



Atlas de Riesgos Naturales del Municipio de Chicoloapan de Juárez 2011



Fecha: 28 de Noviembre 2011

Entrega final

Número de obra:

PM/CHI/ADM/ADQ/IR-017/S237PRAH-RP/2011

Municipio de Chicoloapan de Juárez

Estado de México



SIGEMA SA de CV

Ocotlán 47 2° piso, Col. Roma, Del. Cuauhtémoc,

México DF, CP 06700. Tel. 56619084

Email: sigema.info@gmail.com

ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción	4
1.1 Introducción	4
1.2 Antecedentes	5
1.3 Objetivo	6
1.4 Alcances	6
1.5 Metodología General	7
1.6 Contenido del Atlas de Riesgo	7
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio	9
2.1 Determinación de la Zona de Estudio.....	9
2.1.1 Localización.....	9
2.1.2 Límites políticos.....	9
2.1.3 Infraestructura	10
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural	11
3.1 Fisiografía	12
3.2 Geología	13
3.3 Geomorfología	14
3.4 Edafología.....	16
3.5 Hidrología.....	18
3.6 Climatología.....	18
3.7 Uso de suelo y vegetación.....	20
3.8 Áreas naturales protegidas	22
3.9 Problemática ambiental	22
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.....	23
4.1 Elementos demográficos	23
4.1.1 Dinámica demográfica	23
4.1.2 Distribución de población	25
4.1.3 Mortalidad.....	26
4.1.4 Densidad de población.....	26
4.1.5 Discapacidad.....	26
4.2 Características sociales	27
4.3 Principales actividades económicas en la zona	29
4.4 Características de la población económicamente activa.....	30

4.5 Estructura urbana	31
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	34
5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico	37
5.1.1 Fallas y Fracturas.....	37
5.1.2 Sismos.....	43
5.1.3 Tsunamis o maremotos.....	51
5.1.4 Vulcanismo.....	51
5.1.5 Deslizamientos	55
5.1.6 Derrumbes.....	59
5.1.7 Flujos	64
5.1.8 Hundimientos	69
5.1.9 Erosión	71
5.2 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico	73
5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)	73
5.2.2 Tormentas eléctricas	74
5.2.3 Sequías	79
5.2.4 Temperaturas máximas extremas.....	81
5.2.5 Vientos Fuertes	83
5.2.6 Inundaciones	84
5.2.7 Masas de aire (heladas y temperaturas bajas).....	91

CAPÍTULO I. 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 todo el territorio de Chicoloapan de Juárez, 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, pueden incrementar la magnitud de su devastación. De ahí la importancia de hacernos conscientes 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 olvidan de las consecuencias que puede tener un fenómeno natural extremo y se exponen sin tomar precauciones dan como resultado graves pérdidas tanto materiales como humanas.

Chicoloapan de Juárez 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 sismos, vulcanismo e inundaciones.

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 su 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 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 las colonias y fraccionamientos de Chicoloapan.

El reto que se estableció fue la integración de un 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 la Dirección Municipal de Protección Civil, Dirección Municipal de Obras Públicas, contratistas privados, la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal, así como la población en general.

Es así que el Municipio de Chicoloapan, ha dado un gran paso hacia una política responsable en materia de prevención de desastres, con la elaboración de su Atlas de Riesgos, una iniciativa del Ayuntamiento que cuenta con el apoyo del programa “Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos” de la Secretaría de Desarrollo Social 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 SEDESOL en las “Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para Representar el Riesgo 2011”.

1.2 Antecedentes

El territorio municipal de Chicoloapan de Juárez, no ha estado libre del embate de fenómenos perturbadores ya que cada año se presentan diversos fenómenos que han incidido de manera directa en perjuicio de sus habitantes. Debido a esto, durante el año 2009 el Ayuntamiento compiló un catálogo de los fenómenos catastróficos que han ocurrido en los últimos años en el municipio, documento denominado “Atlas de Riesgos de Chicoloapan”.

