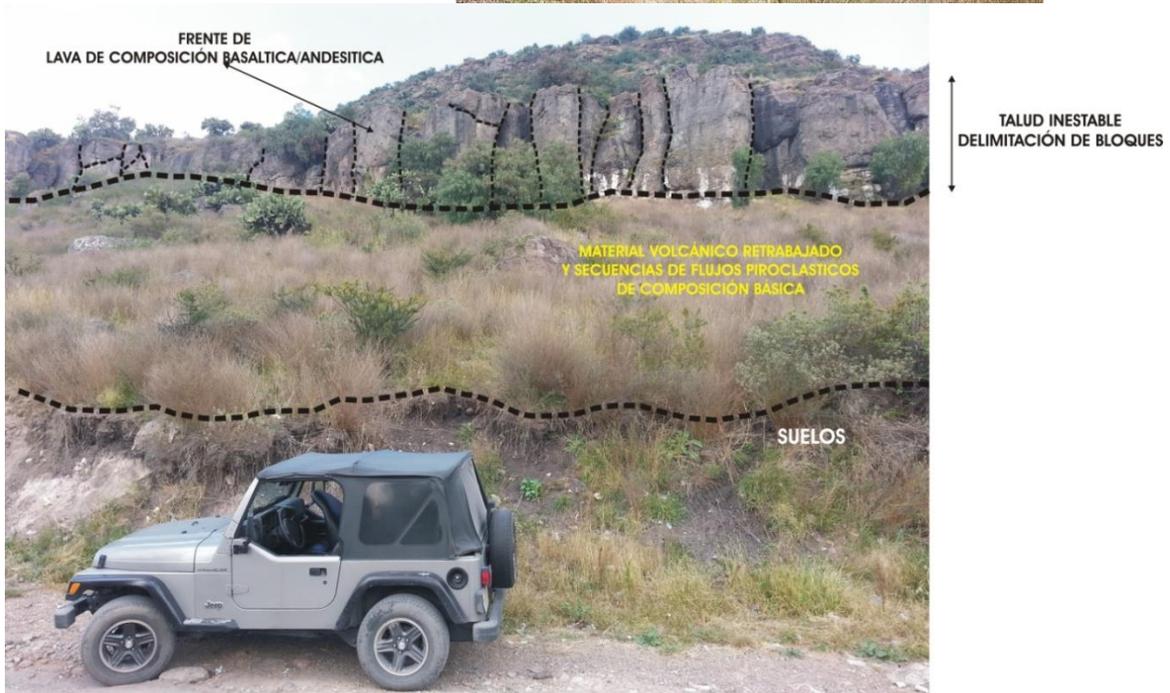
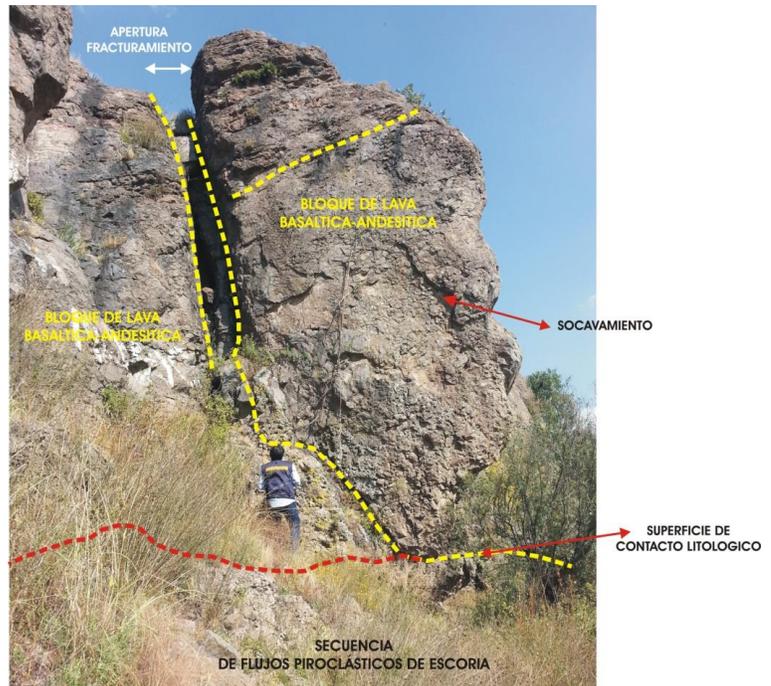


Figura 5.21 Talud Inestable por volteo singular en la Colonia Almarcigo Norte (Zona Sierra de Guadalupe). Fuente: Elaboración propia



Otro de los mecanismos más comunes identificados es la caída de bloques por rodamiento. Éste se identificó en dos casos muy particulares: en el primero los bloques son redondeados o subredondeados y se encuentran aislados debido a los afectos erosivos y están separados de la masa estable; en el segundo los bloques aislados se encuentran controlados por un sistema de fallas o por el emplazamiento de los depósitos volcánicos.



Figura 5.22 Talud Inestable por caída (rodamiento) en la Colonia Tablas del Pozo (Zona Sierra de Guadalupe).
Fuente: Elaboración propia

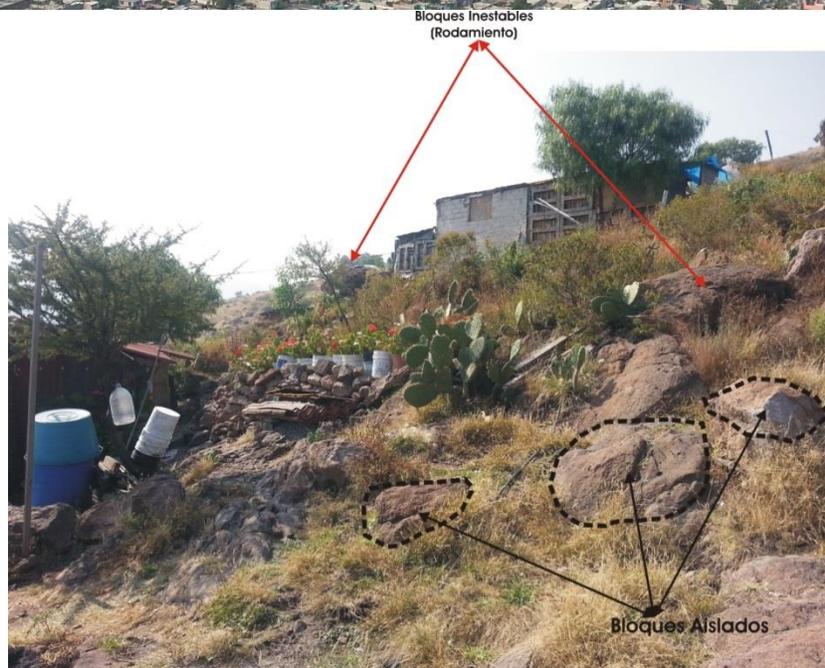


Figura 5.23 Talud Inestable por caída (rodamiento) en la Colonia Tablas del Pozo (Zona Sierra de Guadalupe).
Fuente: Elaboración propia



En otros sitios se identificaron mecanismos potenciales combinados (caída de bloques, deslizamiento en cuña y volteo singular), controlados en su mayoría por una modificación en su geometría original, además de encontrarse afectados por una serie de fracturas. Dichas condiciones, aunadas a otros factores como la litología, la erosión, la humedad, etc., han formado una serie de bloques con distinta geometría. Gran parte de estos corresponden a rocas dacíticas.



Figura 5.24 Talud Inestable por mecanismos combinados (caída, volteo y deslizamiento en cuña) en la Colonia Santa Clara Cerro Gordo (Zona Sierra de Guadalupe). Fuente: Elaboración propia

Vulnerabilidad y riesgo por caídos y derrumbes

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.

A continuación se enlistan los AGEB's donde las viviendas se encuentran edificadas directamente sobre zonas en riesgo de derrumbe.



AGEB	Viviendas	Población	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013093	50	250	Alta	Alto	Alto
1503300013106	90	450	Alta	Alto	Alto
1503300013110	40	200	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300013394	120	600	Alta	Alto	Alto
1503300013426	40	200	Alta	Alto	Alto
1503300013572	100	500	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300013587	70	350	Alta	Alto	Alto
1503300013591	110	550	Alta	Alto	Alto
1503300014053	40	200	Muy Alta	Alto	Muy Alto
1503300014782	30	150	Alta	Alto	Alto
1503300014956	50	250	Muy Alta	Muy Alto	Muy Alto
150330001046A	50	250	Media	Alto	Alto
150330001256A	30	150	Muy Alta	Alto	Muy Alto
150330001313A	40	200	Alta	Alto	Alto
1503300013445	30	150	Alta	Alto	Alto

Tabla 5.19 Zonificación de Riesgo por Caídos o Derrumbes a nivel AGEB en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

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 Guadalupeana 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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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.

El municipio de Ecatepec de Morelos cuenta con tres principales morfologías. La primera corresponde a una serie de aparatos volcánicos (volcanes monogenéticos, estratovolcanes, domos volcánicos, etc.) pertenecientes a la Sierra de Chiconautla y la Sierra de Guadalupe. La segunda morfología pertenece a una planicie de origen lacustre donde se localizaba el Ex lago de Texcoco. Y la tercera a una zona de transición conformada por la interdigitación de materiales volcánicos y lacustres.

Cada una de estas zonas juega un papel importante en el desarrollo de los problemas de subsidencia y fracturamiento del subsuelo, siendo la planicie lacustre y la zona de transición las de mayor importancia. En las zonas de transición existe una heterogeneidad de materiales geológicos que conforman el subsuelo, tanto de origen volcánico, provenientes de la Sierra de Guadalupe y Chiconautla, como de secuencias lacustres, depositados en el Ex lago de Texcoco. En tales áreas de transición, los materiales más finos se han depositado hacia la parte central de las zonas más bajas y en las cercanías de las sierras se localizan los materiales más gruesos.

Estas condiciones originan una variedad de alteraciones en las propiedades físicas y mecánicas de cada material que al estar sujetos a factores como extracción de agua y cargas estáticas y dinámicas (tránsito de vehículos pesados, sobrecarga en las viviendas), originan la subsidencia del terreno en una primera etapa para posteriormente generar zonas de deformación y fracturamiento con diversas orientaciones, que en su mayoría estarán asociadas a una serie de paleotopografía pre-existentes.



Figura 5.25 Hundimiento y fracturamiento del subsuelo en la Colonia Rustica Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013

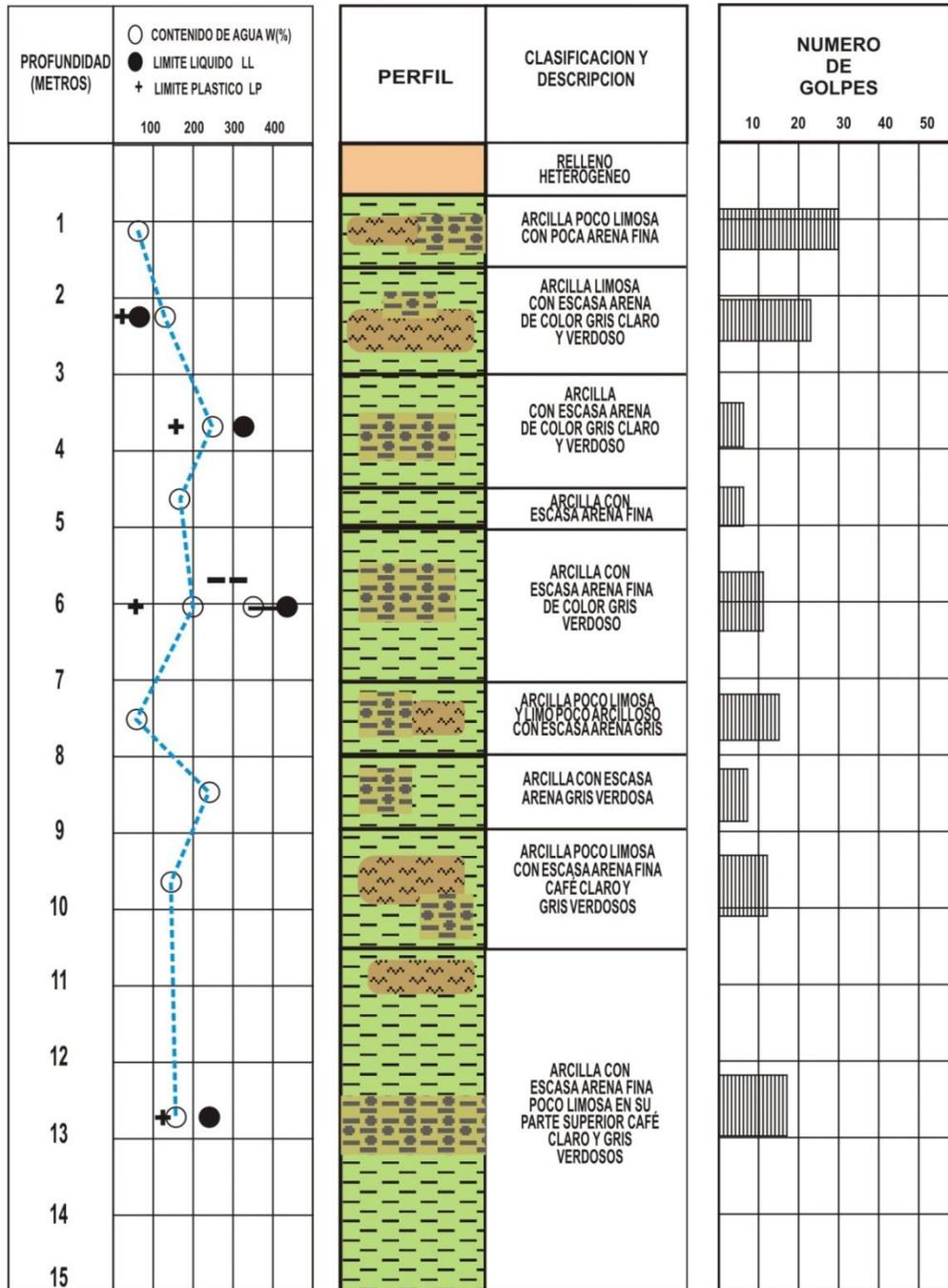


Figura 5.26 Sondeo Geotécnico sobre la Av. La Viga Ecatepec de Morelos; en esta se observa la heterogeneidad de secuencias lacustres y volcánicas. Fuente: Navarro Chavarría, 2001.



En la planicie lacustre se tienen grandes espesores de arcilla (desde secuencias con baja compresibilidad hasta secuencias de alta compresibilidad) con un comportamiento mecánico variable, lo cual se puede traducir en una dinámica irregular de estas. Otras propiedades mecánicas de estas secuencias arcillosas es que tienen ángulos de fricción bajos y cohesión nula, además de una baja resistencia al corte.

Los depósitos de arcilla son materiales muy deformables y, bajo la influencia de los factores referidos, en una primera etapa llega a ser común que se acelere el proceso de consolidación de sus materiales por estar sometidas a cargas superiores a las de su capacidad de carga natural. Esto induce en ellas una deformación continua y paulatina del subsuelo, que se manifiesta en superficie con hundimientos graduales y puntuales. En donde se tiene la presencia de estos materiales, son más marcados los valores de subsidencia del terreno, alcanzando hasta 30 centímetros anuales.

Una de las principales manifestaciones causadas por el fracturamiento y la subsidencia del terreno son los daños a la infraestructura y equipamiento urbano, y particularmente en las viviendas y redes hidráulicas. En el municipio de Ecatepec de Morelos se tienen varias colonias afectadas por este problema entre las que destacan: Granjas Valle de Guadalupe, Jardines de Tepeyac, Granjas de Guadalupe, Estrella, Valle de Anáhuac, Valle de Aragón 3ª Sección, Granjas Independencia, Sagitario, Fuentes de Aragón, Ciudad Oriente, San Agustín 3ª Sección, Ciudad Azteca 2ª y 3ª Sección, Rinconada de Aragón la Florida Ciudad Azteca y Polígono.



Figura 5.27 Hundimiento y fracturamiento del subsuelo y sus efectos en las viviendas y vialidades, izq. Calle Valle de Toluca Colonia Valle de Aragón 3ª Sección y der. Av. Canal de la Draga frente al Circuito Exterior Mexiquense en la Colonia Sagitario. Fuente: Elaboración propia.



Otro elemento a considerarse es la actividad biótica, factor que contribuye al hundimiento del terreno (Sámano 1994), ya que se ha documentado que determinado tipo de árboles (Casuarina equisetifolia, Eucaliptos glóbulos y la Acacia farneciana, entre otros), de origen australiano, e introducidos en la Cuenca de México, requieren grandes cantidades de agua para su ciclo de vida, absorbida por sus raíces lo que ocasiona un déficit de humedad en el suelo en el suelo en época de estiaje. Dentro de las principales características biológicas de estas especies, están la alta tolerancia a los suelos salinos y el consumo de agua que realizan, por lo que fueron consideradas para la desecación de la zona lacustre (Romero Miranda, 2011).

Este elemento provoca deformaciones en el subsuelo cuyos efectos se pueden notar en el terreno con deformaciones puntuales en forma radial, esto afecta de manera directa parte de los elementos de la infraestructura y el equipamiento urbano: banquetas, redes hidráulicas, inmuebles y obras civiles.



Figura 5.28 Efectos de la acción biótica en la Colonia Ciudad Azteca 2ª. Sección. Fuente: Elaboración propia.

La información relacionada con el hundimiento promedio anual registrado para la parte central de la Ciudad de México la cual fue obtenida a partir de imágenes de radar mediante la técnica InSAR. La interferencia de dos imágenes, lo que se le conoce como interferograma, calcula la variación de distancia de un objeto de la superficie terrestre al sensor. De esta manera se obtuvo la intensidad del fenómeno para el municipio. Para ello, se realizó la georreferenciación del interferograma que se encuentra en el artículo de López, Et. Al. (2009) para poder vectorizar los valores de subsidencia promedio anual, con lo cual se calculó la intensidad del fenómeno.

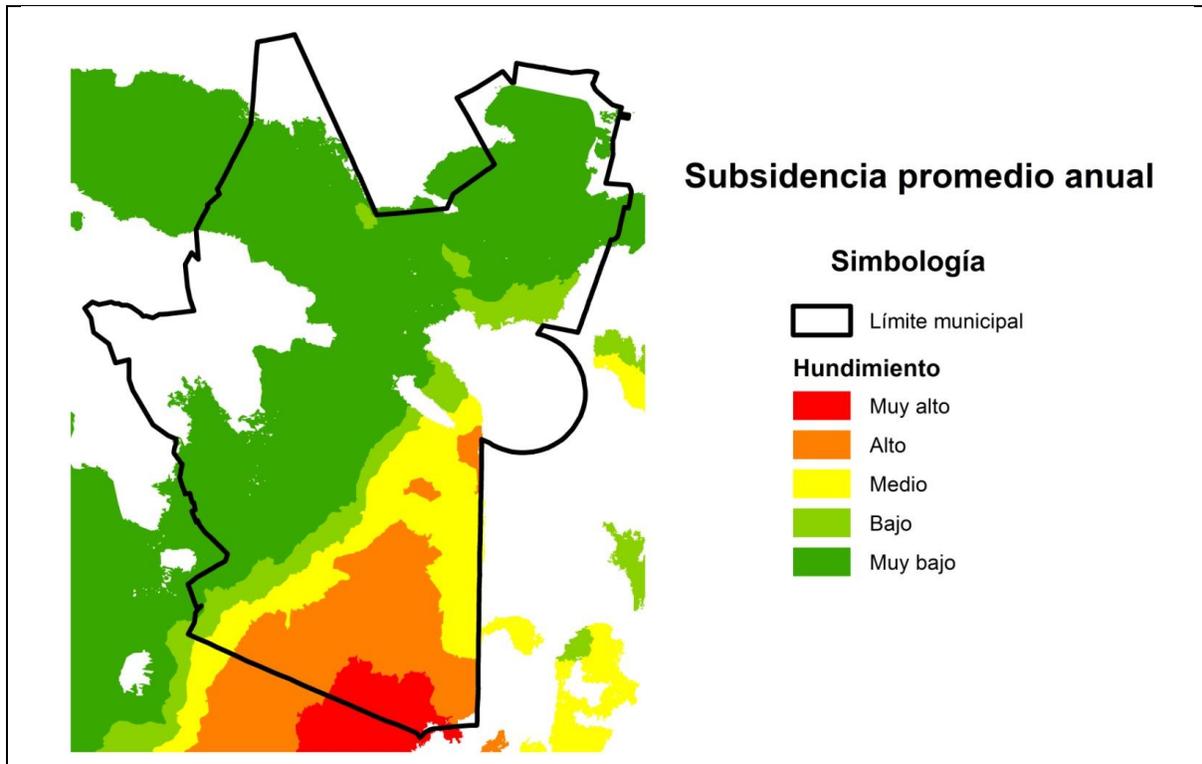


Figura 5.29 Subsistencia promedio anual en el Municipio de Ecatepec. Fuente: López, Et. Al. (2009).

Adicionalmente se revisó la información relacionada con la identificación de rasgos morfológicos identificados en el terreno los cuales se encuentran asociados a la subsidencia del terreno y se encuentran controlados por la topografía de la zona, estos ubicados en Ecatepec de Morelos y zonas aledañas. Se realizó en primera parte un análisis con Imágenes de Satélite e integrándolo con las Curvas de Nivel, posteriormente se realizó trabajo de campo donde se recorrieron calles y avenidas a fin de mapear e identificar elementos y/o rasgos asociados a la deformación del terreno y evidencias de fracturamiento sobre el terreno. Se identificaron 43 lineamientos asociados a este rasgo morfológico.

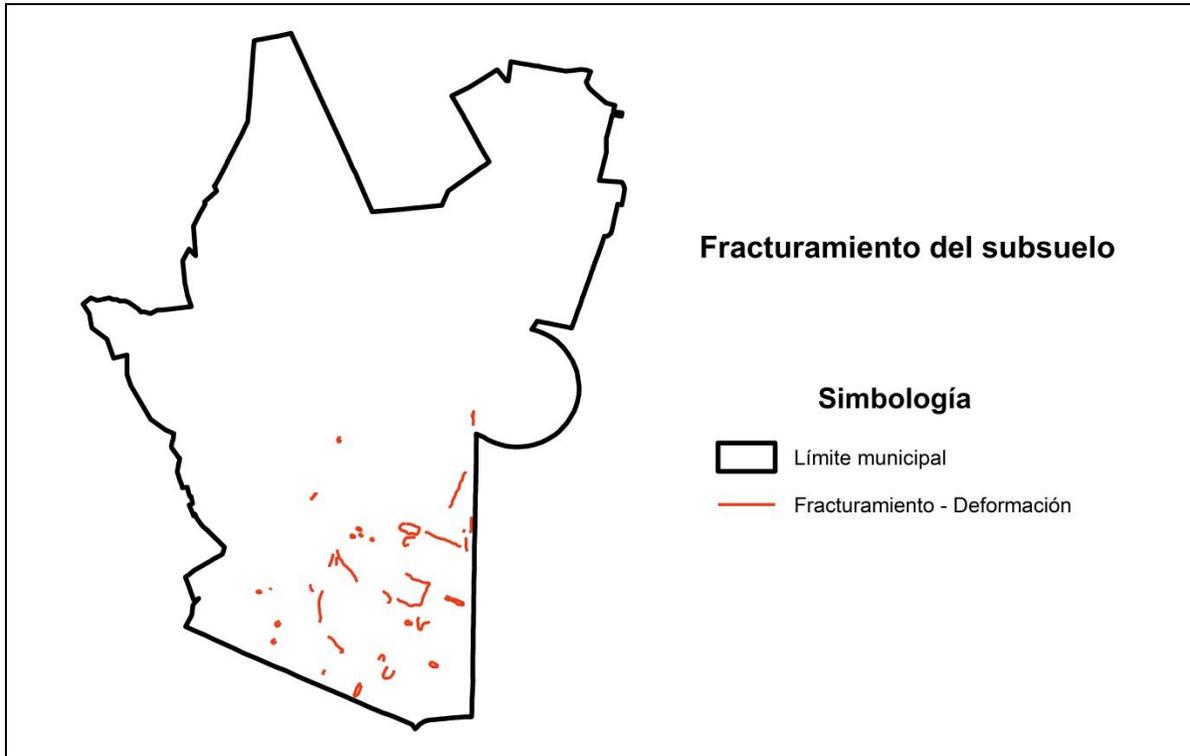


Figura 5.30 Fracturamiento del subsuelo en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de la geología, topografía, propiedades físicas y mecánicas de los materiales geológicos que conforman el subsuelo, rasgos morfológicos de la deformación en el terreno y la subsidencia, se delimitaron zonas susceptibles a desarrollar en diversa magnitud problemas de fracturamiento del subsuelo, tal como se observa en el anexo de cartografía.

Vulnerabilidad y riesgo por Agrietamientos, Hundimientos y Subsidencia

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 NE, ya que los materiales que son susceptibles al 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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



AGEB	Población	Riesgo
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
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 5.20 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 zona templada 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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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	Cuautepec 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
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	Gran Canal Km 02+120 Bombas	19°36'35 N	099°03'36 W	2250	24.6	34.0	02/05/1983
15041	Gran Canal Km 27+250	19°33'42 N	099°01'10 W	2236	24.0	36.0	01/04/2008
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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



Estación	Nombre	Latitud	Longitud	Alt.	Temp. máxima promedio	Temp. máxima extrema	Fecha de máxima
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 5.21 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 interpolaron 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.

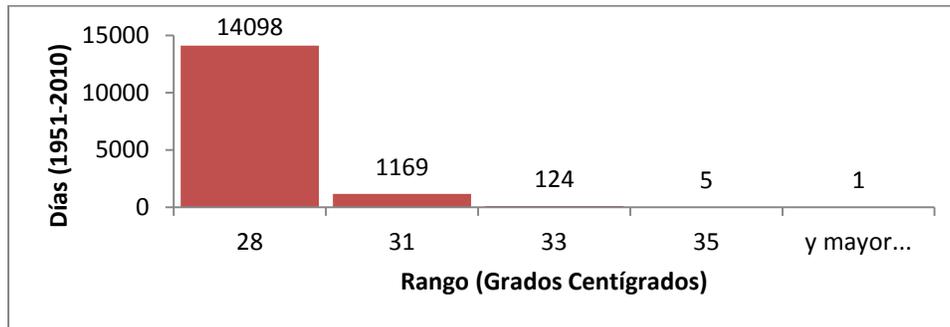
Así mismo, se observa que los meses en los que se presentan los mayores registros de temperatura son abril, mayo y junio, correspondientes al segundo trimestre del año.

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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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.

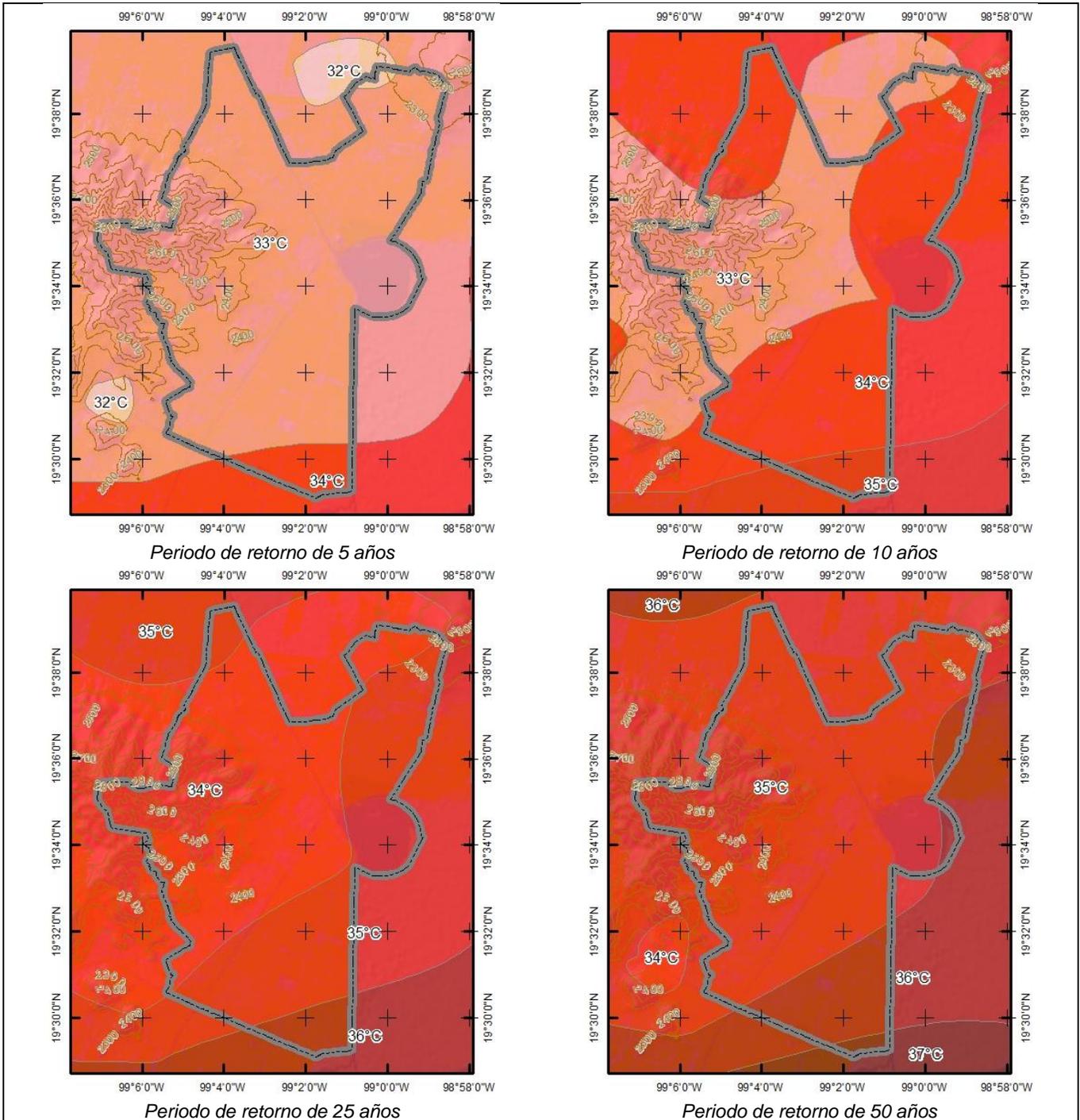


Figura 5.31 Ondas cálidas esperadas en el Municipio de Ecatepec a diferentes periodos de retorno. Fuente: Elaboración propia con datos de Servicio Meteorológico Nacional, Proyecto Bases de Datos Climatológicos.



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 5.22 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 5.23 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 5.24 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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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 5.25 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:



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

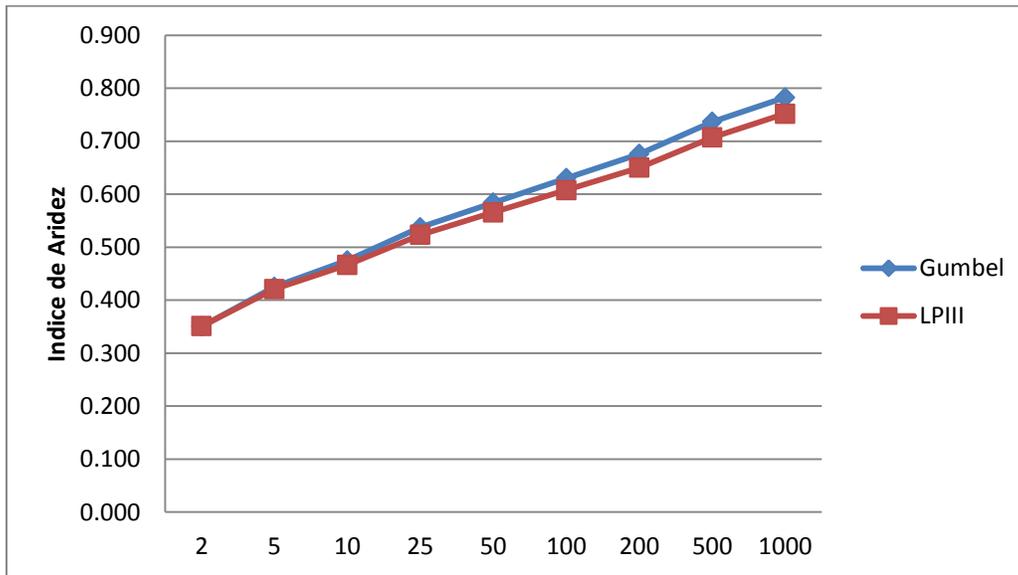
Entrega Final, Diciembre 2013



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



Grafica 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.

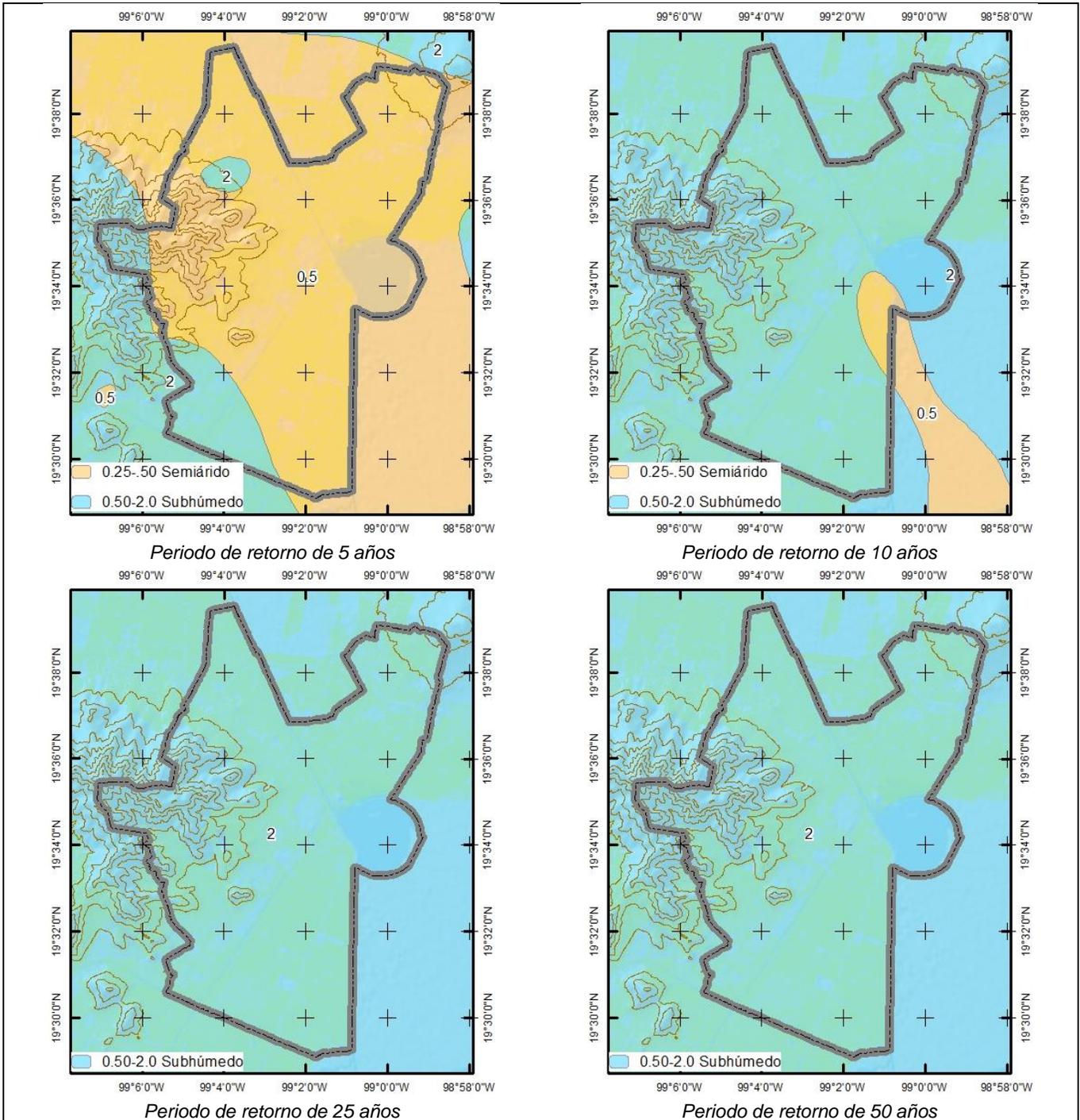
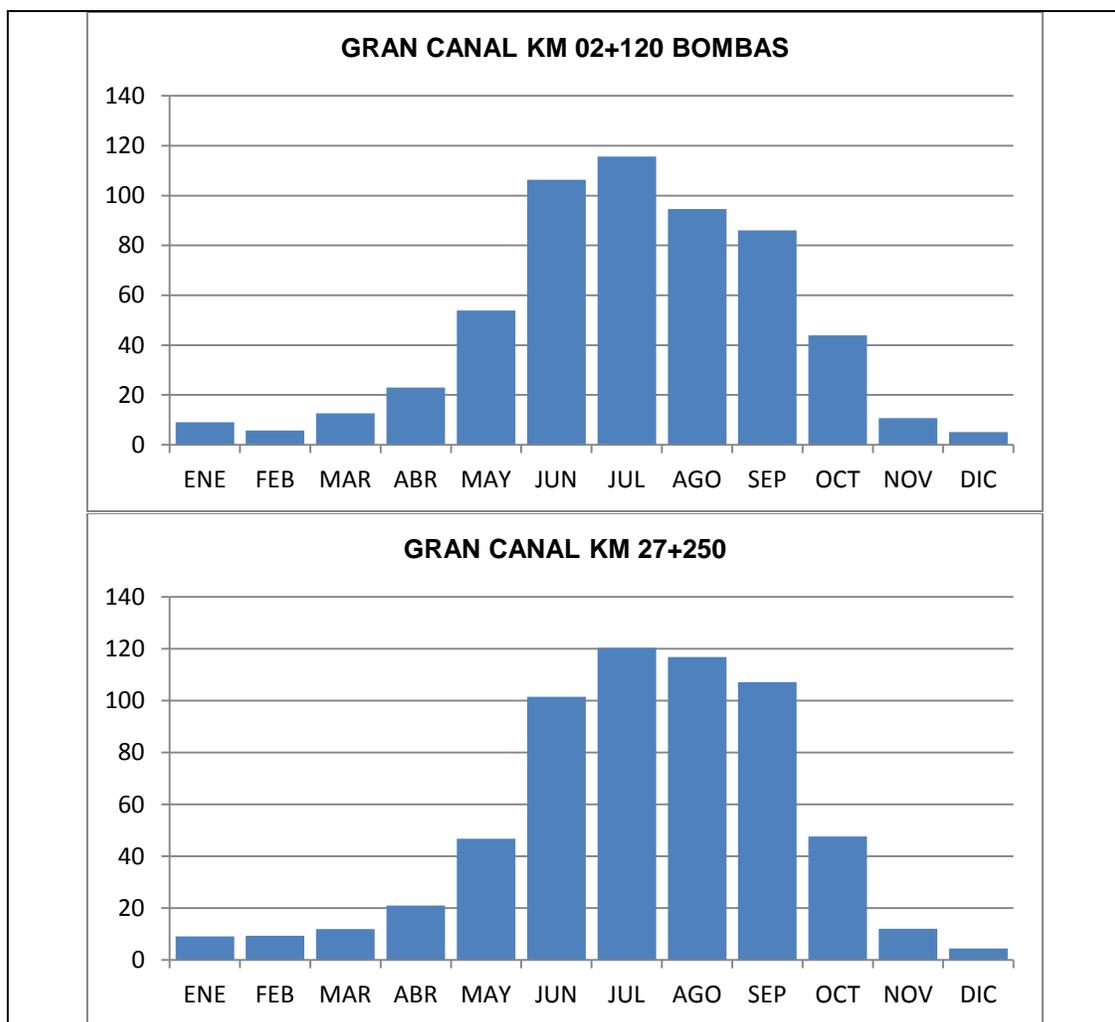


Figura 5.32 Período de Retorno del Índice de Aridez a 5, 10, 25 y 50 años. Fuente: Elaboración propia con base en datos de SMN, Proyecto de Base de Datos Climatológicos.



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:



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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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 isólineas.

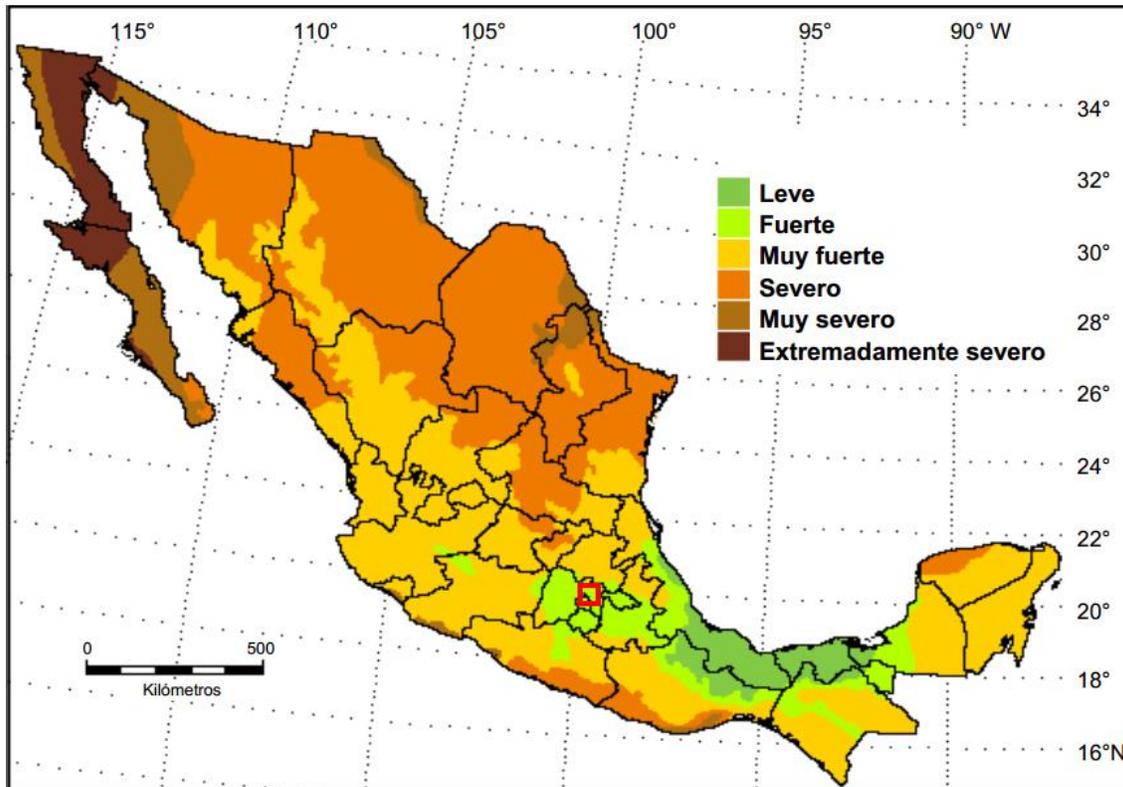


Figura 5.33 Índice de severidad de la sequía meteorológica, modelo Geophysical Fluid Dynamics Laboratory GFDL-R30. Fuente: M. E. Hernández Cerda et al, Sequía Meteorológica, IGG UNAM.

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.