Con base en dicho documento, y respecto a los temas de carácter geológico, se han identificado de manera puntual dos zonas que presentan el fenómeno de agrietamiento: el primer sitio es la calle Prolongación Hidalgo en la Colonia Presidentes y el segundo se ubica en la calle Prolongación Allende en la Colonia el Arenal II; de igual forma se tiene conocimiento de fallamiento en las Av. Venustiano Carranza en la colonia Hacienda Piedras Negras, y en la calle Camelia de la Colonia Santa Rosa; adicionalmente, por su posición geográfica dentro del Eje Neovolcánico, el municipio es susceptible a riesgos por sismicidad y por vulcanismo.

Con respecto a los fenómenos de carácter hidrometeorológico que han causado afectaciones en la región se consideran inundaciones por desbordamiento en el Río Coatepec y en el Río Manzano, fenómeno recurrente en años anteriores, aunque en el año 2006, se rehabilitaron dichos canales con revestimiento hidráulico preventivo, así como la operación de cárcamos suficientes y plantas tratadoras de aguas residuales, es de este modo que el riesgo por inundación producto de la saturación de canales ha sido mitigado significativamente como consecuencia de las obras, pese a esto no se descarta que ante fenómenos de lluvias extraordinarias una inundación pudiera presentarse nuevamente.

De igual forma se han detectado 20 sitios en riesgo por inundación por drenaje insuficiente, estos sitios se ubican principalmente en los siguientes lugares: U.H. Casas Galaxia, Real de San Vicente, U.H. Hacienda de los Reyes, U.H. Real de Costitlán, U.H. Geovillas de Costitlán, U.H. Rancho San Miguel, U.H. Haciendas de Costitlán, Colonia San José, Colonia Emiliano Zapata, Canal Ejidos de Chicoloapan, Colonia Mariel, 20 de Mayo y Colonia Geovillas San Isidro.

El Atlas de Riesgo 2009 elaborado por el municipio 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.

El municipio de Chicoloapan de Juárez, en cumplimiento con lo establecido en la Ley de Protección Civil del Estado de México, la Ley General de Protección Civil y en coparticipación con la Secretaría de Desarrollo Social del Gobierno Federal, por medio del programa “Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos”, elaboró el Atlas de Riesgos Naturales 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 2011”, documento publicado por la Secretaría de Desarrollo Social 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 SEDESOL.

1.3 Objetivo

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

1.4 Alcances

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

Con base a la identificación de peligros y/o vulnerabilidad, se hará 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 realizará 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 delimitará 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 representarán el grado o nivel de riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante cada uno de los fenómenos naturales. Los mapas se presentarán en un anexo aparte, en el orden asignado por las Guías de la SEDESOL; en caso de no existir algún fenómeno en la zona, éste no se desarrollará, asentando en el documento las razones por las cuales dicho mapa no se desarrolla.

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

Se entregarán Mapas de Zonas de Riesgo (ZR) por cada uno de los fenómenos de riesgo establecidos por la SEDESOL, 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 General

Las bases teóricas y sistémicas para la elaboración del Atlas de Riesgos del Municipio de Chicoloapan se derivan de lo establecido en la Guía para la Elaboración de Atlas de Riesgos y/o Peligros, 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 SEDESOL, 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. En cada apartado del capítulo 5 se precisan más datos sobre la metodología empleada para la detección de los diferentes fenómenos analizados.

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, en este apartado se define en forma precisa la localización de la entidad, 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, áreas naturales protegidas y la problemática ambiental 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:

1. Fenómenos Geológicos
 - a. Fallas y fracturas
 - b. Sismos
 - c. Vulcanismo
 - d. Deslizamientos
 - e. Derrumbes
 - f. Flujos
 - g. Hundimientos
 - h. Erosión
2. Fenómenos Hidrometeorológicos
 - a. Tormentas eléctricas
 - b. Sequías
 - c. Temperaturas máximas extremas
 - d. Vientos fuertes
 - e. Inundaciones
 - f. Masas de aire (heladas, granizo y nevadas)
3. Otros fenómenos

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 II. Determinación de la zona de estudio

2.1 Determinación de la Zona de Estudio

La zona que abarca el presente estudio comprende los límites territoriales del Municipio de Chicoloapan de Juárez, el cual cuenta con 4,209 ha de superficie total. Para fines de diagnóstico general de riesgos, se utilizará una escala 1:47,000; para una evaluación urbana, la escala será de 1:23,000; mientras que los estudios que requieran una escala local, es decir manzanas y calles, se analizarán a 1:5,000.

2.1.1 Localización

El Municipio de Chicoloapan de Juárez se localiza al oriente del Estado de México, en la parte central de la Cuenca de México a una elevación promedio de 2,250 msnm, en la parte central de México. Chicoloapan es uno de los municipios de la Zona Metropolitana del Valle de México. El municipio tiene como coordenadas extremas 19°26'07" y 19°20'54", latitud norte, y 98°56'40" y 98°48'05", longitud oeste (ver mapa 2.1 en el anexo cartográfico).

Los principales accidentes geográficos son: al oriente, las barrancas que descienden de las partes altas del Volcán Tlaloc, que son la Cañada El Manzano, Cañada Las Majadas y Cañada Cornelio; al centro, las lomas, planicies y zonas urbanas recientes; al sur, las faldas del Cerro Xolcuango y Mesa Larga; al poniente, los ríos Manzano y Coatepec, y la ciudad de Chicoloapan; y al norte, El Río Manzano.

Según de la información del marco geoestadístico municipal de INEGI, el municipio tiene una superficie urbana de 1,416 ha y 2,793 ha de superficie rural; hay 16 localidades, de las cuales, la más poblada es San Vicente Chicoloapan con 77,101 habitantes.

2.1.2 Límites políticos

- I. Al Norte, colinda con el municipio de Texcoco.
- II. Al Sur, colinda con los municipios de Ixtapaluca y La Paz.
- III. Al Este, colinda con los municipios de Texcoco e Ixtapaluca.
- IV. Al oeste colinda con los municipios de Chimalhuacán y La Paz.

2.1.3 Infraestructura

Con respecto a las vías de comunicación el municipio tiene 27 kilómetros de líneas carreteras, entre las cuales destacan, la carretera México 136 (Federal México-Texcoco), el enlace Ixtapaluca-Tecamac, Pirules (Huatongo), Prolongación Allende, Avenida Emiliano Zapata, Camino a Tlalmimilopan, Real del Monte, Boulevard Súper Nova y Paseo Vía Láctea, todas las vías antes mencionadas, representan el eje trocal de comunicación, tanto al interior como al exterior del municipio. Cuenta con 138 kilómetros de calles pavimentadas y 64.51 Kilómetros de caminos rurales.

Adicionalmente como puntos relevantes de infraestructura urbana el municipio cuenta con un total de 195 establecimientos mercantiles, registrados en el Directorio Estadístico de Unidades Económicas (*DENUE, INEGI 2011*), de los cuales destacan los siguientes: 3 gasolineras, 3 bancos de materiales, 6 bancos, 6 supermercados, 7 textileras, 69 escuelas del sector público y privado, así como 16 fábricas.

CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

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

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

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

Por otro lado, la geología superficial 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, fallamientos y hundimientos, entre otros peligros.

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.

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.

Aunado a lo anterior, la información de problemática ambiental es importante para coadyuvar en la determinación de peligros de origen antrópico, como por ejemplo, la presencia de tiraderos de basura, la contaminación del agua por desechos domésticos, la contaminación del aire, etc.

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 Chicoloapan de Juárez. A continuación se presenta la información relevante a cada elemento del medio natural en el área de estudio.

3.1 Fisiografía

El municipio se encuentra localizado en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y forma parte de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac.

El Eje Neovolcánico está conformado por un conjunto de planicies escalonadas resultado de acumulaciones volcánicas y movimientos tectónicos, ambos procesos de intensidad considerable a lo largo del Cuaternario. Sobre estas planicies se asientan elevaciones volcánicas, lo mismo que serranías que pequeños conos, campos volcánicos monogenéticos y grandes volcanes compuestos. Cabe destacar que esta provincia fisiográfica es un límite climático, geológico y biogeográfico.