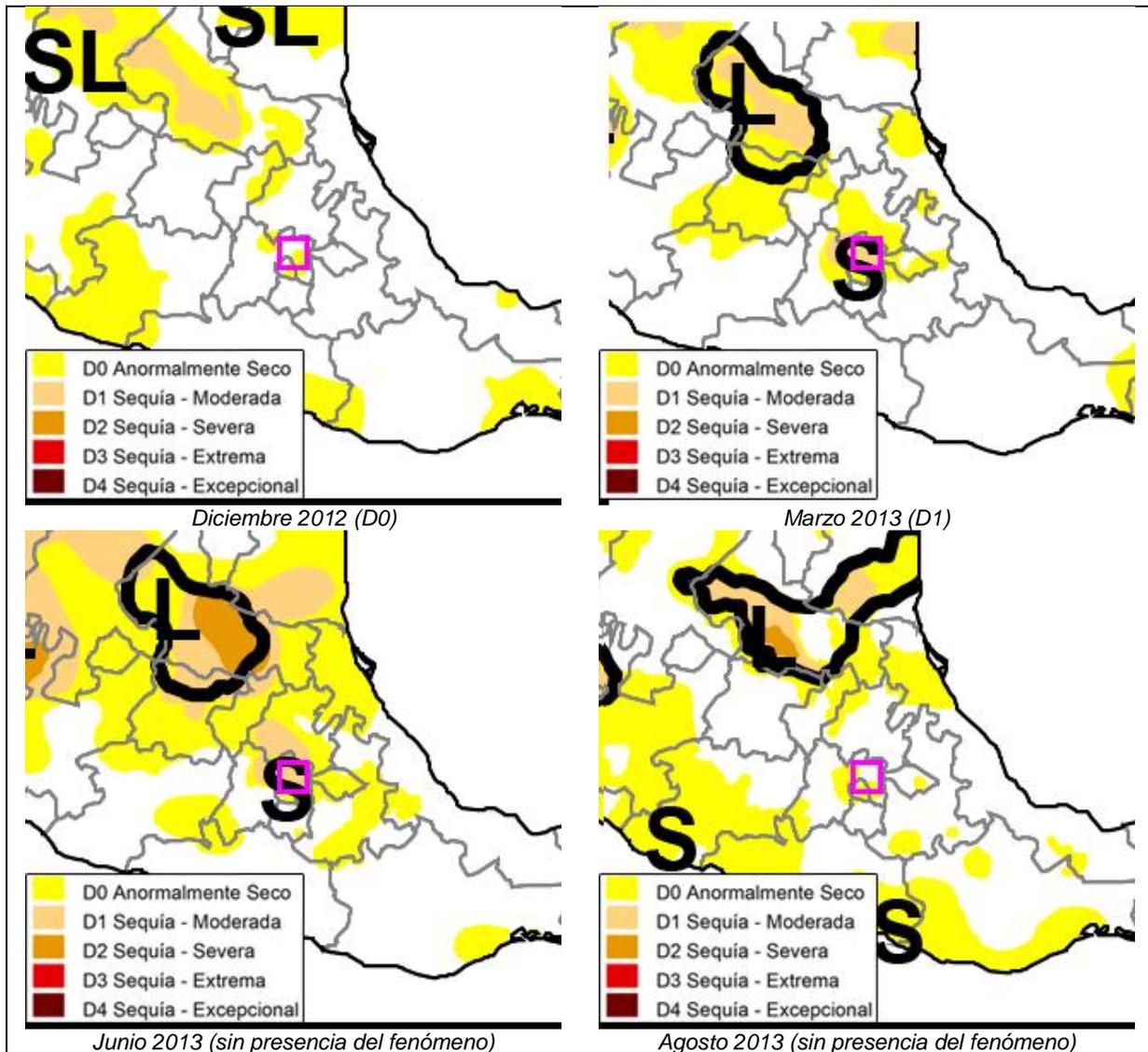


Figura 5.34 Clasificación de la Intensidad de la Sequía. Fuente: Monitor de Sequía de América del Norte (NADM)



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).

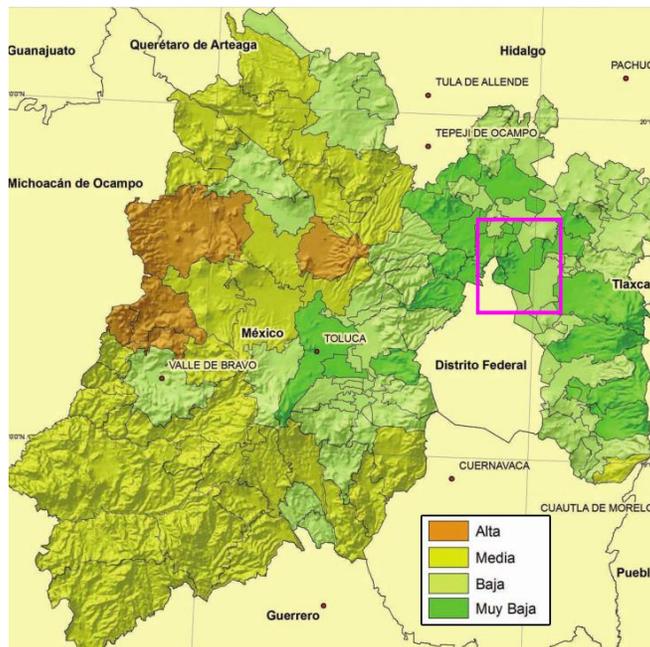


Figura 5.35 Vulnerabilidad social a fenómenos hídricos en el Estado de México. Fuente: Atlas de Vulnerabilidad hídrica ante el cambio climático en México, IMTA 2010



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°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° 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°C). En la siguiente tabla se observa el comportamiento histórico de las temperaturas mínimas en la región.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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	Gran Canal Km 02+120 Bombas	19°36'35 N	099°03'36 W	2250	7.9	-7.0	14/01/1986
15041	Gran Canal Km 27+250	19°33'42 N	099°01'10 W	2236	5.6	-11.5	27/02/1976
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 Martín 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
15263	Acolman	19°38'24 N	098°54'46 W	2255	4.8	-8.0	23/11/2002
15383	Lago Nabor Carrillo	19°28'20 N	098°59'30 W	2234	6.8	-10.0	05/01/2009

Tabla 5.27 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.

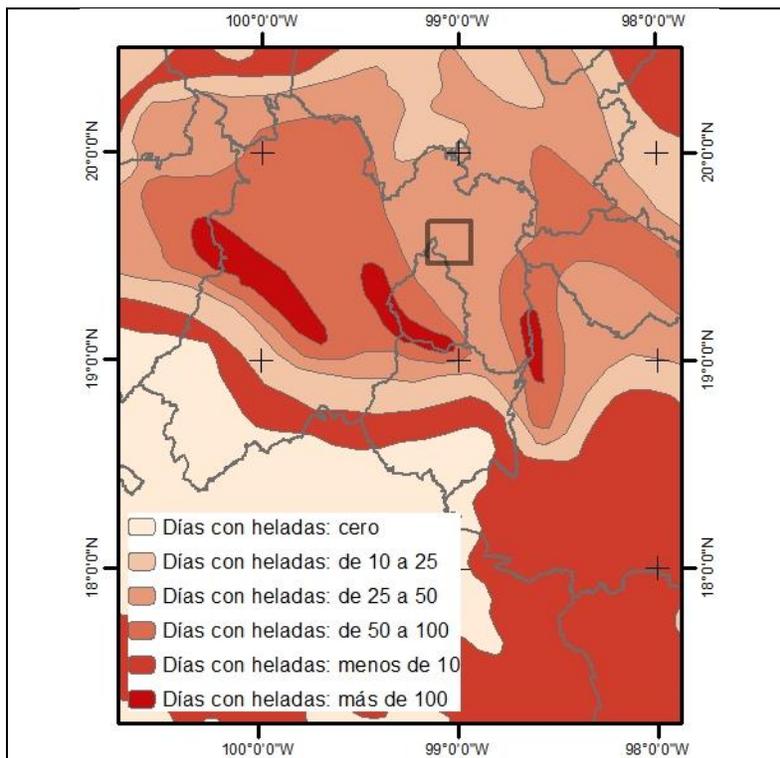


Figura 5.36 Mapa de frecuencia de heladas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: UNAM, Atlas Nacional de México

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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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°C , mientras que en el Valle, se han reportado temperaturas por debajo de los -12°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°C causa daños principalmente a la agricultura, mientras que una de -11.5°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°	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 5.28 Daños por diferentes intensidades de heladas. Fuente: SEDATU (2013).

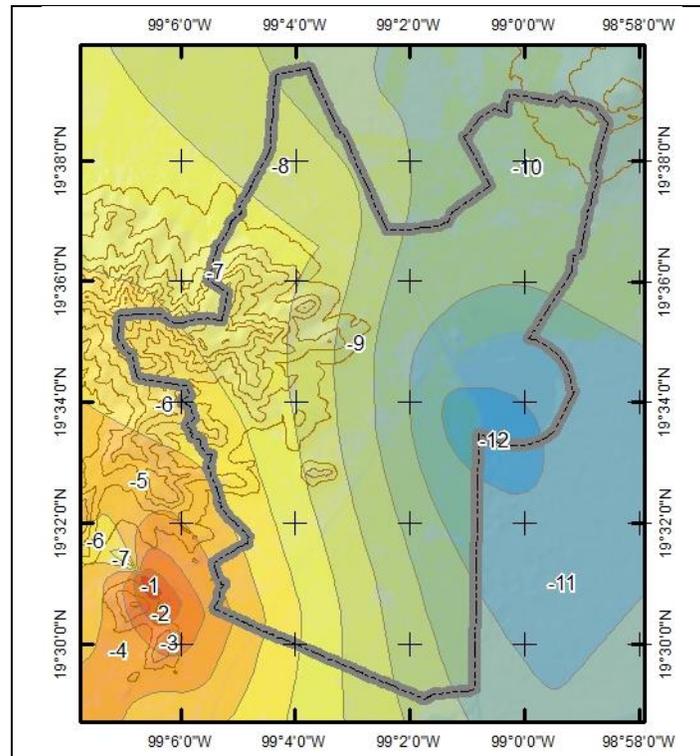


Figura 5.37 Mapa de temperaturas mínimas extremas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia con datos de SMN.

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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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 5.29 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 5.30 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 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 5.31 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.

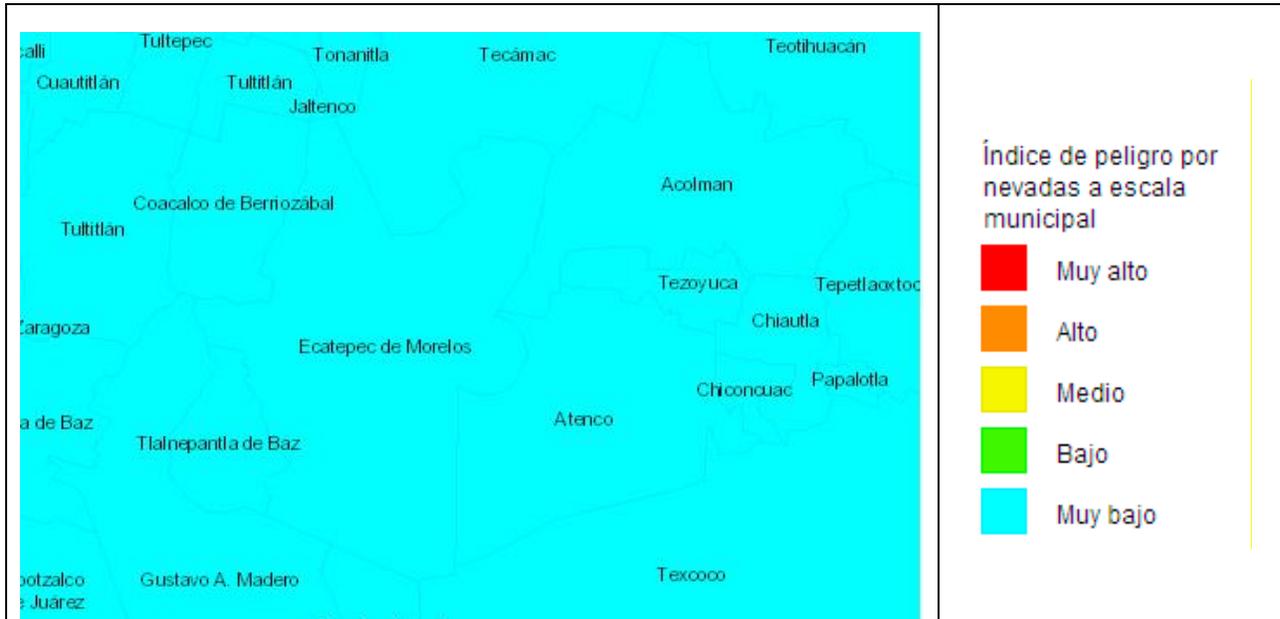


Tabla 5.32 Índice de peligro por Nevadas en el Municipio de Ecatepec. Fuente: CENAPRED, Atlas Nacional de Riesgos.

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 Lightning Team de la NASA, obtenidos a través del sensor Lightning Imaging 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 km^2 por año.

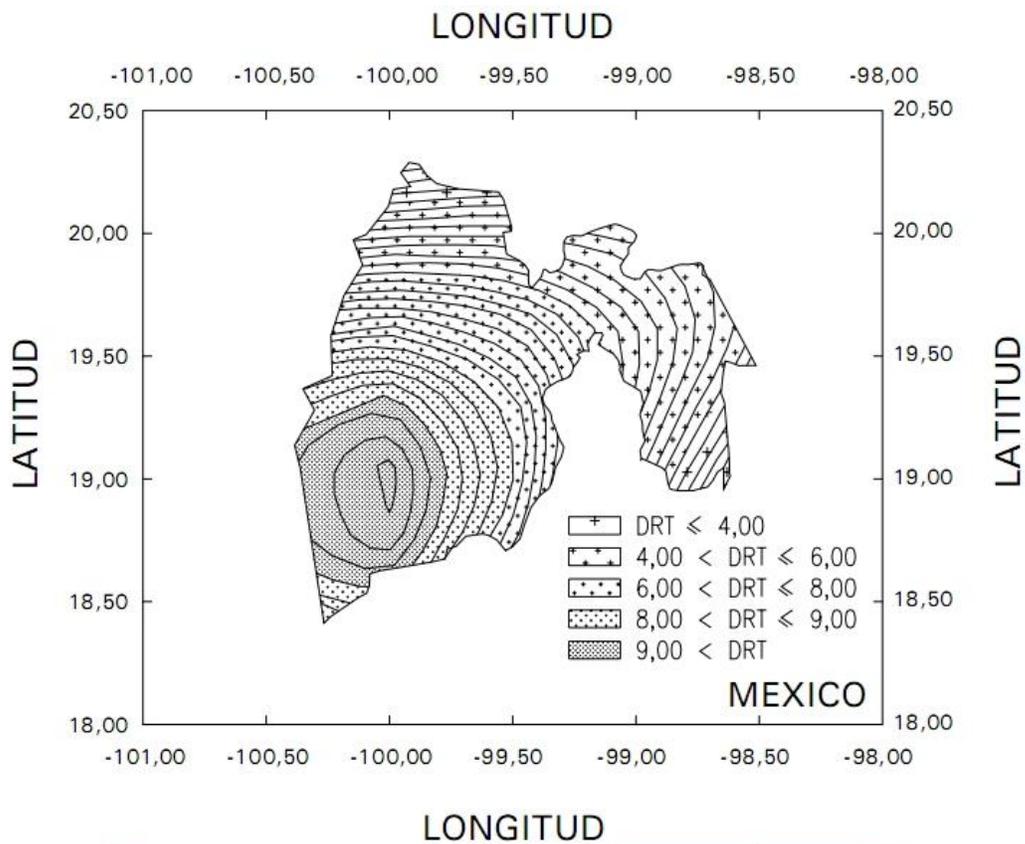


Figura 5.38 Mapa promedio anual de densidad de rayos a tierra en el Estado de México. Fuente: NMX-J-549-ANCE-2005

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



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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 5.33 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 flamables 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 5.34 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
15040 GRAN CANAL KM 02+120 BOMBAS													
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	



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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

Tabla 5.35 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.

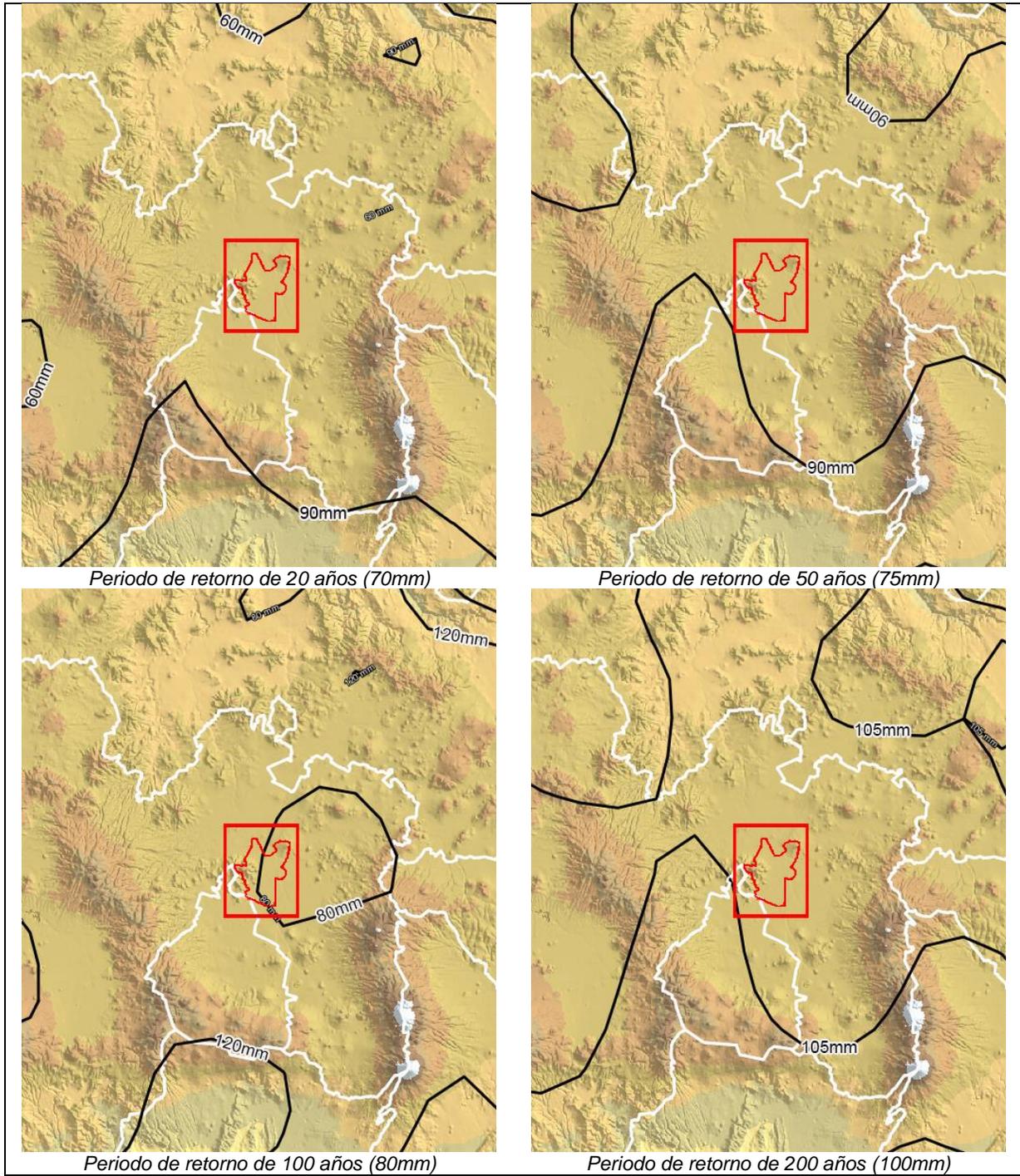


Figura 5.39 Escenarios por lluvias probabilísticas a 20, 50, 100 y 200 años con una duración de 24 horas. Fuente: CENAPRED – SIATL INEGI.



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 depresiones.

Para determinar el peligro por inundación en la zona, se realizó el análisis en función de la metodología del CENAPRED, el cual consiste en el cálculo del gasto líquido según varios periodos de retorno. Antes



de calcular el gasto líquido (Q_p), se debe determinar la pendiente, el área, la longitud del cauce principal, la precipitación esperada a varios periodos de retorno, el tiempo de concentración de la lluvia, y la intensidad de la misma. A continuación se presentan los cálculos para las zonas inundables del municipio de Ecatepec.

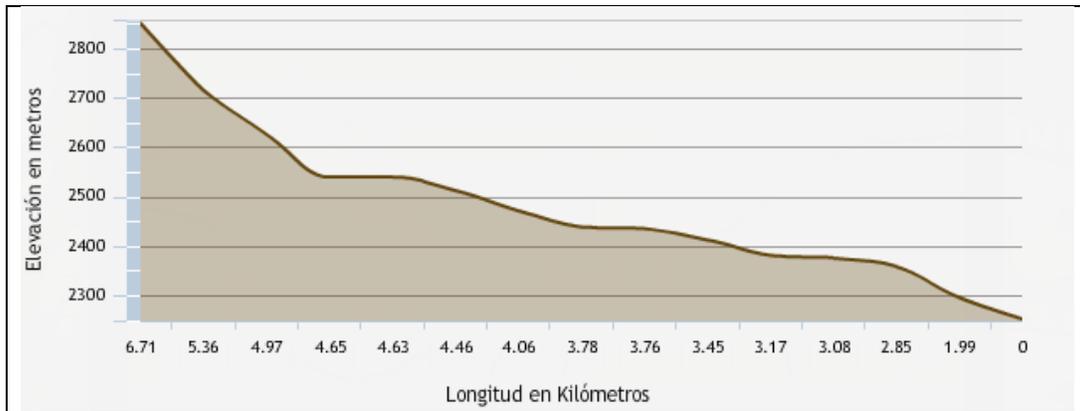
5.2.11.1 Ecatepec Centro

En esta zona se han presentado inundaciones recurrentes desde el año de 2010, debido a la bajada de aguas brancas 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 266,000m², 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.

Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se estimó que la pendiente general del drenaje principal es de 8.28%. Su longitud es de 6713m.



Figura 5.40 Delimitación de la microcuenca donde se ubica la zona de inundación Del Centro de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI.



Gráfica 5.4 Perfil del terreno en la microcuenca del Centro de Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI.

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

- t_c tiempo de concentración, en horas
- S pendiente media del cauce principal
- L longitud del cauce principal, en m

Sustituyendo los valores de la pendiente y la longitud del cauce principal,

$$t_c = 0.000325 \frac{6713^{0.77}}{0.0828^{0.385}} = 0.75 \text{ horas} = 45.01 \text{ minutos}$$

Para que ocurran avenidas súbitas, el tiempo de concentración debe ser menor a 4 horas, por lo que en esta microcuenca, con un t_c de 45 minutos existe el peligro de que ocurra dicho fenómeno.

Por otro lado, se determinaron los valores de precipitación máxima para El Centro de Ecatepec según diversos periodos de retorno en duraciones de 1 y 24 horas, los cuales se presenta a continuación.

Duración de la Precipitación	hp PR 2 años	hp PR 10 años	hp PR 50 años	hp PR 100 años	hp PR 250 años
1 h (mm)	30	45	55	60	75
24 h (mm)	40	65	105	107	110

Tabla 5.36 Periodos de retorno de lluvias en la microcuenca del Centro de Ecatepec. Fuente: CENAPRED.



Para calcular el gasto líquido fue necesario obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), por lo que se realizó una interpolación entre los valores de la lámina de lluvia para $d = 24$ horas y $d = 1$ hora, para cada uno de los periodos de retorno considerados.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 0.75$ horas). A continuación se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de dos años (PR = 2 años)

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 30 \text{ mm}$$

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 40 \text{ mm}$$

$$t_c = 0.331 \text{ h}$$

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} * \ln t_c + hp(1)$$

Sustituyendo:

$$hp(t_c) = \frac{hp(40) - hp(30)}{3.1781} * \ln 0.75 + hp(30) = 29.09522 \text{ mm}$$

Por lo tanto, la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 29.09 mm. Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{hp(t_c)}{t_c}$$

Sustituyendo por los valores de PR = 2 años;

$$i = \frac{29.09522 \text{ mm}}{0.75} = 38.78846 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 38.78 mm/h para un periodo de retorno de dos años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t_c) mm	i mm/h
2 años	30	40	29.09522	38.78846
10 años	45	65	43.19043	57.57958
50 años	55	105	50.47609	67.29249
100 años	60	107	55.74752	74.32014
250 años	75	110	71.83326	95.76494

Tabla 5.37 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferente periodos de retorno en la microcuenca del Centro de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



El gasto de diseño se obtiene con la siguiente ecuación:

$$Q_p = 0.278 * C_e * i * A$$

Donde:

- Q_p gasto máximo o de pico, en m^3/s
- C_e coeficiente de escurrimiento
- i intensidad media de la lluvia, mm/h
- A área de la microcuenca, en km^2

Para determinar el coeficiente de escurrimiento se sigue el procedimiento de la NOM-011-CNA-2000, en función del tipo y usos de suelos y del volumen de precipitación anual en la cuenca de estudio.

Con apoyo en los servicios del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y de visitas de campo, se clasifican los suelos en la microcuenca de estudio, en tres diferentes tipos:

- A (suelos permeables)
- B (suelos medianamente permeables) y
- C (suelos casi impermeables)

Los tipos de suelo anteriores que se especifican en la tabla siguiente y, al tomar en cuenta el uso actual del suelo, se obtiene el valor del parámetro K .



TIPO DE SUELO	CARACTERISTICAS		
A	Suelos permeables, tales como arenas profundas y loess poco compactos		
B	Suelos medianamente permeables, tales como arenas de mediana profundidad: loess algo más compactos que los correspondientes a los suelos A; terrenos migajosos		
C	Suelos casi impermeables, tales como arenas o loess muy delgados sobre una capa impermeable, o bien arcillas		

USO DEL SUELO	TIPO DE SUELO		
	A	B	C
Barbecho, áreas incultas y desnudas	0,26	0,28	0,30
Cultivos:			
En Hileras	0,24	0,27	0,30
Legumbres o rotación de pradera	0,24	0,27	0,30
Granos pequeños	0,24	0,27	0,30
Pastizal:			
% del suelo cubierto o pastoreo			
Más del 75% - Poco -	0,14	0,20	0,28
Del 50 al 75% - Regular -	0,20	0,24	0,30
Menos del 50% - Excesivo -	0,24	0,28	0,30
Bosque:			
Cubierto más del 75%	0,07	0,16	0,24
Cubierto del 50 al 75%	0,12	0,22	0,26
Cubierto del 25 al 50%	0,17	0,26	0,28
Cubierto menos del 25%	0,22	0,28	0,30
Zonas urbanas	0,26	0,29	0,32
Caminos	0,27	0,30	0,33
Pradera permanente	0,18	0,24	0,30

A

K: PARÁMETRO QUE DEPENDE DEL TIPO Y USO DE SUELO	COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO ANUAL (Ce)
Si $K \leq 0.15$	$Ce = K \frac{(P - 250)}{2000}$
Si $K > 0.15$	$Ce = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$

B

Tabla 5.38 Valores de K en función del tipo y uso de suelo (A) y fórmulas para el cálculo del Coeficiente de Esgurrimiento (B). Fuente: CONAGUA

De acuerdo con las características de la microcuenca tributaria, de la tabla anterior se obtuvo un valor para el parámetro K de 0.32 (Combinación Suelo C + Zona Urbana.)

Una vez obtenido el valor de K, el coeficiente de escurrimiento anual “Ce”, se calcula mediante las fórmulas de la tabla anterior.

Dado que $K > 0.15$, se utiliza la fórmula



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



$$C_e = K \frac{(P - 250)}{2000} + \frac{(K - 0.15)}{1.5}$$

Donde:

- C_e coeficiente de escurrimiento, adimensional
- K parámetro que depende del uso, tipo y cubierta del suelo, 0.32
- P precipitación anual, 591 mm

Sustituyendo:

$$C_e = 0.32 \frac{(591 - 250)}{2000} + \frac{(0.32 - 0.15)}{1.5} = 0.09083$$

Con base en lo anterior, el coeficiente de escurrimiento estimado para la microcuenca de estudio, resultó $C_e = 0.09$. Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación (8.85 km^2) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, mediante la fórmula previamente expuesta.

$$Q_p = 0.278 * C_e * i * A$$

Donde:

- Q_p gasto máximo o de pico, en m^3/s
- C_e coeficiente de escurrimiento
- i intensidad media de la lluvia, mm/h
- A área de la microcuenca, en km^2

Sustituyendo para el ejemplo de PR = 2 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.09083 * 38.78846 \text{ mm}/\text{h} * 8.85 \text{ km}^2 = 8.66770 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

PR	i (mm/h)	Q_p (m^3/s)
2 años	38.78846	8.66770
10 años	57.57958	12.86678
50 años	67.29249	15.03724
100 años	74.32014	16.60764
250 años	95.76494	21.39971

Tabla 5.39 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca del Centro de Ecatepec.
Fuente: Elaboración propia.



Ahora bien, con estos datos se debe determinar del área hidráulica permisible. El área hidráulica permisible es el área necesaria para que el flujo de escurrimiento o el gasto pico pase por una sección de un arroyo sin presentar desbordamientos en sus márgenes. Para la cuenca del ejemplo, se tiene que su tiempo de concentración es igual a 0.331 h. Con el valor del tiempo de concentración la velocidad del flujo es:

$$V = \frac{L}{t_c \text{ en segundos}} = \frac{6713m}{0.75 * 3600} = 2.48597 \text{ m/s}$$

Lo que implica que el área hidráulica permisible sea, para el caso de PR = 2 años:

$$A_p = \frac{Q_p}{V} = \frac{8.66770 \text{ m}^3/\text{s}}{2.48597 \text{ m/s}} = 3.48665 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, es necesaria un área hidráulica permisible de 3.48 m² para un gasto total de 8.66 m³/s en esta microcuenca para un periodo de retorno de 2 años. En la siguiente tabla se muestran los valores de las áreas hidráulicas permisibles para los diferentes periodos de retorno considerados.

PR	A _p (m ²)
2 años	3.48665
10 años	5.17577
50 años	6.04885
100 años	6.68056
200 años	8.60821

Tabla 5.40 Área hidráulica permisible en la microcuenca del Centro de Ecatepec, para varios periodos de retorno.
Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el modelado de los valores obtenidos en la superficie geográfica, se atendió a la metodología del CENAPRED para inundaciones urbanas, la cual se procesa a través del software Arc Gis y Hec Ras, con las extensiones Hec-Geo-Ras e Hydrology Modeling el proceso consiste en generar un vector de la corriente de agua a analizar, crear perfiles a partir de un Modelo Digital de Terreno (en este caso se dispone de un modelo obtenido por medio de LIDAR con una resolución espacial de 5x5m y altitudinal de 1cm) desde un GIS y exportarlos a HEC-Ras para la generación de datos hidráulicos unidimensionales. Una vez procesados, se regresan al GIS para generar el modelo en 3D. En el caso de la microcuenca de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados.

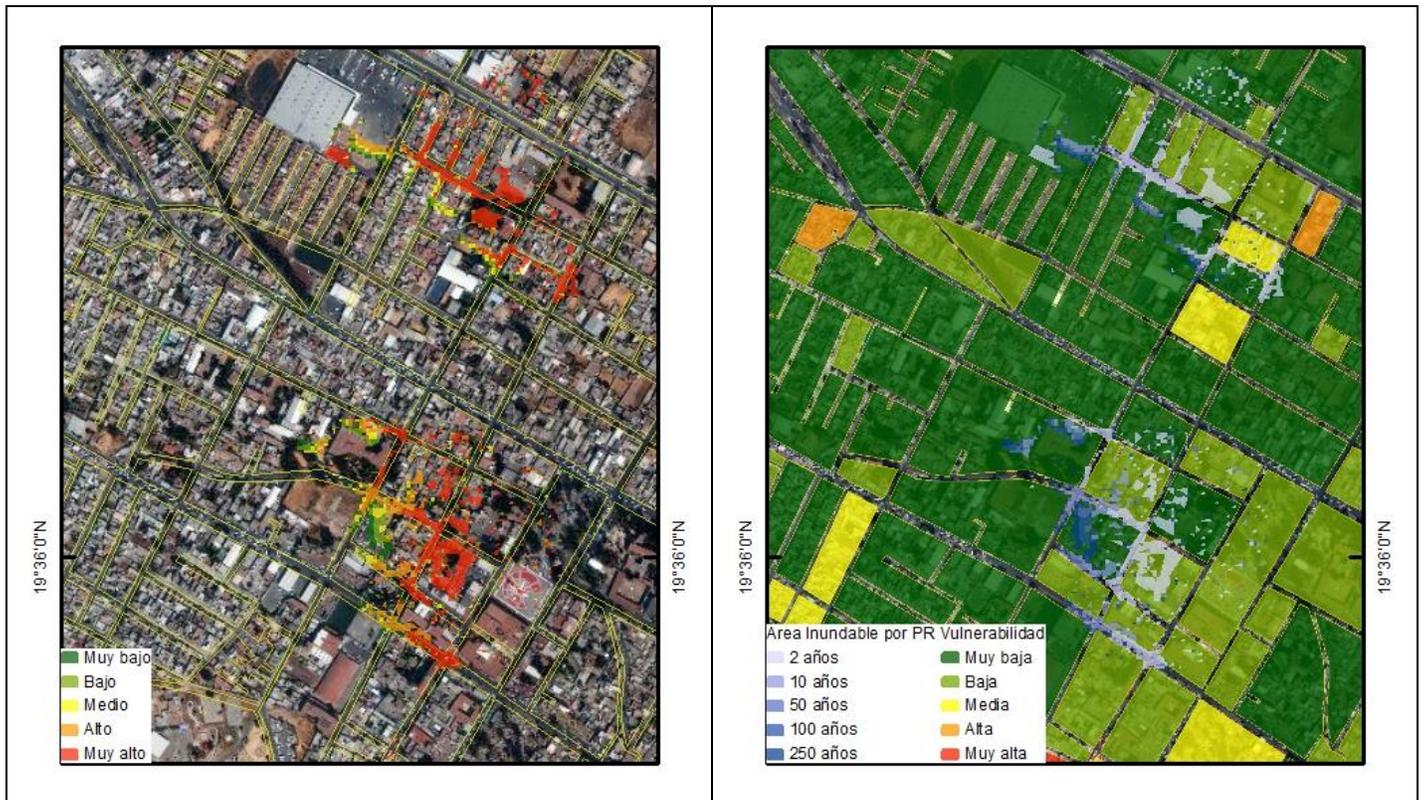


Figura 5.41. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, zona centro. Fuente: Elaboración propia.

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.

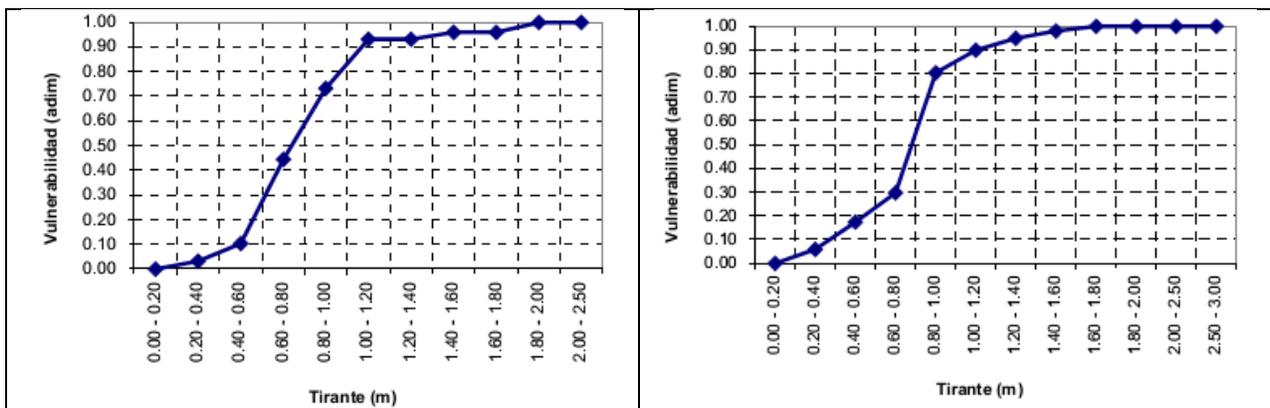
Tipo de vivienda	Índice de vulnerabilidad	Características	Costo del menaje
I	Muy Alto	Este tipo corresponde a los hogares más humildes, una vivienda consta de un solo cuarto multifuncional, construido con material de desecho. Asimismo, el	\$12,500.00

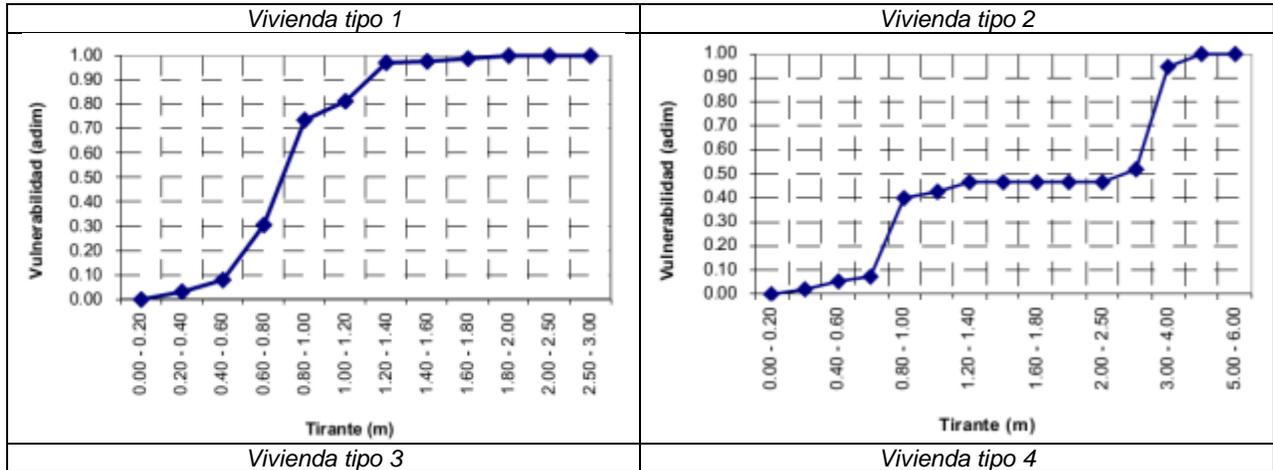


Tipo de vivienda	Índice de vulnerabilidad	Características	Costo del menaje
		menaje es el mínimo indispensable.	
II	Alto	Hogares de clase baja, la vivienda puede ser de autoconstrucción o viviendas construidas con materiales de la zona, la mayoría de las veces sin elementos estructurales. Con respecto 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 5.41 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.





Gráfica 5.5 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:

$$R = (P*V)/2$$

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 la colonia Zona Centro de Ecatepec, se identificó que el tipo de vivienda más vulnerable corresponde al rango 3, por lo que su vulnerabilidad se clasifica como media, en función de la metodología del CENAPRED. Se muestra a continuación una figura esquemática del menaje de casa típico de la zona.



Figura 5.42 Menaje de casa de la vivienda tipo 3. Fuente: CENAPRED.

En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado

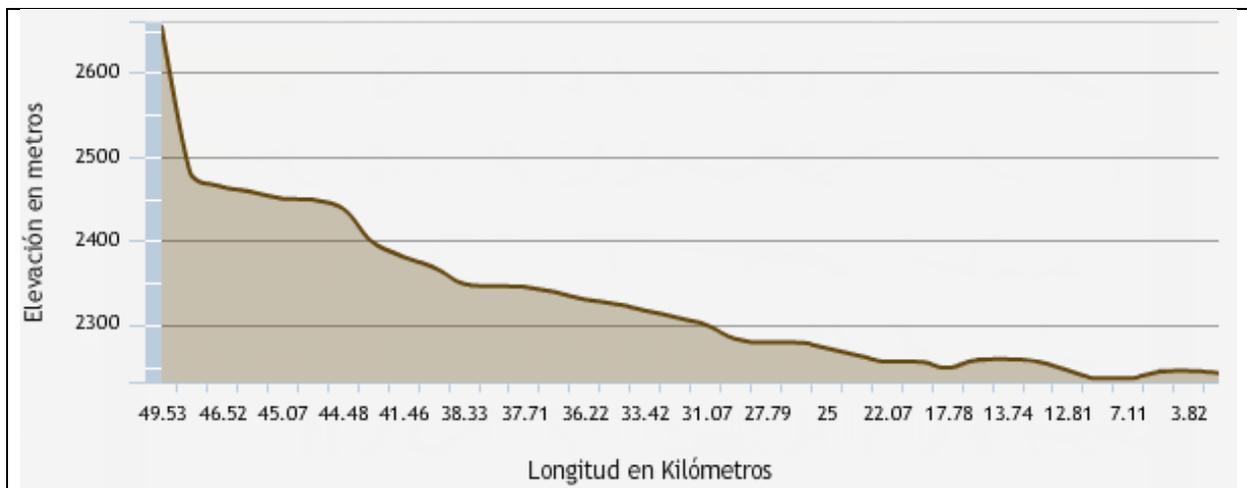


AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010065	Fracc. San Bernabé, Res San Cristóbal, Hogares Marla	60	300	Baja	Muy Alto	Alto
1503300010135	Ecatepec Centro, Izcalli Ecatepec	70	350	Baja	Muy Alto	Alto

Tabla 5.42 Zonificación del Riesgo por Inundación en la Zona Centro de Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.2 Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec

La microcuenca Chiconautla es aquella que con drena la zona de inundación de estas colonias. Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se estimó que la pendiente general del drenaje principal de esta microcuenca es de 0.82%. Su longitud es de 49532m.



Gráfica 5.6 Perfil del terreno en la de la microcuenca Chiconautla, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI.

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{49532^{0.77}}{0.0082^{0.385}} = 8.51 \text{ horas} = 510.83 \text{ minutos}$$

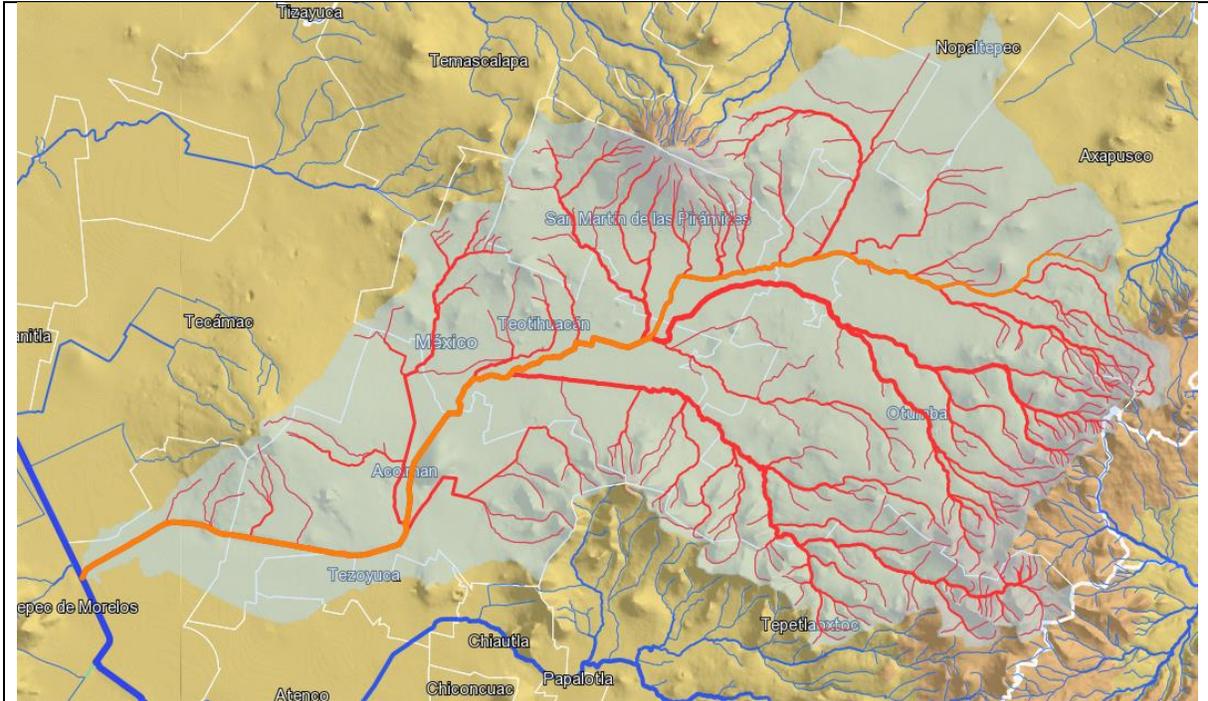


Figura 5.43 Delimitación de la microcuenca Chiconautla, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: SIATL INEGI.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 8.51$ horas). A continuación se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de dos años ($PR = 2$ años)

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 30 \text{ mm}$$

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 40 \text{ mm}$$

$$t_c = 8.51 \text{ h}$$

$$hp(t_c) = \frac{hp(40) - hp(30)}{3.1781} * \ln 8.51 + hp(30) = 36.738 \text{ mm}$$

Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{36.738 \text{ mm}}{8.51} = 4.315 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 4.315mm/h para un periodo de retorno de dos años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.



PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t _c) mm	i mm/h
2 años	30	40	36.739	4.315
10 años	45	65	58.478	6.869
50 años	55	105	88.695	10.418
100 años	60	107	91.673	10.767
250 años	75	110	98.586	11.579

Tabla 5.43 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferente periodos de retorno en la microcuenca Chiconautla, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

Con base en el procedimiento de la NOM-011-CNA-2000, el coeficiente de escurrimiento estimado para la microcuenca de estudio, resultó $C_e = 0.09$. Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación (546.95 km^2) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, para el PR = 2 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.09083 * 4.315 \text{ mm/h} * 546.95 \text{ km}^2 = 59.594 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

PR	i (mm/h)	Q _p (m ³ /s)
2 años	4.315	59.594
10 años	6.869	94.857
50 años	10.418	143.872
100 años	10.767	148.703
250 años	11.579	159.917

Tabla 5.44 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Chiconautla, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

Para realizar el modelado de los valores obtenidos en la superficie geográfica, se atendió a la metodología del CENAPRED para inundaciones urbanas. En el caso de la microcuenca de análisis, se obtuvieron los siguientes resultados.