Asimismo, el relieve de la subprovincia Lagos y Volcanes de Anáhuac está integrado por grandes sierras volcánicas o elementos individuales de todos tipos: maares, conos de escoria, volcanes compuestos, aislados y conjuntos menores y grandes así como por con amplias llanuras y vasos lacustres. Esta subprovincia ocupa aproximadamente el 59 % de la superficie estatal.

El mapa de fisiografía del municipio muestra las distintas topoformas que se localizan dentro de la demarcación así como la provincia y subprovincia a la que pertenece. El mapa general, elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), es una representación cartográfica de las diferentes provincias, subprovincias y topoformas en las que se ha dividido el área. Su elaboración surgió a partir del análisis integral de la información topográfica, geológica, hidrológica y edafológica, para identificar, formar y delimitar unidades relativamente homogéneas (ver carta 3.1 en el anexo cartográfico).

Dentro de los límites del municipio se pueden distinguir las siguientes topoformas (ver mapa 3.1):

Provincia fisiográfica	Subprovincia fisiográfica	Topoforma	Ubicación
Eje Neovolcánico	Lagos y volcanes del Anáhuac	Llanuras	Porción central y occidental del municipio. Abarca la mayor parte del área urbana.
		Lomeríos	Parte oriental y sur del territorio. Se caracteriza por ser la zona donde la pendiente del terreno comienza a cambiar.
		Sierras	Se ubica en la parte oriental extrema. Es aquí donde se encuentran las mayores elevaciones y las pendientes más abruptas.

Tabla 3.1 Provincias fisiográficas y principales topoformas ubicadas dentro del municipio de Chicoloapan. Fuente: Gobierno del Estado de México 2007, Plan Estatal de Desarrollo Urbano del Estado de México; Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Chicoloapan, México. INEGI 2009.

3.2 Geología

Un mapa necesario para el estudio de riesgos generados por fenómenos naturales es el geológico, pues en él se visualiza la litología o estructuras geológicas que, conjugados con otros factores naturales y/o sociales, pueden poner en peligro a la población.

El mapa geológico de Chicoloapan se extrajo de la carta E14B31 “Chalco” del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) a escala 1: 50,000. La elaboración de las distintas cartas geológicas del INEGI se basa fundamentalmente en la fotointerpretación geológica de fotografías aéreas y de imágenes satelitales.

Como se mencionó con anterioridad, el municipio se ubica dentro de la provincia del Eje Neovolcánico el cual está compuesto por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios eruptivos. Al pertenecer el municipio a dicha provincia, las rocas predominantes pertenecen al tipo ígneo. De igual forma se localizan rocas sedimentarias producto de la acumulación de sedimentos a lo largo de millones de años. Asimismo la carta geológica municipal muestra la presencia de dos fracturas y al menos dos minas.

La siguiente tabla muestra los distintos tipos de roca que se encuentran dentro de los límites del municipio (ver mapa 3.2 en el anexo cartográfico).

Roca/suelo	Tipo	Clave	Ubicación
Suelo	Lacustre	la	Se puede encontrar en el extremo poniente, en la mayor parte de la zona urbana.
Roca ígnea	Basalto	B	Se ubica como una franja en la porción centro y norte, donde el relieve presenta poca pendiente.
Roca ígnea	Toba basáltica	Tb	Se localiza en la porción sur del territorio municipal, en las laderas de los volcanes Xolcuango, Tejolote Grande, Tejolote Chico y Cuetlapanca.
Roca ígnea	Andesita	A	Se presenta al sur del municipio como una franja delgada a lo largo de la ladera de los volcanes Xolcuango y Tejolote Grande. Asimismo se localiza en menores proporciones al extremo oriente, en las partes más altas.
Roca sedimentaria	Brecha sedimentaria	bs	Abarca una tercera parte de la superficie del municipio, se ubica en la zona oriental donde la pendiente comienza a ser más abrupta. Es en esta región donde se encuentran los lomeríos.