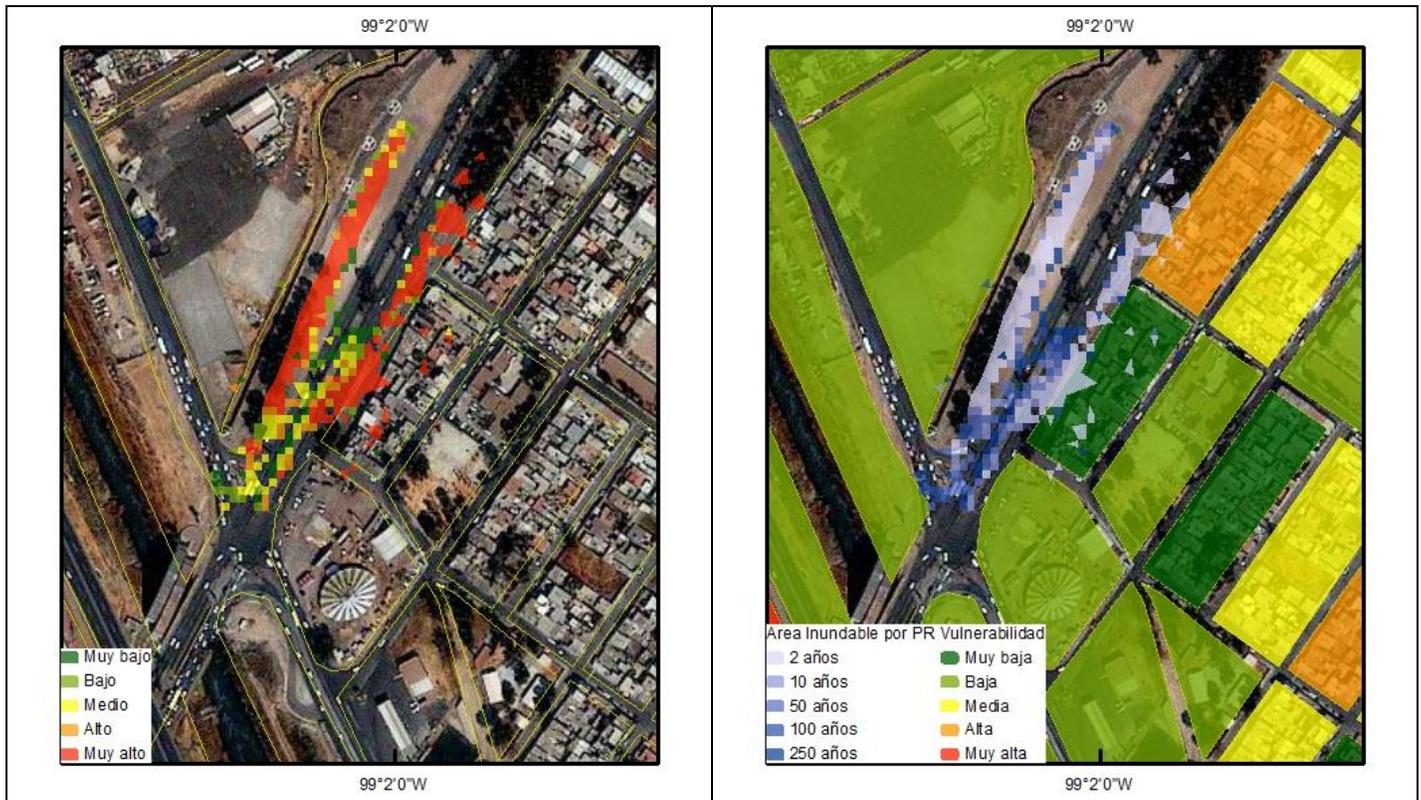


Figura 5.44. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010101	Adolfo Ruiz Cortines	15	75	Alta	Muy Alto	Muy Alto
1503300014674	Unid Hab. Heroes Ecatepec 1 2 3 4 T	-	-	Baja	Muy Alto	Alto

Tabla 5.45 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Adolfo Ruiz Cortines, Unid Hab. Héroes Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.3 Jardines de los Báez

En Jardines 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 34,000m² de superficie dañada por este fenómeno, los cuales incluyeron 20 viviendas, y sus 100 habitantes.

Bajo el método anterior, y considerando esta zona como parte de la microcuenca Chiconautla, se obtuvieron los siguientes resultados.

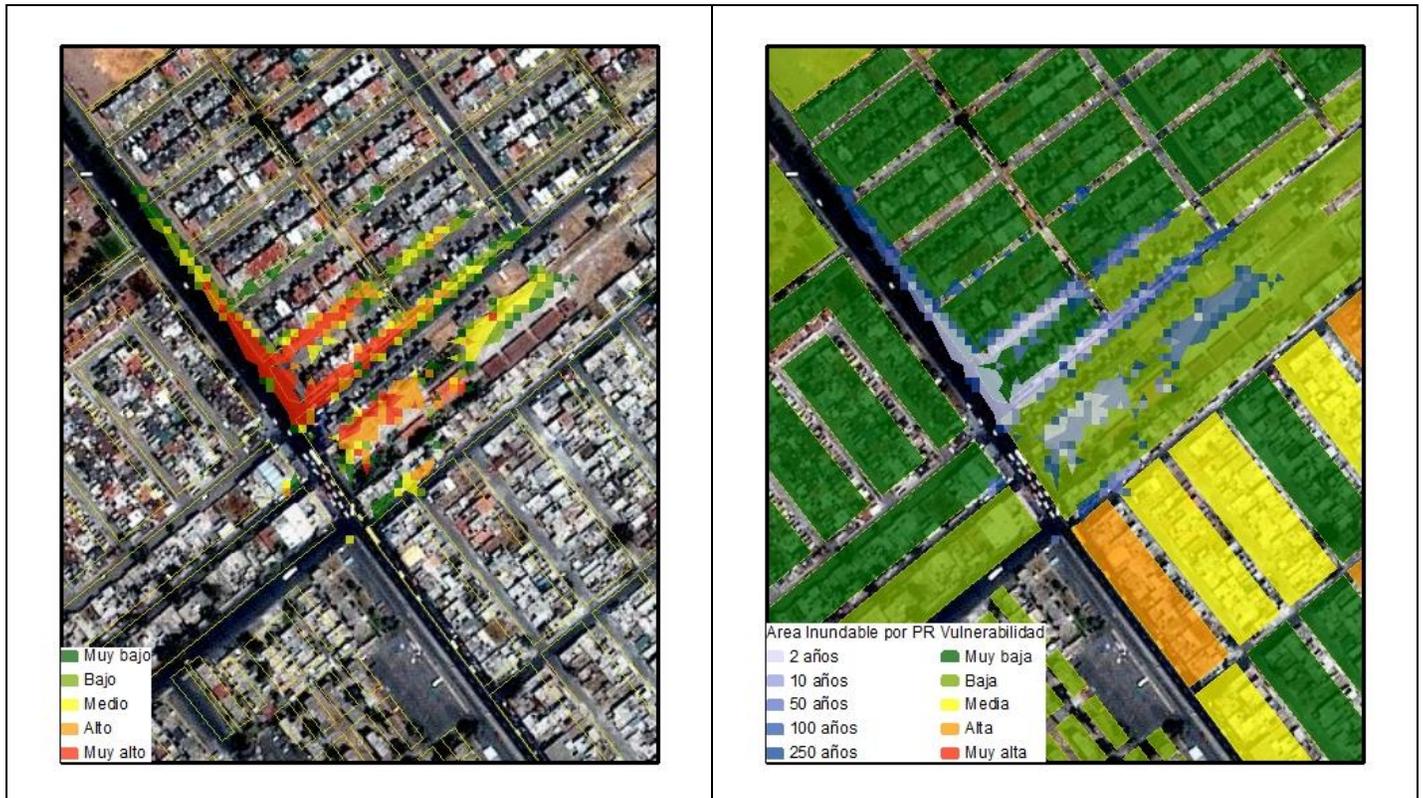


Figura 5.45. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Jardines de los Báez 1ra Secc. y Los Arbolitos. Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013873	Jardines de los Báez 1ra Secc. y Los Arbolitos	50	250	Baja	Muy Alto	Alto

Tabla 5.46 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Jardines de los Báez 1ra Secc. y Los Arbolitos. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.4 Casas Reales

La colonia Casas Reales sufre continuas afectaciones debido a que el drenaje en ocasiones, se ve sobrepasado, principalmente por el aporte pluvial en época de lluvias. Esta zona de inundación corresponde a la microcuenca de Chiconautla, cuyos valores morfométricos ya fueron tratados anteriormente. Los resultados de la modelación de la superficie de inundación se presentan a continuación.



Figura 5.46. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia Casas Reales. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012447	Casas Reales	100	500	Alta	Muy Alto	Muy Alto

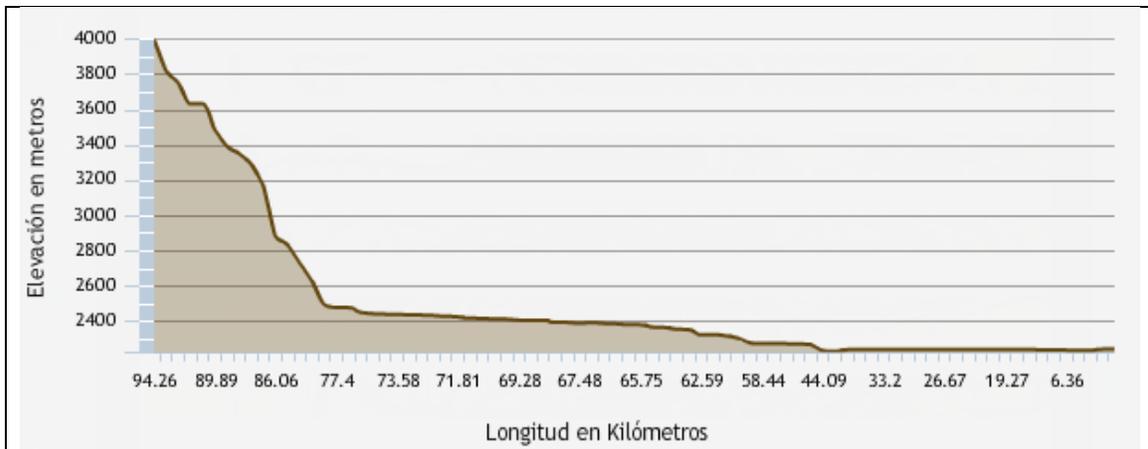
Tabla 5.47 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia Casas Reales. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.5 Jardines de Morelos

En Jardines de Morelos se han registrado inundaciones recurrentes desde el año de 2004, debido a asentamientos diferenciales que afectan la infraestructura hidráulica. En el año 2012 se inundó en varios episodios un área de 40,000m², afectando a 675 habitantes y 150 viviendas, con un tirante de 20cm, mientras que en las vialidades la inundación llegó hasta a 50cm.

La colonia Jardines de Morelos, se ubica en la zona de la antigua planicie de inundación del Lago de Texcoco, microcuenca que se denomina Ecatepec Lacustre. Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se estimó que la pendiente general del drenaje principal de esta microcuenca es de 1.86%. Su longitud es de 94266m.



Grafica 5.7 Perfil del terreno en la de la microcuenca Ecatepec lacustre, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Jardines de Morelos. Fuente: SIATL INEGI.

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{94266^{0.77}}{0.0186^{0.385}} = 10.19 \text{ horas} = 611.68 \text{ minutos}$$

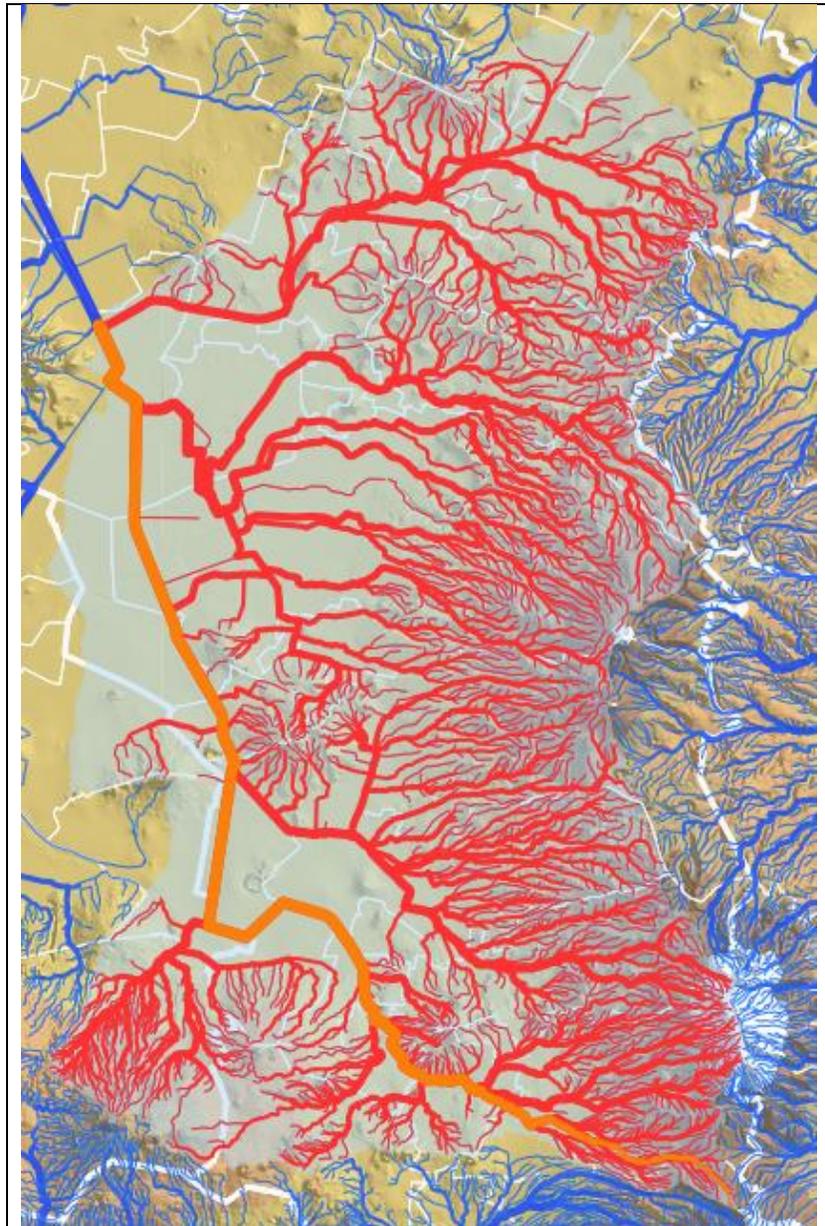


Figura 5.47 Delimitación de la microcuenca Ecatepec Lacustre, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Jardines de Morelos. Fuente: SIATL INEGI.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 10.19$ horas). A continuación se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de dos años ($PR = 2$ años)



$$\begin{aligned} hp \text{ PR } 2 (1h) &= 30 \text{ mm} \\ hp \text{ PR } 2 (1h) &= 40 \text{ mm} \\ t_c &= 10.19 \text{ h} \end{aligned}$$

$$hp(t_c) = \frac{hp(24) - hp(1)}{3.1781} * \ln t_c + hp(1)$$

Sustituyendo:

$$hp(t_c) = \frac{hp(40) - hp(30)}{3.1781} * \ln 10.19 + hp(30) = 37.305 \text{ mm}$$

Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{37.30584 \text{ mm}}{10.19} = 3.659 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 3.65934mm/h para un periodo de retorno de dos años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t _c) mm	i mm/h
2 años	30	40	37.306	3.659
10 años	45	65	59.612	5.847
50 años	55	105	91.529	8.978
100 años	60	107	94.337	9.254
250 años	75	110	100.570	9.865

Tabla 5.48 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferente periodos de retorno en la microcuenca Ecatepec Lacustre, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Jardines de Morelos. Fuente: Elaboración propia.

Con base en el procedimiento de la NOM-011-CNA-2000, el coeficiente de escurrimiento estimado para la microcuenca de estudio, resultó $C_e = 0.09$. Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación (2672.49 km²) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, para el PR = 2 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.09083 * 3.65934 \text{ mm/h} * 2672.49 \text{ km}^2 = 246.93164 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.



PR	i (mm/h)	Q_p (m ³ /s)
2 años	3.659	246.932
10 años	5.847	394.577
50 años	8.978	605.842
100 años	9.254	624.430
250 años	9.865	665.687

Tabla 5.49 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Ecatepec Lacustre, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Jardines de Morelos. Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado.

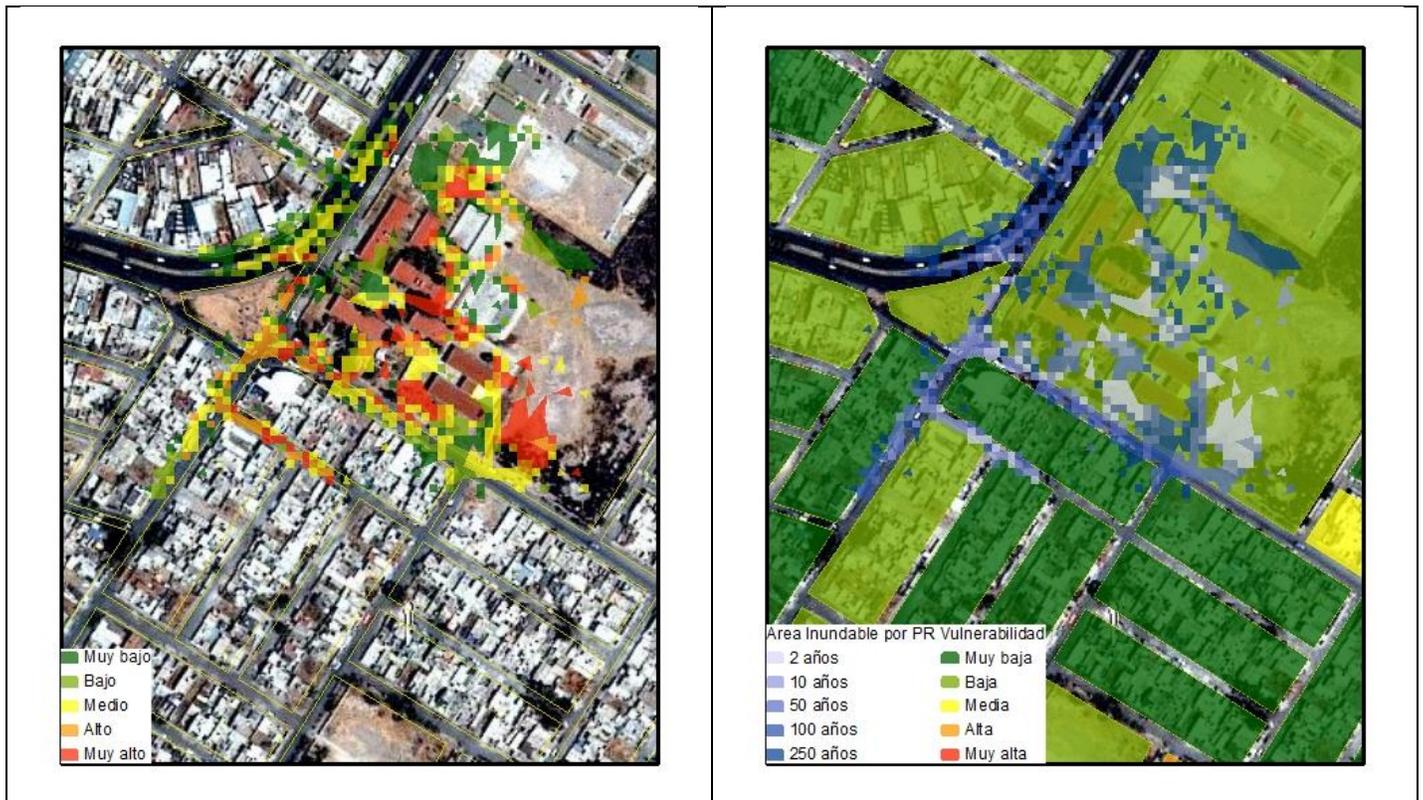


Figura 5.48. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia Jardines de Morelos. Fuente: Elaboración propia.

Bajo el método anterior, se obtuvieron los siguientes resultados para delimitación de riesgos.



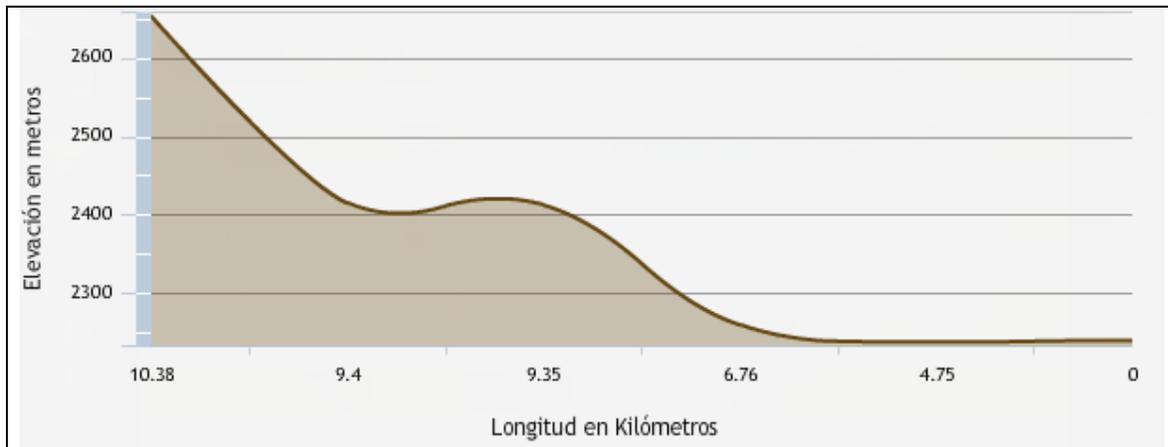
AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013055 1503300011608	Jardines de Morelos	50	250	Baja	Alto	Medio

Tabla 5.50 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia Jardines de Morelos. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.6 Los Laureles

En las colonias Los Laureles, Río Piedras y Nuevo Ladero (norte) se han presentado inundaciones desde el 2007, debido a que es una zona baja donde hay acumulación de aguas brancas que bajan de las laderas adyacentes. En el 2012 se inundaron 107,000m², los cuales dañaron a 36 viviendas y 180 personas, el tirante en viviendas fue de hasta 10cm y en las vialidades fue de hasta 40cm.