Tabla 3.2 Tipos de roca y suelo localizados en el municipio de Chicoloapan. Fuente: Carta geológica Chalco, INEGI E14B31

3.3 Geomorfología

La clasificación del relieve por su origen y evolución es expresada en el mapa geomorfológico, el cual es de gran utilidad para la elaboración de trabajos con carácter ecológico, de regionalización, de ordenamiento ecológico del territorio, para estudiar la dinámica del relieve y para estudios de riesgo.

El mapa geomorfológico del municipio fue elaborado por el Instituto Nacional de Ecología (INE) en el trabajo denominado "Estudio para la Caracterización y Diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de la Cuenca de México" publicado por la misma dependencia en el año 2010.

Dicho mapa contiene la clasificación del relieve de la cuenca del Valle de México de acuerdo a su grupo morfológico. Para su elaboración se establecieron criterios de jerarquización del relieve con su respectiva nomenclatura, después se determinaron los rangos altitudinales en base a una metodología internacional que permitió determinar su descripción conforme a conceptos como sierra, lomerío, etc.

Una vez concluido esto se establecieron los rangos de pendientes más adecuados para utilizar los resultados con un enfoque morfoestructural. Se prosiguió con la interpretación de las imágenes de satélite para obtener una visión general del arreglo espacial de las grandes estructuras territoriales. Este trabajo sirvió de base para poder delimitar y clasificar aquellos polígonos con diferente unidad geomorfológica, mediante el reconocimiento e identificación de las características del modelado morfoclimático y el arreglo de la red hidrográfica.

El resultado final fue un mapa que contiene la clasificación del relieve de acuerdo a la geoforma, su disección, altura y el grupo morfológico al que pertenece. De acuerdo a lo anterior, el municipio de Chicoloapan está conformado por las siguientes geoformas (ver mapa 3.3 en el anexo cartográfico):

Nombre	Descripción	Ubicación
Llanura lacustre endorreica y/o llano volcánico	Esta surge a partir de un antiguo lago colmatado (rellenado) por la disposición de los materiales transportados por los cursos de agua que desembocaban en él. Los suelos de estas llanuras suelen ser aptos para la agricultura, aunque a veces se hace necesario un avenamiento (drenaje) artificial a causa del carácter pantanoso de la llanura. Por otra parte el llano volcánico es un relieve creado a partir de la depositación de material piroclástico.	Se ubica en la porción central del municipio en forma de franja con orientación norte-sur. También se puede encontrar en una pequeña parte al extremo poniente. Como característica se hace presente en las zonas donde la pendiente es muy suave.
Premontaña	Se presenta como un cambio brusco de la pendiente de una ladera montañosa hacia su base y pasa a un plano inclinado constituido por los materiales arrancados de las laderas por acción de la gravedad, el agua y el viento.	Se hace presente en la mayor parte de la zona urbana del municipio.
Flujo de lava cubierto de piroclastos	Relieve conformado por coladas de lava resultado de una erupción volcánica, la cual pudo ser de tipo explosivo o efusivo. Este tipo de relieve suele ser sepultado por piroclastos expulsados tras una erupción violenta dando la apariencia de mesetas o relieves acumulativos.	Se localiza en la porción sur del territorio municipal, dan forma a los edificios volcánicos ubicados en esta zona (volcanes Xolcuango, Tejolote Grande, Tejolote Chico y Cuetlapanca.)
Rampa erosiva con procesos de socavación lateral	Consta de una geoforma de tipo residual que se expresa con un relieve de elevaciones y lomeríos modelados por la disección fluvial en forma de socavación. Una característica que se presenta en esta geoforma es la fuerte disección por incisión de barrancos y erosión remontante de las cabeceras; además se distingue porque en este tipo de rampa deja de haber acumulación sedimentaria y por tanto, termina su edificación sustituyéndola por un relieve erosivo expresado por arreglo de lomas disectadas por la red de barrancos, campos de cárcavas y surcos.	Se localizan en la porción oriente de la demarcación, donde las alturas son mayores y las pendientes más abruptas.

Nombre	Descripción	Ubicación
Rampa acumulativa-erosiva con procesos de sedimentación	Relieve de acumulación formando por superficies de depósitos sedimentarios y/o planicies acumulativas. Combina el proceso de acumulación y el de erosión.	Se ubica en una buena parte de la zona norte y noreste, en los límites con el municipio de Texcoco.
Valle aluvial con procesos de acumulación	La forma principal de este tipo de relieve es un cauce, seguido de una planicie o llanura de inundación y terrazas. El cauce presenta escurrimiento temporal o permanente, por lo que varía su nivel a lo largo del año, en ocasiones alcanza su nivel máximo sobre todo en temporada de lluvias desbordándose hacia la planicie de inundación, la cual generalmente se desarrolla hacia un lado.	Se localizan en el centro, oriente y sur del territorio donde existe acumulación de materiales.

Tabla 3.3 Geomorfología de Chicoloapan. Fuente: INE 2010, Estudio para la Caracterización y Diagnóstico del Programa de Ordenamiento Ecológico del Territorio de la Cuenca de México

3.4 Edafología

Cada lugar presenta diferentes tipos de suelo debido a las características geográficas que posee tales como el clima, geología, geomorfología y vegetación, así como a los procesos erosivos y de intemperismo que ocurren. El municipio de Chicoloapan se encuentra localizado en una zona que presenta climas templados y rocas de tipo ígneo, por lo que sus suelos son los característicos de estos lugares. Otra particularidad importante que tiene y que se relaciona directamente con los procesos formadores del suelo es la geomorfología, ya que buena parte de la demarcación se ubica en planicies de acumulación de sedimentos, condición que le da ciertas características de textura y composición.

El mapa de suelos del municipio fue elaborado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) en colaboración con la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) en el año 1995. Los mapas con los que se elaboró se digitalizaron a partir de los ya existentes obtenidos por el INEGI,

El mapa municipal de edafología representa cada unidad de suelo además de datos como textura y fases físicas. Chicoloapan cuenta con los siguientes tipos de suelo (ver mapa 3.4 en el anexo cartográfico):

Suelo	Textura	Fase física	Fase química	Características	Ubicación
Vertisol crómico	fina	nd	nd	Son suelos que se caracterizan por su color pardo rojizo. Se caracterizan por poseer grietas anchas y profundas y por ser muy arcillosos.	Se localiza en la mayor parte de la zona urbana del municipio, donde se presentan las geoformas relacionadas con depósitos lacustres.
Solonchak gléyico	fina	nd	salina sódica	Tiene en el subsuelo una capa en la que se estanca el agua. Es gris o azulosa y al exponerse al aire se mancha de rojo. Se caracterizan por presentar alto contenido en sales en algunas partes del suelo.	Se presenta en la zona urbana asentada en la porción sureste.
Feozem háplico	media	dúrica	nd	Presenta una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y e nutrientes. Presenta una capa de tepetate duro de color crema o rosado.	Es la unidad que abarca mayor superficie, se extiende desde el centro, zona centro-norte hasta el extremo oriental.
Feozem háplico	media	lítica	nd	Presenta una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y e nutrientes. Presenta una capa de roca que limita su profundidad.	Está conformado por una pequeña unidad cubierta por el área urbana del municipio. Se encuentra cerca de la frontera con el municipio de Chimalhuacán.
Regosol éutrico	gruesa	nd	nd	Son claros en general y se parecen bastante a la roca que tienen debajo, cuando no son profundos. Son de fertilidad moderada o alta.	Se distribuye en pequeñas porciones del sur de la demarcación. Algunas partes de la zona urbana se encuentran asentadas sobre este tipo de suelo.
Regosol éutrico	media	lítica	nd	Son claros en general y se parecen bastante a la roca que tienen debajo, cuando no son profundos. Son de fertilidad moderada o alta. Presenta una capa de roca que limita su profundidad.	Se ubica en la franja sur, en las laderas de los volcanes Xolcuango, Tejolote Grande, Tejolote Chico y Cuetlapanca.
Feozem háplico	media	nd	nd	Presenta una capa superficial oscura, suave, rica en materia	Es la unidad más pequeña que se encuentra en el

Suelo	Textura	Fase física	Fase química	Características	Ubicación
				orgánica y e nutrientes. Las partículas de suelo son de textura media.	municipio, se ubica cerca del poblado Coatepec perteneciente al municipio de Ixtapaluca.