La microcuenca Tulpetlac es aquella que con drena la zona de inundación de estas colonias. Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se estimó que la pendiente general del drenaje principal de esta microcuenca es de 4%. Su longitud es de 10386m.



Gráfica 5.8 Perfil del terreno en la de la microcuenca Tulpetlac, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Los Laureles, Río Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: SIATL INEGI.

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{10386^{0.77}}{0.040^{0.385}} = 1.39 \text{ horas} = 83.35 \text{ minutos}$$

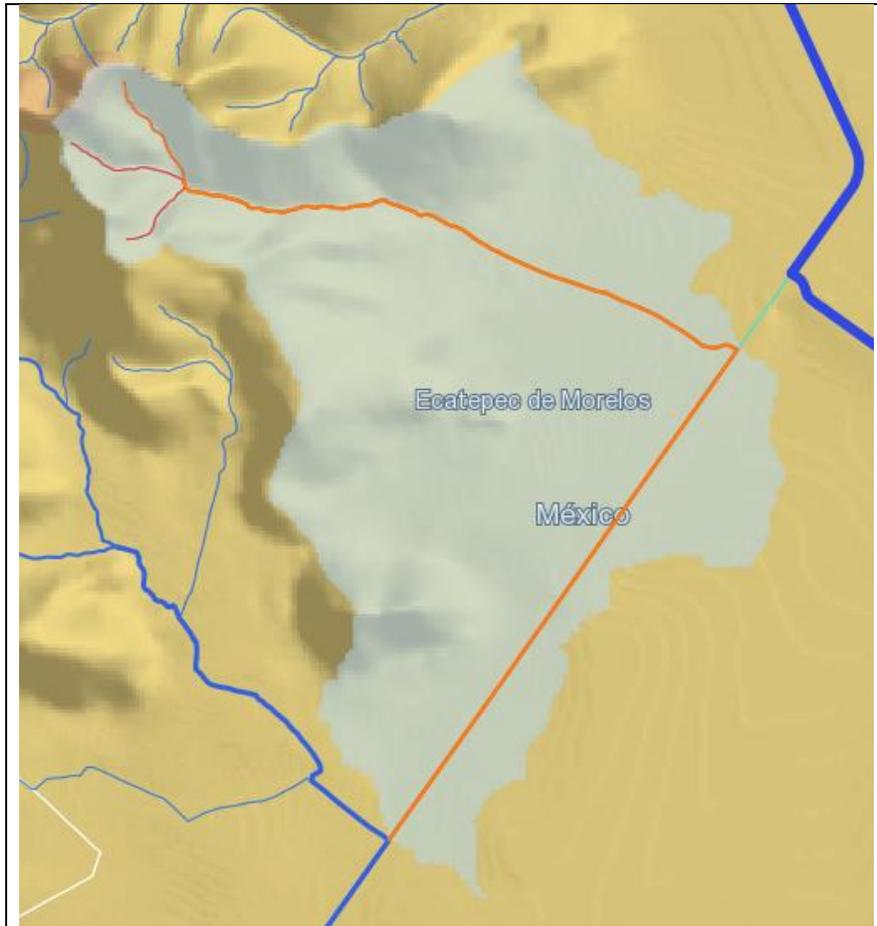


Figura 5.49 Delimitación de la microcuenca Tulpelac, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Los Laureles, Río Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: SIATL INEGI.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 1.39$ horas). A continuación se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de dos años (PR = 2 años)

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 30 \text{ mm}$$

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 40 \text{ mm}$$

$$t_c = 1.39 \text{ h}$$

$$hp(t_c) = \frac{hp(40) - hp(30)}{3.1781} * \ln 1.39 + hp(30) = 31.034 \text{ mm}$$



Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.

$$i = \frac{31.03429 \text{ mm}}{1.39} = 22.340 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 22.34 mm/h para un periodo de retorno de dos años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t_c) mm	i mm/h
2 años	30	40	31.034	22.340
10 años	45	65	47.069	33.883
50 años	55	105	60.171	43.315
100 años	60	107	64.861	46.691
250 años	75	110	78.620	56.595

Tabla 5.51 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferente periodos de retorno en la microcuenca Tulpetlac, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Los Laureles, Río Piedras y Nuevo Ladero (norte).
Fuente: Elaboración propia.

Con base en el procedimiento de la NOM-011-CNA-2000, el coeficiente de escurrimiento estimado para la microcuenca de estudio, resultó $C_e = 0.09$. Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación (17.82 km²) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, para el PR = 2 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.09083 * 22.340 \text{ mm/h} * 17.82 \text{ km}^2 = 10.051 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

PR	i (mm/h)	Q _p (m ³ /s)
2 años	22.340	10.052
10 años	33.883	15.245
50 años	43.315	19.490
100 años	46.691	21.008
250 años	56.595	25.465

Tabla 5.52 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Tulpetlac, donde se ubica la zona de inundación de las colonias Los Laureles, Río Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: Elaboración propia.



En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado.

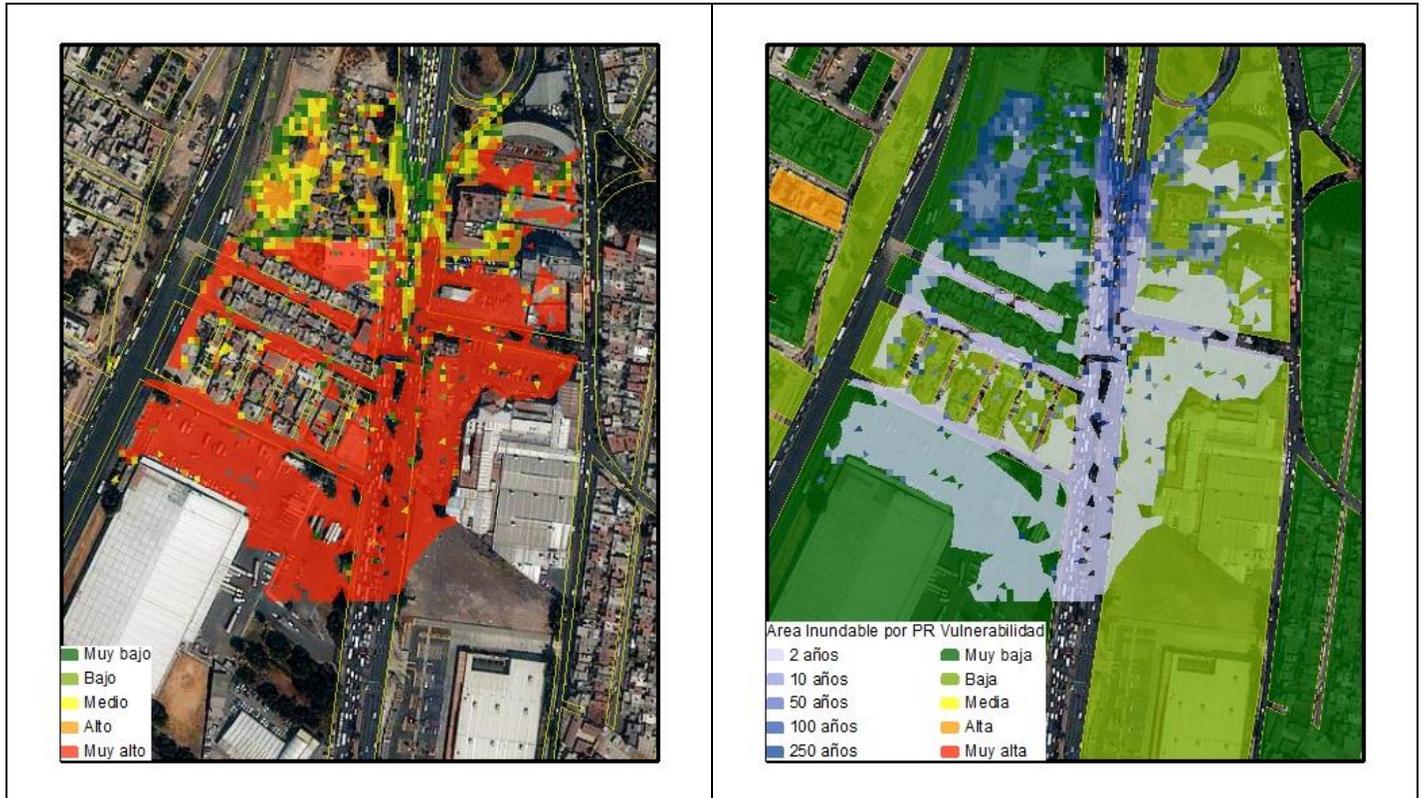


Figura 5.50. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Los Laureles, Rio Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: Elaboración propia.

Bajo el método anterior, se obtuvieron los siguientes resultados para delimitación de riesgos.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010205 1503300010099	Los Laureles	30	150	Baja	Alto	Medio
1503300010099	Nuevo Laredo	5	25	Baja	Muy Alto	Medio
1503300014759	Rio Piedras	5	25	Baja	Muy Alto	Medio

Tabla 5.53 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Los Laureles, Rio Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.7 Fuentes de San Cristóbal

Esta zona abarca porciones de las colonias Fuentes de San Cristóbal, La Alfalfa, 12 de Diciembre, Álamos de San Cristóbal; se inunda principalmente en los meses de verano cuando la temporada de lluvias aporta más agua de la que el drenaje subterráneo puede desaguar. Pertenece a la microcuenca del Centro de Ecatepec. Bajo el método descrito anteriormente se obtuvieron como resultados las siguientes modelaciones.



Figura 5.51. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Fuentes de San Cristóbal, La Alfalfa, 12 de Diciembre, Álamos de San Cristóbal. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010099	Fuentes de San Cristóbal, La Alfalfa, Álamos de San Cristóbal	40	200	Baja	Muy Alto	Alto
1503300010154	Fuentes de San Cristóbal, 12 de Diciembre	60	300	Baja	Muy Alto	Alto

Tabla 5.54 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Los Laureles, Rio Piedras y Nuevo Ladero (norte). Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.8 Nuevo Laredo, Fovissste Morelos

Estas colonias pertenecen a la microcuenca Tulpetlac. 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 58,000m².

Como resultado del análisis se obtuvieron los siguientes modelos de inundación.

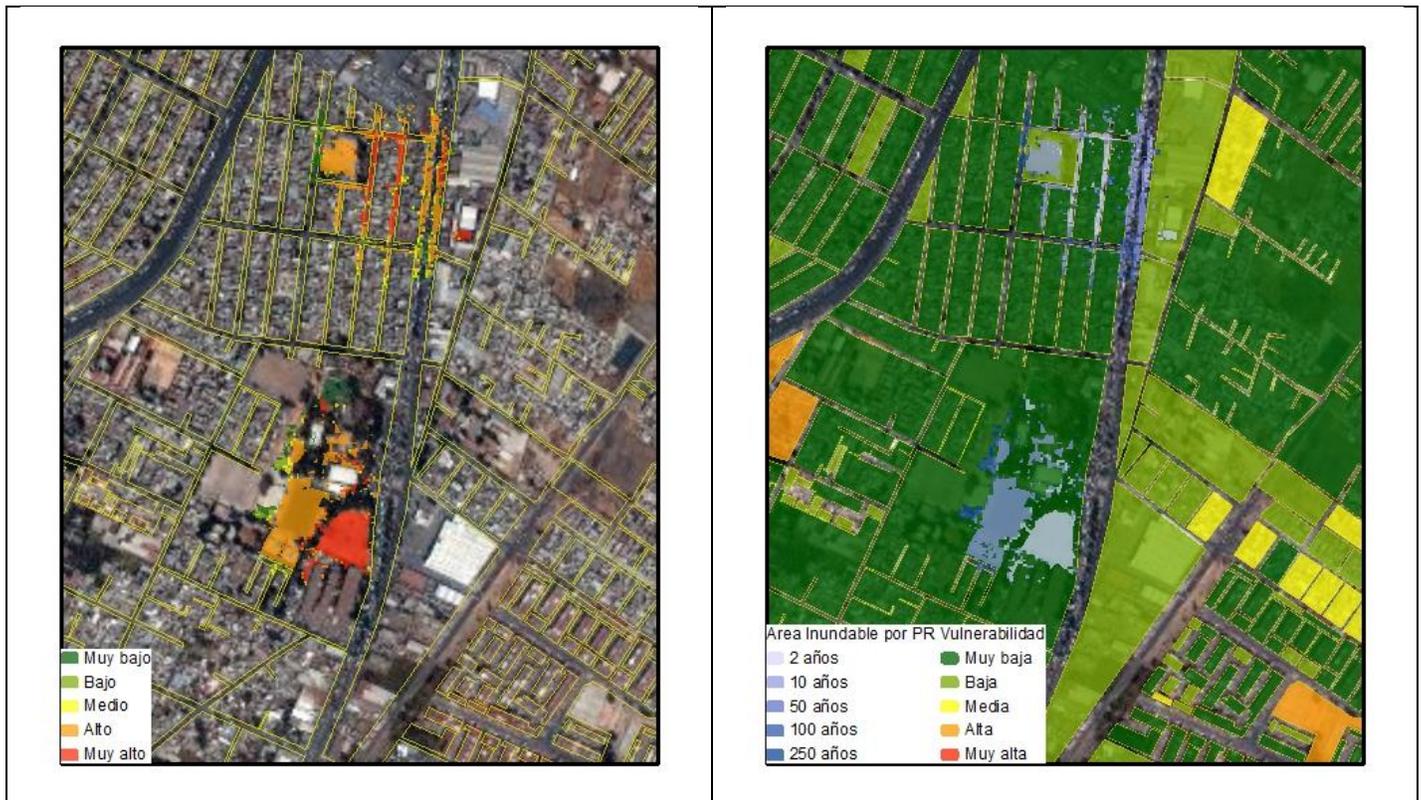


Figura 5.52. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Nuevo Laredo, Talleres Gráficos y Fovissste Morelos. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010258	Nuevo Laredo	50	250	Baja	Alto	Medio
1503300010277	Talleres Gráficos, Fovissste Morelos	10	50	Baja	Muy Alto	Alto

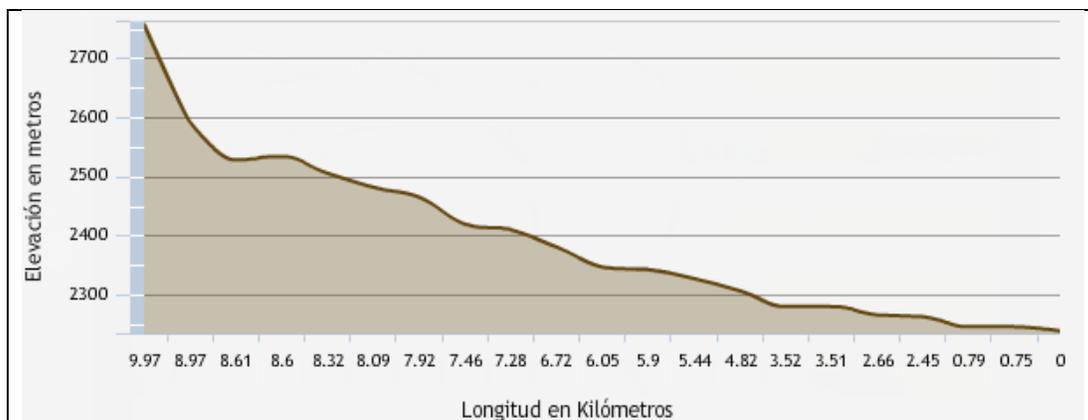
Tabla 5.55 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Nuevo Laredo, Talleres Gráficos y Fovissste Morelos. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.9 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 brancas de las laderas adyacentes. En 2012 se afectaron por este fenómeno 19,000m², incluyendo 100 viviendas con hasta un tirante de 40cm, y vialidades con un tirante de hasta 80cm. La población afectada fue de 500 habitantes.

La microcuenca Xalostoc es aquella que con drena la zona de inundación de esta colonia. Con el modelo digital de elevación de la zona, incorporado a un Sistema de Información Geográfica, se estimó que la pendiente general del drenaje principal de esta microcuenca es de 5.12%. Su longitud es de 9973m.



Gráfica 5.9 Perfil del terreno en la de la microcuenca Xalostoc, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: SIATL INEGI.

Para obtener el tiempo de concentración (t_c), se utilizó la fórmula de Kirpich:

$$t_c = 0.000325 \frac{9973^{0.77}}{0.0512^{0.385}} = 1.22 \text{ horas} = 73.46 \text{ minutos}$$

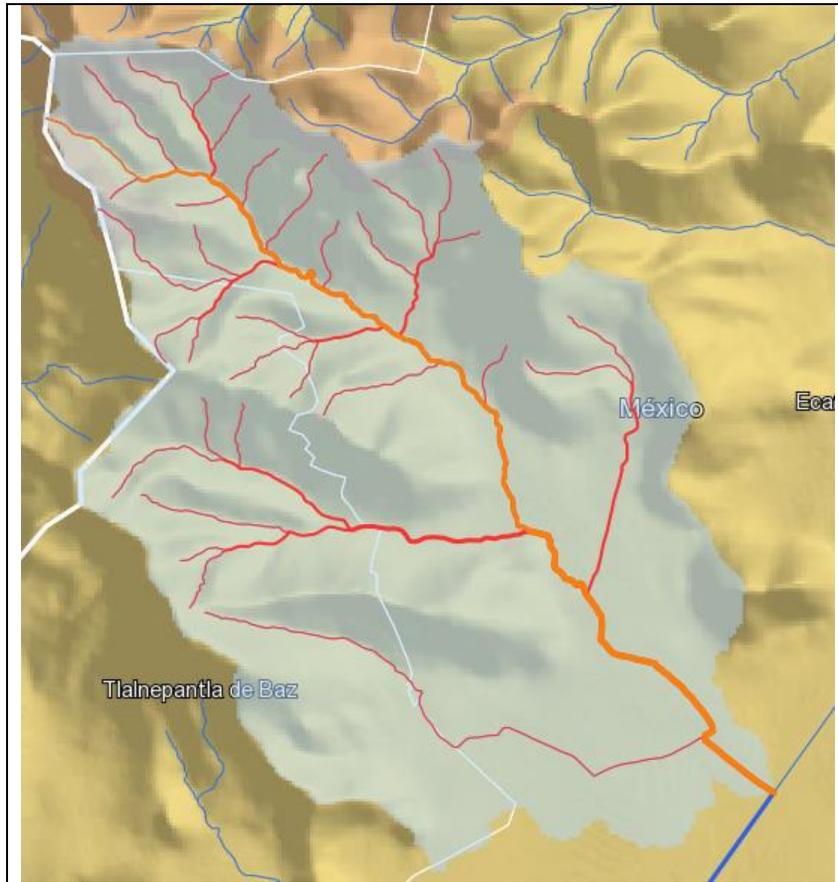


Figura 5.53 Delimitación de la microcuenca Xalostoc, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: SIATL INEGI.

Con el valor del tiempo de concentración, se procedió a calcular la lámina de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración ($d = t_c = 1.22$ horas). A continuación se presentarán los cálculos para un periodo de retorno de dos años (PR = 2 años)

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 30 \text{ mm}$$

$$hp \text{ PR } 2 (1h) = 40 \text{ mm}$$

$$t_c = 1.22 \text{ h}$$

$$hp(t_c) = \frac{hp(40) - hp(30)}{3.1781} * \ln 1.22 + hp(30) = 30.636 \text{ mm}$$

Finalmente, para obtener la intensidad de la precipitación para una duración igual al tiempo de concentración (t_c), se divide la lámina de lluvia antes mencionada entre el valor del tiempo de concentración.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



$$i = \frac{30.636 \text{ mm}}{1.22} = 25.022 \text{ mm/h}$$

Por lo tanto, el valor de la intensidad de lluvia para una duración igual al tiempo de concentración es de 25.022 mm/h para un periodo de retorno de dos años. En la siguiente tabla se observan las láminas de lluvia para los diferentes periodos de retorno, así como las intensidades de lluvia esperadas.

PR	hp (1h) mm	hp (24h) mm	hp (t _c) mm	i mm/h
2 años	30	40	30.637	25.023
10 años	45	65	46.274	37.794
50 años	55	105	58.185	47.522
100 años	60	107	62.994	51.450
250 años	75	110	77.229	63.077

Tabla 5.56 Valores de lámina de lluvia e intensidad de la lluvia para diferente periodos de retorno en la microcuenca Xalostoc, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: Elaboración propia.

Con base en el procedimiento de la NOM-011-CNA-2000, el coeficiente de escurrimiento estimado para la microcuenca de estudio, resultó $C_e = 0.09$. Con el coeficiente de escurrimiento, el área de la cuenca de aportación (17.82 km²) y la intensidad de la lluvia, se estimaron los gastos líquidos generados en la cuenca, para el PR = 2 años:

$$Q_p = 0.278 * 0.09083 * 25.022 \text{ mm/h} * 37.11 \text{ km}^2 = 23.446 \text{ m}^3/\text{s}$$

De la misma forma se calcularon los valores de los gastos líquidos para los diferentes periodos de retorno, mismos que se muestran en la siguiente tabla.

PR	i (mm/h)	Q _p (m ³ /s)
2 años	25.023	23.447
10 años	37.794	35.414
50 años	47.522	44.529
100 años	51.450	48.210
250 años	63.077	59.105

Tabla 5.57 Gasto líquido esperado para diferentes periodos de retorno en la microcuenca Xalostoc, donde se ubica la zona de inundación de la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: Elaboración propia.

En función de lo anterior, se realizó cartografía de vulnerabilidad de la zona, y se calculó el riesgo derivado, tomando en cuenta el peligro por inundación previamente identificado.

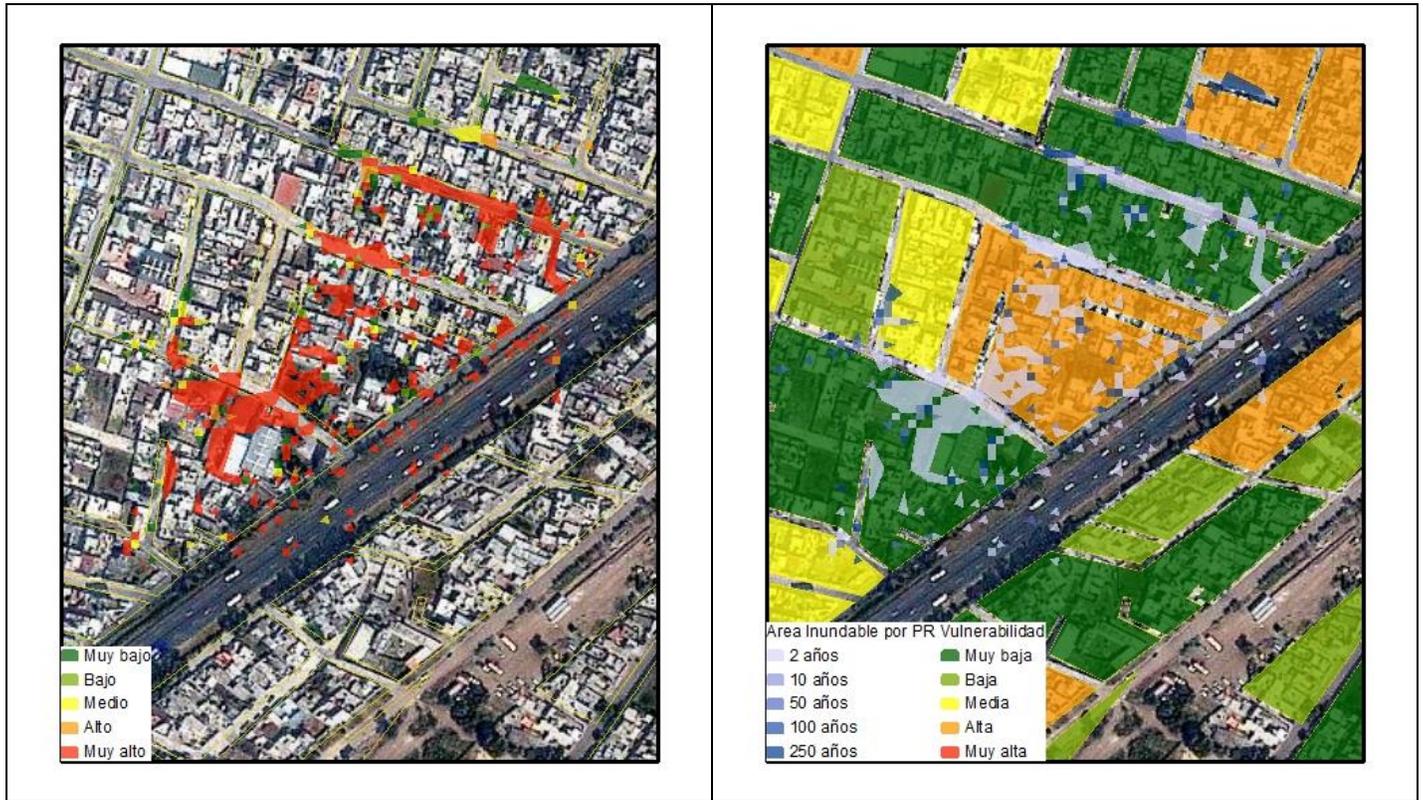


Figura 5.54. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013657	Carlos Hank Gonzáles	50	250	Alta	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 5.58 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia Carlos Hank Gonzáles. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.10 San Pedro Xalostoc

Las colonias San Pedro Xalostoc y Santa Clara, pertenecientes a la microcuenca Xalostoc, se inundan cuando las aguas de las laderas de la Sierra de Guadalupe bajan en época de lluvias y el drenaje no es suficiente para desaguarlas. El modelado del área de inundación dio como resultado lo siguiente.



Figura 5.55. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia San Pedro Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010648	San Pedro Xalostoc, Santa Clara	70	350	Alta	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 5.59 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia San Pedro Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.11 Industrial Cerro Gordo

La Zona industrial de Cerro Gordo sufre afectaciones por las aguas del cerro homónimo, que en época de lluvias superan el desfogue del drenaje público. Esta zona pertenece a la microcuenca Xalostoc.

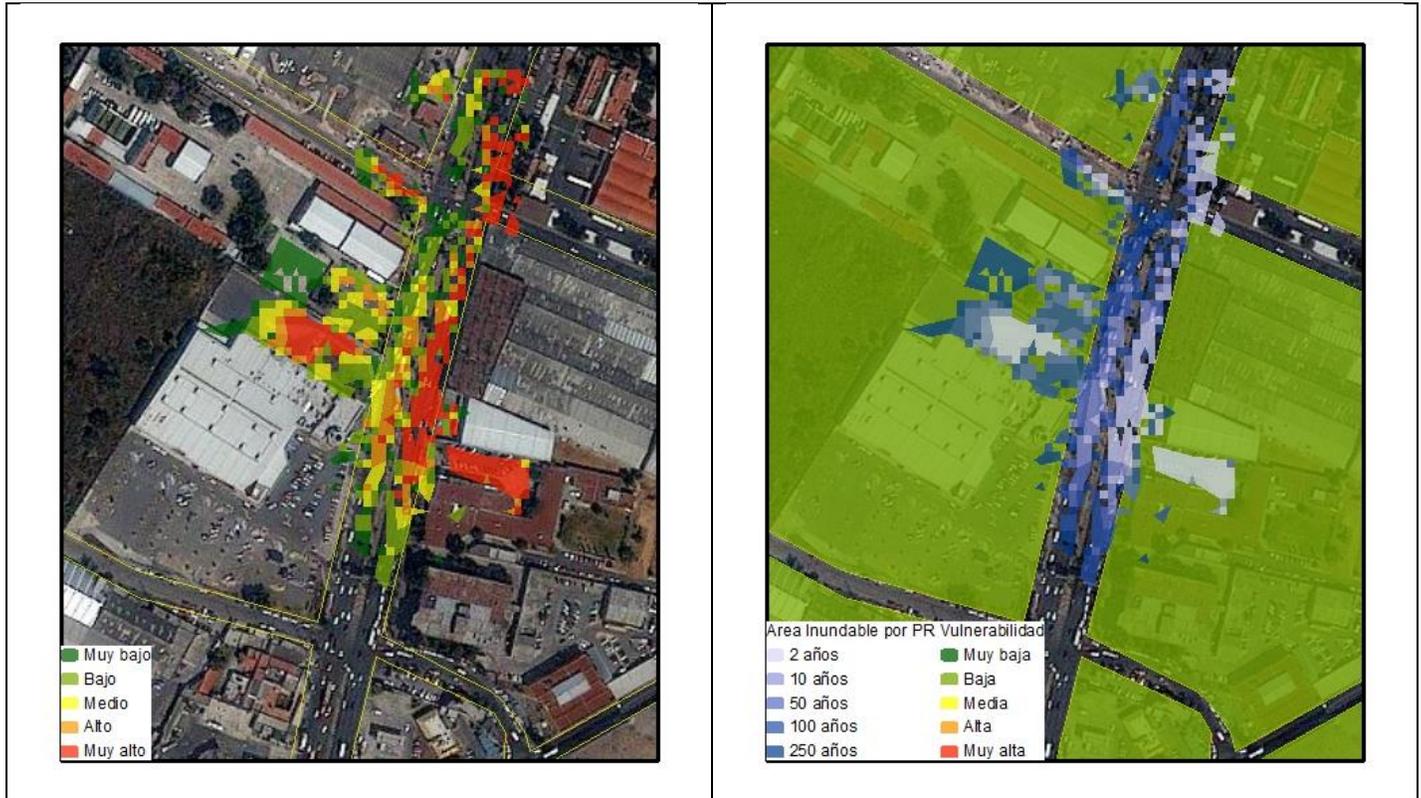


Figura 5.56. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia Industrial Cerro Gordo. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
150330001046A	Industrial Cerro Gordo	10	50	Baja	Alto	Medio

Tabla 5.60 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia Industrial Cerro Gordo. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.12 Santa Clara y Rinconada Santa Clara

Estas colonias pertenecen a la microcuenca Xalostoc. Desde el año 2005 se han registrado inundaciones constantes debido a la insuficiente red de drenaje que colapsa cuando bajan aguas brancas de las laderas adyacentes. En el 2012, la superficie afectada ascendió a 93,000m², afectando a las vialidades con un tirante de hasta 30cm que impedía la circulación. No hubo población afectada en sus propiedades.

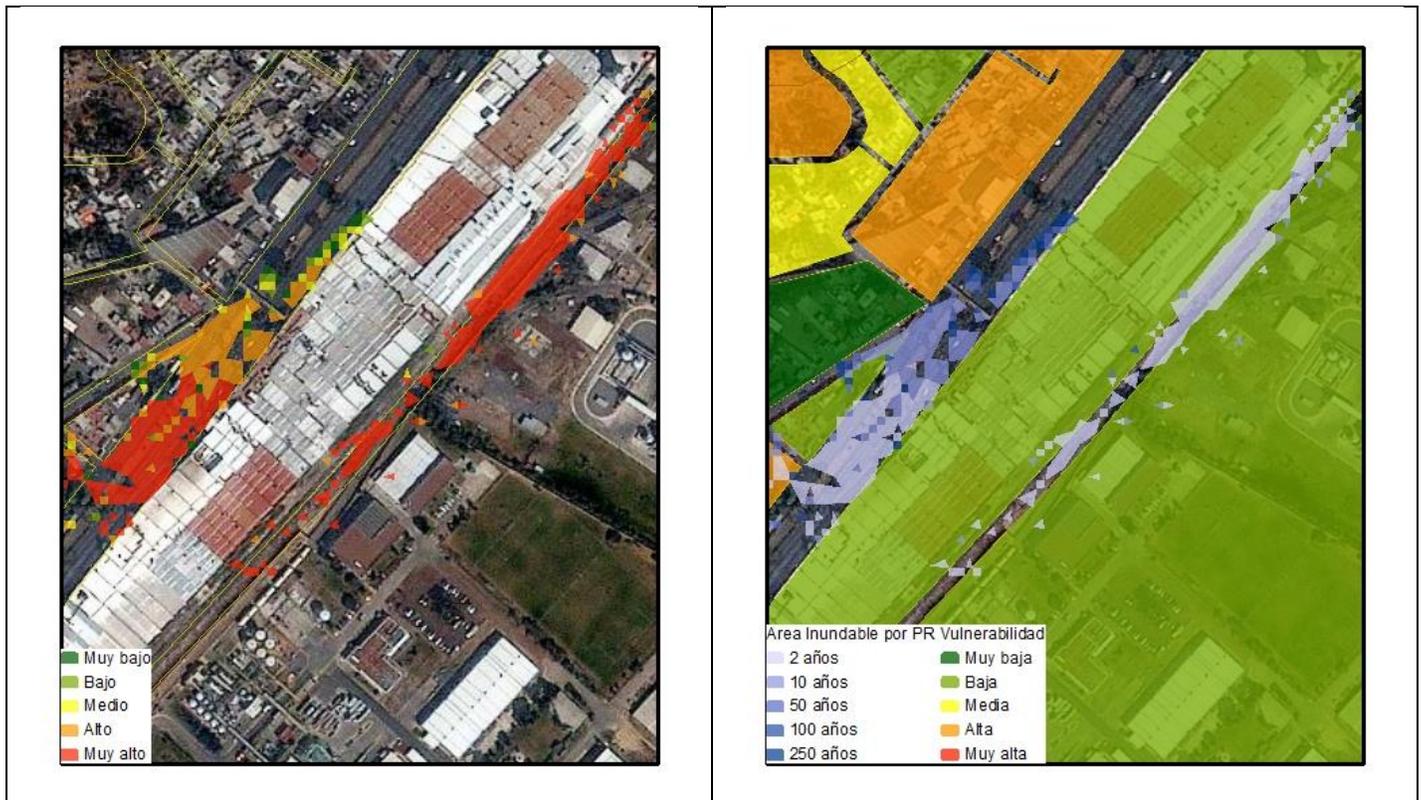


Figura 5.57. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Santa Clara y Rinconada Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013534	Santa Clara, Rinconada Santa Clara	20	100	Baja	Alto	Medio

Tabla 5.61 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Santa Clara y Rinconada Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.13 Prados de Santa Clara, Jardines de Santa Clara

En estas colonias las inundaciones se producen debido a subsidencia del terreno y dislocamientos en la red del drenaje, lo cual facilita que el agua de lluvia se anegue. Pertenece a la microcuenca Ecatepec Lacustre.



Figura 5.58. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Prados de Santa Clara, Jardines de Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
150330001053A	Prados de Santa Clara, Jardines de Santa Clara	80	400	Baja	Alto	Medio

Tabla 5.62 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Prados de Santa Clara, Jardines de Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.14 Rinconada Santa Clara y Cuauhtémoc Xalostoc

Estas colonias pertenecientes a la microcuenca Xalostoc, comparten un área de inundación, al sur de Rinconada Santa Clara y al este de Cuauhtémoc Xalostoc, la cual se debe a la deficiencia en el sistema de drenaje local, particularmente cuando hay agua extra de origen pluvial. En esta zona es común que los vecinos construyan diques para evitar la entrada de agua a sus viviendas.

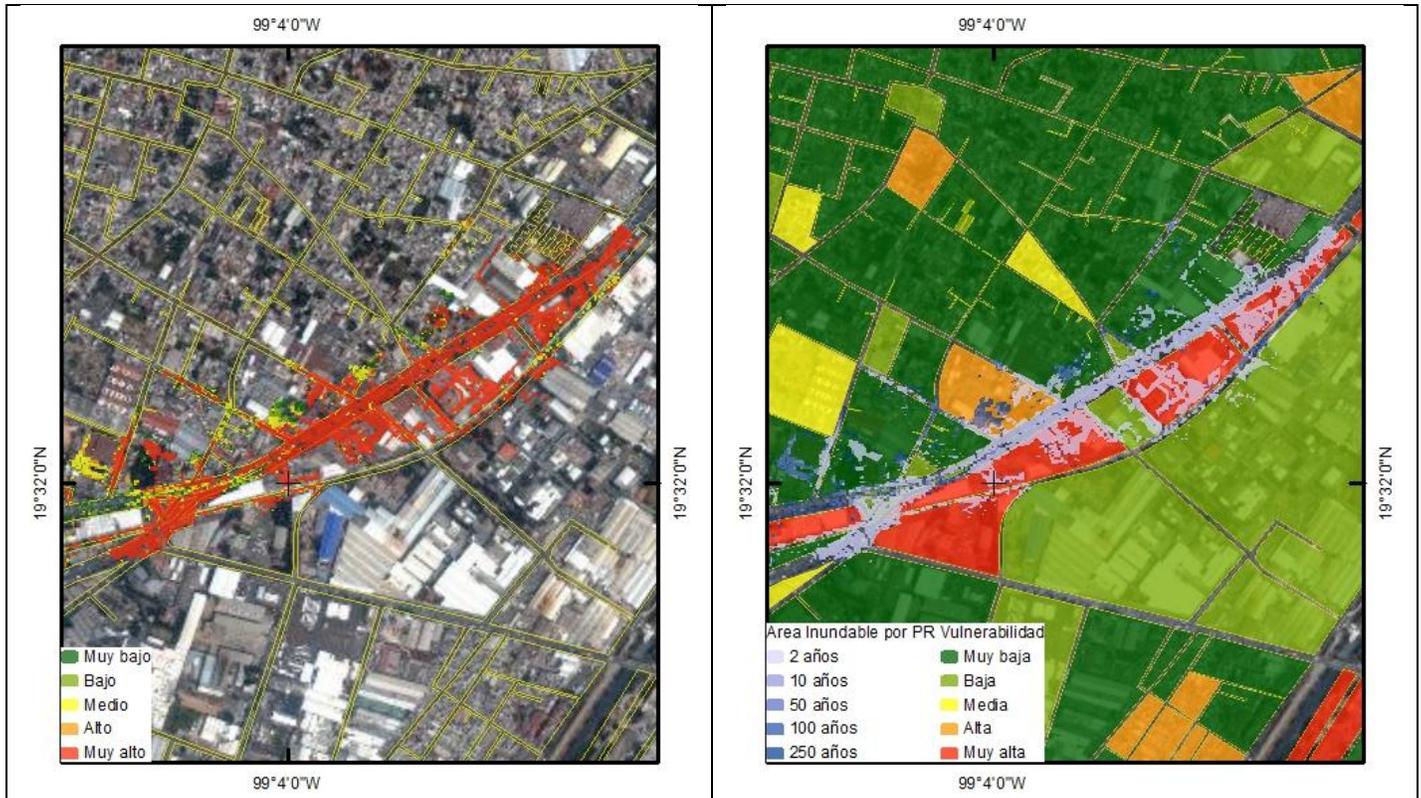


Figura 5.59. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Rinconada Santa Clara y Cuauhtémoc Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
150330001078A 1503300013534	Rinconada Santa Clara y Cuauhtémoc Xalostoc	80	400	Alta	Muy Alto	Muy Alto

Tabla 5.63 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Rinconada Santa Clara y Cuauhtémoc Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.15 San Pedro Xalostoc, Cuauhtémoc Xalostoc y Rustica Xalostoc

Al sureste del municipio de Ecatepec hay una gran zona de inundaciones, que en una parte está comprendida por porciones de las colonias San Pedro Xalostoc, Cuauhtémoc Xalostoc y Rustica Xalostoc. Esta área es drenada por la microcuenca Xalostoc, analizada anteriormente. Al igual que en los casos ya tratados, el origen común de estas inundaciones son las condiciones del sistema de drenaje, afectado por la presencia adicional de líquido en época de lluvias.

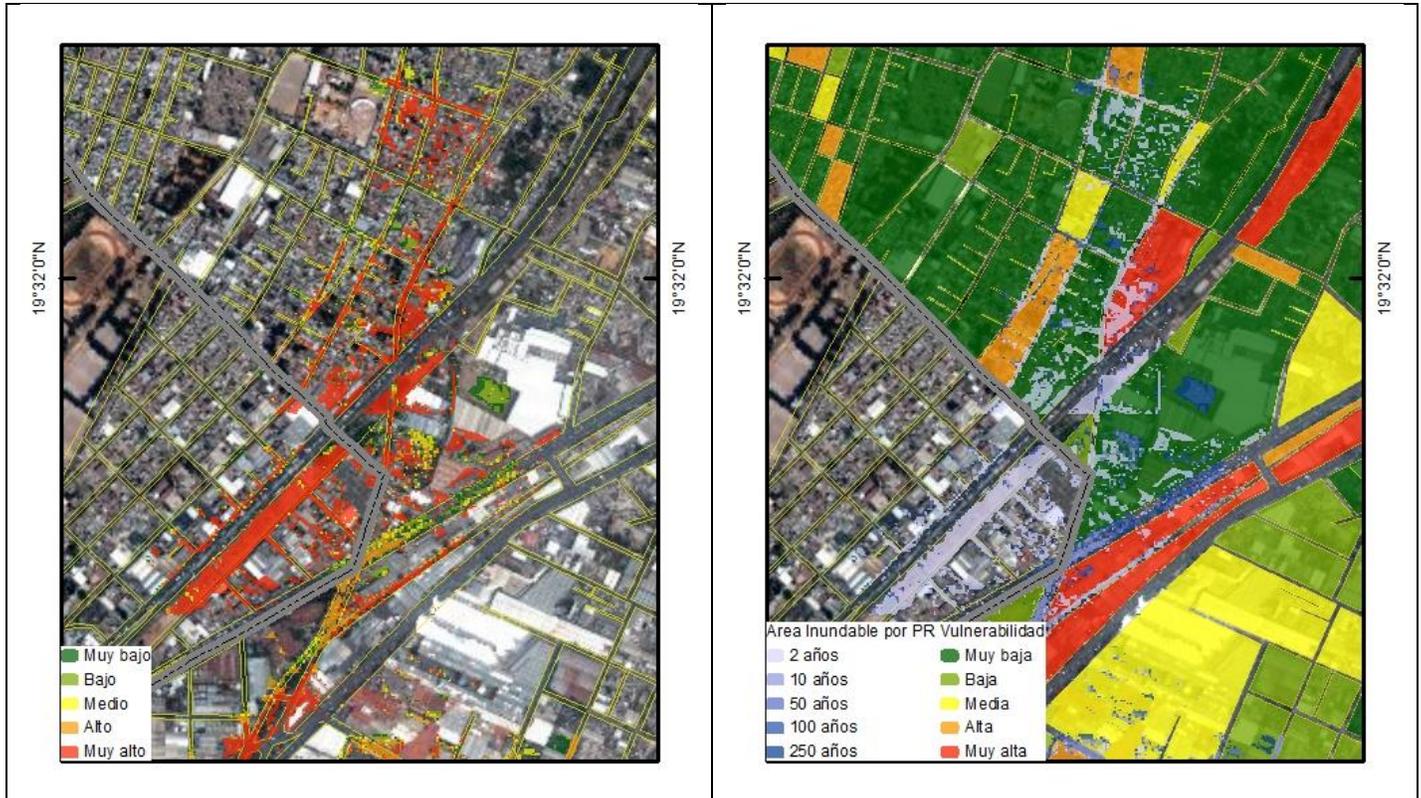


Figura 5.60. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias San Pedro Xalostoc, Cuauhtémoc Xalostoc, Rustica Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012841 150330001078A	San Pedro Xalostoc, Cuauhtémoc Xalostoc, Rustica Xalostoc	120	600	Media	Muy Alto	Alto

Tabla 5.64 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias San Pedro Xalostoc, Cuauhtémoc Xalostoc, Rustica Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.16 Rustica Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec y Viveros Xalostoc

Desde el año 2003 hay inundaciones recurrentes en las colonias Rústica Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec y Viveros 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 432,000m² 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. Esta zona pertenece a la microcuenca Xalostoc



Figura 5.61. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Rústica Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec y Viveros Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010987 150330001078A 150330001103A 1503300011044	Rústica Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec y Viveros Xalostoc	80	400	Media	Muy Alto	Alto

Tabla 5.65 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Rústica Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec y Viveros Xalostoc. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.17 Viveros Xalostoc

En esta porción de la microcuenca Xalostoc, desde 2003 se tienen reportes de que las colonias Viveros Xalostoc, Ampl. San José Xalostoc, Industrial Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec, y División del Norte, en época de lluvias sufren 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 246,000m² 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.

En 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 70,000m².

En la colonia División del Norte, se registró una inundación en el año 2012, la cual abarcó una superficie de 37,000m², 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 5.62. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Viveros Xalostoc, Ampl. San José Xalostoc, Industrial Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec. Fuente: Elaboración propia.



AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300011114	Viveros Xalostoc, Ampl. San José					
1503300011059	Xalostoc, Industrial	300	1500	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300011190	Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec					

Tabla 5.66 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Viveros Xalostoc, Ampl. San José Xalostoc, Industrial Xalostoc, La Urbana Ixhuatepec. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.18 Río de Luz y Los Reyes Ecatepec

En esta porción de la microcuenca de Ecatepec Lacustre, 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 13,000m² de área, con tirantes de hasta 80cm en las vialidades y 50cm en las viviendas.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300013676						
1503300013661	Río de Luz y Los Reyes Ecatepec	600	3000	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300010402						
1503300010436						

Tabla 5.67 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Río de Luz y Los Reyes Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

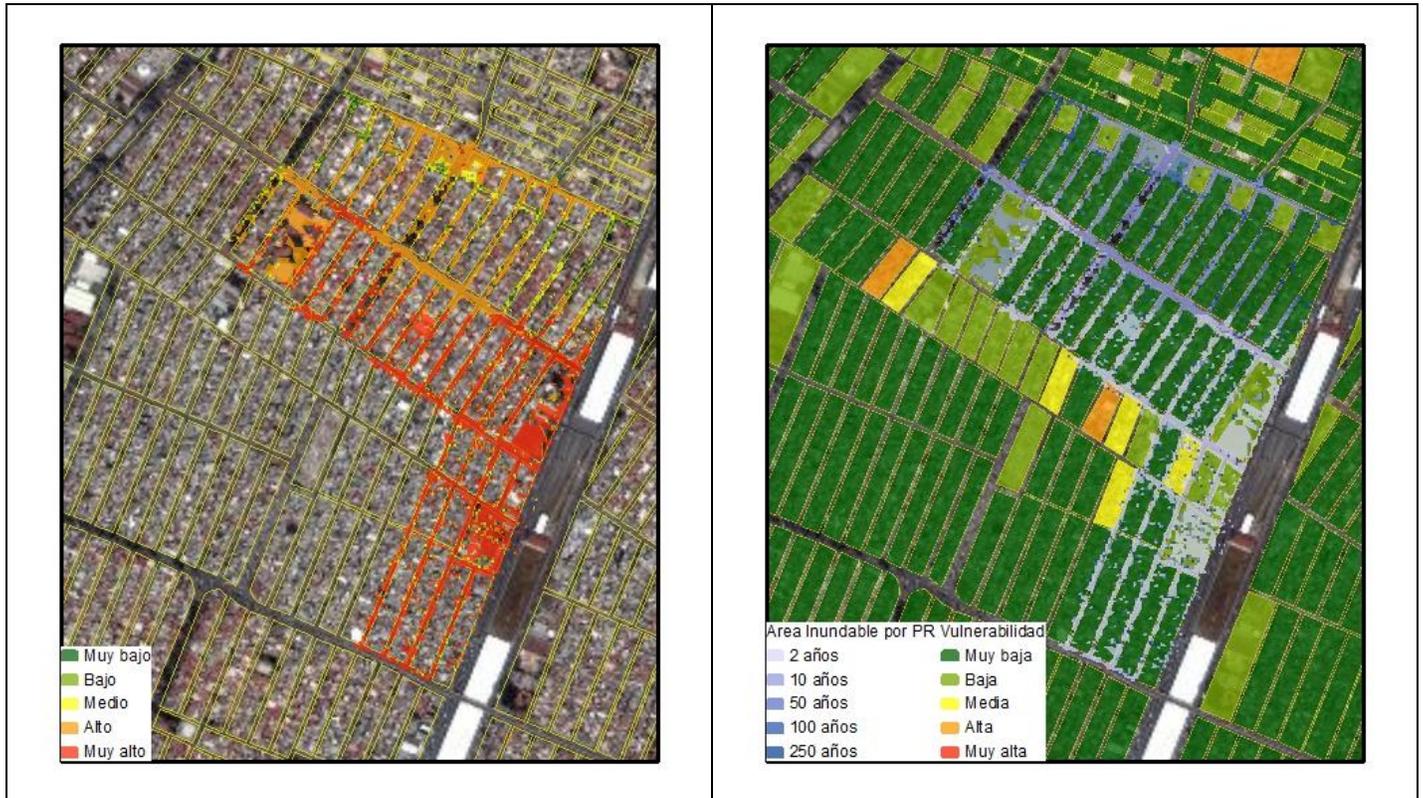


Figura 5.63. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Río de Luz y Los Reyes Ecatepec.
Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.19 Emiliano Zapata 1ra Secc.

En esta porción de la microcuenca Ecatepec Lacustre, 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 179,000m² de área, incluyendo 200 viviendas y 900 habitantes. Las viviendas fueron anegadas hasta por 20cm mientras que las vialidades lo fueron hasta por 50cm.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300010883	Emiliano Zapata 1ra	80	400	Medio	Medio	Medio
1503300010830	Secc					

Tabla 5.68 Zonificación del Riesgo por Inundación en la colonia Emiliano Zapata 1ra Secc. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.64. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en la colonia Emiliano Zapata 1ra Secc. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.20 Valle de Santiago

En esta porción de la microcuenca de Ecatepec Lacustre, desde el año 2001, se han presentado inundaciones recurrentes de origen pluvial en la Colonias Valle de Santiago, Campiña de Aragón, Nuevo Paseo de San Agustín, Laderas del Peñon, Indeco Santa Clara, con un área de afectación de 460,000m². 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 106,000m².



Figura 5.65. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Valle de Santiago Campiña de Aragón, Nuevo Paseo de San Agustín, Laderas del Peñón, Indeco Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012822	Valle de Santiago					
1503300010703	Campiña de Aragón,					
1503300010760	Nuevo Paseo de San	800	4000	Medio	Muy Alto	Alto
1503300010737	Agustín, Laderas del					
1503300010614	Peñón, Indeco Santa Clara					

Tabla 5.69 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Valle de Santiago Campiña de Aragón, Nuevo Paseo de San Agustín, Laderas del Peñón, Indeco Santa Clara. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.21 Ciudad Azteca 2da Sección, Fracc. Profopec Polígono 1

En esta porción de la microcuenca de Ecatepec Lacustre, las colonias Ciudad Azteca, 2da Sección, Fracc. Profopec Polígono 1 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 263,000m².

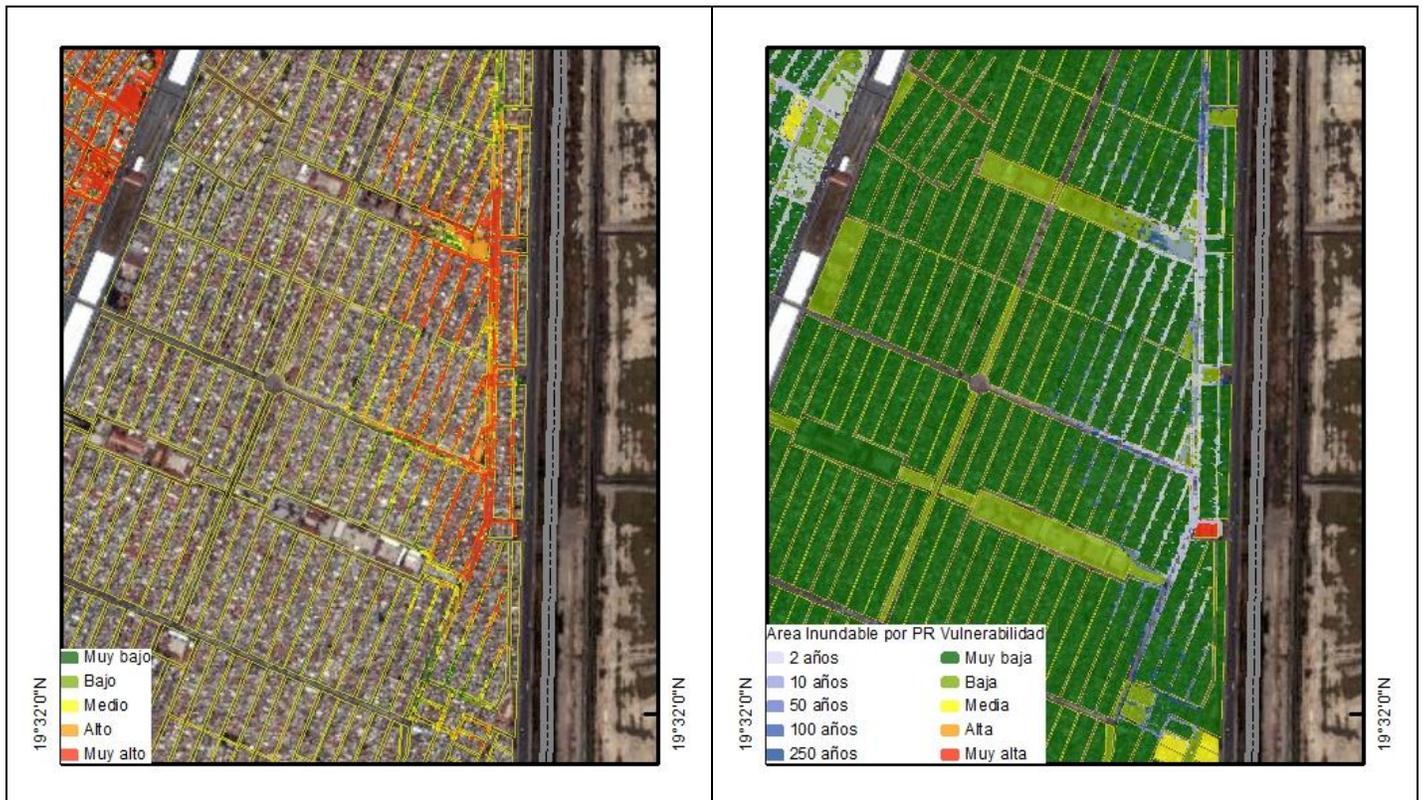


Figura 5.66. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Ciudad Azteca 2da Sección y Fracc. Profopec Polígono 1. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012095	Ciudad Azteca 2da Sección y Fracc. Profopec Polígono 1	500	2500	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300010455						
1503300010578						
1503300010440						

Tabla 5.70 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Ciudad Azteca 2da Sección y Fracc. Profopec Polígono 1. Fuente: Elaboración propia.



5.2.11.22 Valle de Aragón 2ª y 3ª secc.

En esta zona de la microcuenca de Ecatepec Lacustre, se han reportado inundaciones recurrentes en Nuevo Valle de Aragón, Valle de Aragón 3ra Secc, Valle de Aragón 2da Secc., desde el 2007, debido al desbordamiento de cauces, asentamientos diferenciales del terreno, y red de drenaje insuficiente. En 2012, se inundó una superficie de 163,000m², en diferentes eventos. Se afectaron 241 casas, y una población de 1085 personas. Las vialidades se anegaron hasta 50cm, y las viviendas hasta 20cm.



Figura 5.67. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Nuevo Valle de Aragón, Valle de Aragón 3ra Secc, Valle de Aragón 2da Secc. Fuente: Elaboración propia.



AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300012926	Nuevo Valle de Aragón, Valle de Aragón 3ra Secc, Valle de Aragón 2da Secc	800	4000	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300012930						
1503300011311						
1503300011186						
1503300011966						
1503300011928						

Tabla 5.71 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Nuevo Valle de Aragón, Valle de Aragón 3ra Secc, Valle de Aragón 2da Secc. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.23 Sagitario V

En esta zona de la microcuenca de Ecatepec Lacustre se han registrado inundaciones desde el año 2008, debido a asentamientos diferenciales del terreno, que a su vez provocan daños a la infraestructura de la red de drenaje. En el 2012, se inundó entre mayo y octubre, un área de 100,000m², que afectó a 500 habitantes y 85 viviendas, así como a 15 locales comerciales, que se anegaron hasta 10cm, mientras que las vialidades se anegaron hasta 40cm.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300011932	Sagitario V, Ejercito Del Trabajo, Unidad Hab. Asa Sagitario, Héroes de Granaditas, Nicolás Bravo, Pedro Ojeda Paullada, Granjas Independencia, Ampl. Valle de Aragón II, Granjas Independencia 1, Unidad Croc Avenida Central, Renacimiento de Aragón	1200	6000	Bajo	Muy Alto	Alto
1503300011970						
1503300011966						
1503300011928						

Tabla 5.72 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Sagitario V, Ejercito Del Trabajo, Unidad Hab. Asa Sagitario, Héroes de Granaditas, Nicolás Bravo, Pedro Ojeda Paullada, Granjas Independencia, Ampl. Valle de Aragón II, Granjas Independencia 1, Unidad Croc Avenida Central, Renacimiento de Aragón. Fuente: Elaboración propia.



Figura 5.68. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Sagitario V, Ejercito Del Trabajo, Unidad Hab. Asa Sagitario, Héroes de Granaditas, Nicolás Bravo, Pedro Ojeda Paullada, Granjas Independencia, Ampl. Valle de Aragón II, Granjas Independencia 1, Unidad Croc Avenida Central, Renacimiento de Aragón. Fuente: Elaboración propia.

5.2.11.24 Quinto Sol

Las colonias Quinto Sol, Ciudad Amanecer, México Revolucionario, Croc Aragón, Ciudad Oriente, Ecatepec Federación, Petroquímica Ecatepec, 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 113,000m², afectando a 30 viviendas y 150 habitantes; el agua llegó hasta los 10cm en las casas y hasta 40cm en las vialidades.

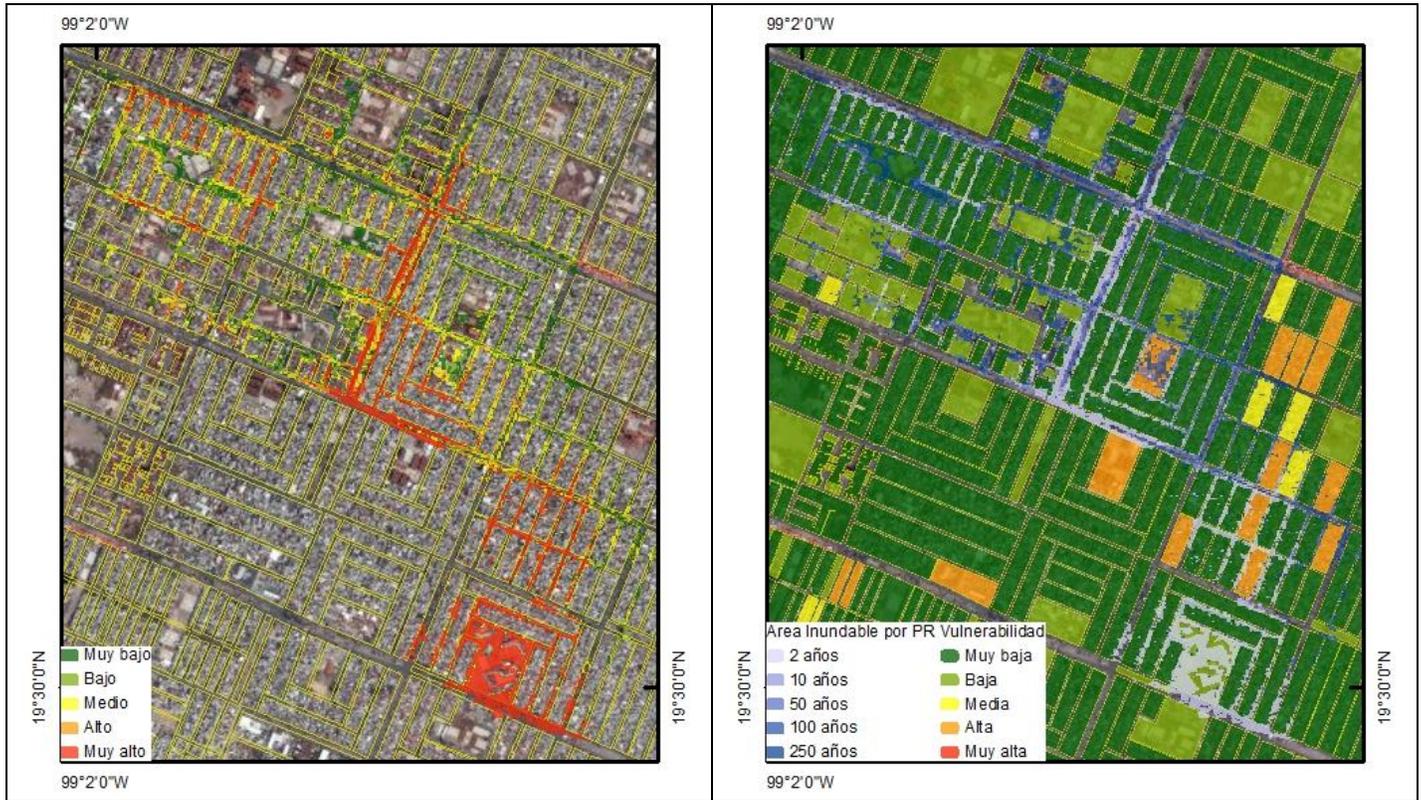


Figura 5.69. Mapa de peligros y vulnerabilidad a inundaciones, en las colonias Quinto Sol, Ciudad Amanecer, México Revolucionario, Croc Aragón, Ciudad Oriente, Ecatepec Federación, Petroquímica Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

AGEB	Colonia	Viviendas	Población estimada (hab)	Vulnerabilidad	Peligro	Riesgo
1503300011824	Quinto Sol, Ciudad Amanecer, México Revolucionario, Croc Aragón, Ciudad Oriente, Ecatepec Federación, Petroquímica Ecatepec	1000	5000	Bajo	Muy Alto	Alto

Tabla 5.73 Zonificación del Riesgo por Inundación en las colonias Quinto Sol, Ciudad Amanecer, México Revolucionario, Croc Aragón, Ciudad Oriente, Ecatepec Federación, Petroquímica Ecatepec. Fuente: Elaboración propia.

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



5.3 Medidas preventivas para mitigación de riesgos

Los riesgos naturales son eventos multifactoriales que ocurren espontáneamente, muchas veces sin que pueda conocerse con anticipación la magnitud de ocurrencia del fenómeno, ni su duración. La única manera de mitigar la ocurrencia de desastres causados por peligros naturales es por medio de un análisis y caracterización que permitan a su vez tomar medidas de prevención ante posibles escenarios de desastre. Tales medidas preventivas consisten en dos partes mutuamente complementarias: la informativa, y la construcción de obra civil.

La información sobre los riesgos es esencial porque una sociedad con conocimiento, enfrenta los embates de la naturaleza de una forma mas preparada, lo que eventualmente salva vidas y propiedades. No debe soslayarse el hecho de que la información y el conocimiento, pueden cambiar diametralmente la vulnerabilidad y exposición de la población ante el peligro; además, esto implica involucrar a la sociedad civil en el proceso de adquisición de resiliencia, pues la información debe ciudadanizarse, y no solo ser parte del conocimiento de las autoridades.

Además de lo anterior, es necesario prepararse para fenómenos naturales recurrentes con obras civiles para mitigar o incluso evitar daños potenciales. Tales obras a menudo son costosas y requieren de estudios especiales para determinar los alcances y necesidades de cada proyecto en particular. En el presente trabajo, se mencionan brevemente aquellas obras que reducirán en un grado significativo los problemas a corto plazo que enfrenta el Municipio de Ecatepec en cuestión de peligros naturales. Debido a que no todas estas obras son realizables en un futuro inmediato, de nuevo se hace evidente que la estrategia más barata y efectiva contra los fenómenos naturales es la sociedad informada.

5.3.1 Medidas de mitigación de riesgos por Inundaciones

Las inundaciones son uno de los fenómenos naturales más dañinos para el Municipio de Ecatepec, por lo que las obras orientadas a su mitigación son de la mayor importancia. A continuación se enuncian las obras y medidas propuestas para la mitigación de sus efectos.

Establecimiento de un Sistema de Alerta Temprana para Inundaciones

Esta propuesta consiste en instalar por lo menos 5 estaciones telemétricas digitales de alto rango dinámico con sensores hidrométricos que generen los datos en cantidad y calidad necesaria para evaluar en tiempo real el peligro por inundación en el municipio de Ecatepec. Estas estaciones cubrirán las zonas de origen de las inundaciones, previamente identificadas como los cauces intermitentes que bajan de los cerros del poniente. Para su operación, la red se configurará por cinco o más estaciones, las cuales utilizarán el sistema de envío de datos vía internet de banda ancha a una estación central, donde un sistema inteligente realizará la localización y evaluación preliminar de los eventos de inundación en tiempo real. Estos resultados serán distribuidos con base en protocolos a definir, por las dependencias e instancias involucradas, y se actualizarán automáticamente en una página de internet.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



El objetivo de esta red es instrumentar con el equipo necesario para poder identificar el peligro por inundaciones en el Municipio de Ecatepec, antes de que cause un daño a la población. El sistema puede calibrarse para que envíe un mensaje de texto a los tomadores de decisiones antes de que un evento potencialmente desastroso ocurra, permitiendo de esta forma, evacuar a los afectados y preparar a los equipos que harán frente a la contingencia.

Para su implementación, no sería necesario sufragar un gasto importante. De hecho, se puede elaborar el sistema con muchos de los recursos con los que ya cuenta el Municipio de Ecatepec. Potencialmente el gasto más importante serían los sensores; sin embargo, incluso estos pueden desarrollarse internamente con la colaboración de las Universidades locales.

Por lo anteriormente expuesto, el Sistema de Alerta Temprana para Inundaciones del Municipio de Ecatepec, podría convertirse en el instrumento de referencia en el ámbito regional y nacional. Adicionalmente, su buen manejo fomentará la cultura de la prevención en cuanto a desastres se refiere.

Levantamiento topográfico LIDAR de 10cm.

Se propone un levantamiento topográfico LIDAR a detalle de la Ciudad de Ecatepec, así como la integración de un sistema de información hidrográfica extensiva, para determinar entre otras cosas, las zonas inundables con una precisión de hasta 10cm. Aunque en el presente Atlas ya se delimitaron las zonas de inundación, estas cuentan con un grado de incertidumbre derivado de que el modelo topográfico usado es de resolución de 15 metros; con un modelo de 1m se puede conocer con detalle las zonas que podrían verse afectadas en un futuro, y se puedan establecer estrategias de crecimiento urbano e industrial con información de primera línea, por ejemplo, se podrían evitar casos de fraccionamientos nuevos en zonas inundables, cuyos desniveles son de centímetros, pero aun así se ubican en hondonadas. Esto es muy importante porque, las zonas planas requieren estudios a este nivel de detalle debido a que la topografía natural tiene pocos metros de diferencia en varios kilómetros lineales.



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.



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



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: riesgo = vulnerabilidad x valor x 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 Básica 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://diarioportal.com/2011/07/07/por-nuevas-contingencias-ecatepec-actualiza-atlas-de-riesgos/>



Atlas de Riesgos del Municipio de Ecatepec

Entrega Final, Diciembre 2013



- 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.publmetro.com.mx/noticias/reportan-hundimientos-por-antigüedad-en-drenaje-en-ecatepec/nlei!cMTfgf0ctXWInTfafFzOew/>
- Nota periodística, Sin Embargo, 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.