Tabla 3.4 Suelos ubicados dentro del municipio de Chicoloapan. Fuente: INIFAP - CONABIO 1995, Edafología

3.5 Hidrología

El municipio se encuentra ubicado en su totalidad en la región hidrológica número 26 denominada Pánuco, dentro de la subcuenca del Lago de Texcoco y Zumpango, la cual forma parte de la cuenca del río Moctezuma. El mapa hidrológico municipal tiene su raíz en la carta topográfica E14B31 “Chalco”, en el Simulador de Flujos de Cuenas Hidrográficas, ambos del INEGI, y en información del LOCPREDA de la CONAGUA.

La demarcación no cuenta con algún río perenne, sólo se forman corrientes intermitentes en las barrancas durante la temporada de lluvias, aunque dos cauces siempre tienen aguas de descargas domésticas, los cuales son el río Manzano y el río Coatepec. De igual forma el municipio carece de manantiales, por lo que el agua para abastecer a los habitantes es extraída de pozos profundos (ver mapa 3.5 en el anexo cartográfico).

Río	Región hidrológica	Cuenca	Subcuenca	Ubicación
El Manzano	Pánuco	R. Moctezuma	L. Texcoco y Zumpango	Norte del municipio, con dirección de flujo Este-Oeste
Coatepec	Pánuco	R. Moctezuma	L. Texcoco y Zumpango	Centro del municipio, con dirección de flujo Este-Oeste

Tabla 3.5 Hidrología del municipio de Chicoloapan. Fuente: INEGI, Carta topográfica Chalco E14B31

3.6 Climatología

Este mapa representa los diferentes tipos de clima que se presentan en el municipio de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García. El mapa fue elaborado por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) con datos del Sistema Meteorológico Nacional, Comisión Federal de Electricidad y Comisión Nacional del Agua.

Los principales climas que se encuentran dentro del municipio, de acuerdo con García son los siguientes (ver mapa 3.6 en el anexo cartográfico):

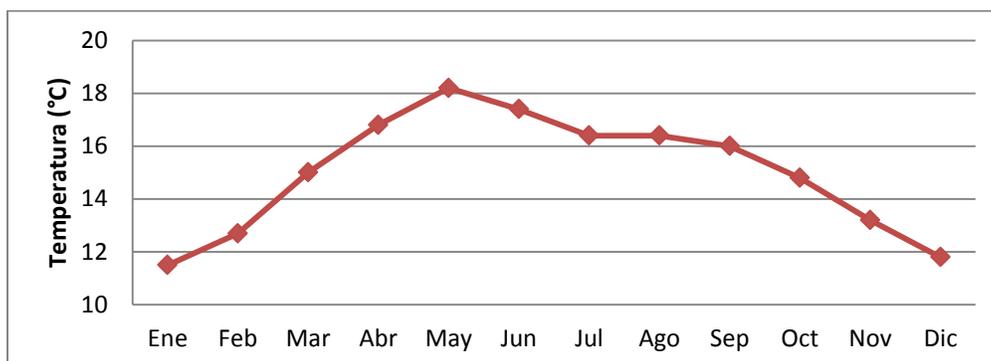
Clima	Descripción	Ubicación
BS1kw	Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12 °C y 18 °C, temperatura del mes más frío entre -3 °C y 18 °C, temperatura del mes más caliente menor de 22 °C. Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Se encuentra en la parte poniente del municipio, abarcando la mayor parte de la zona urbana.
C(w0)	Templado, subhúmedo, 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. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Es el clima que abarca la mayor extensión del municipio. Se encuentra en la zona centro y sur del territorio, desde las llanuras hasta las laderas del volcán Xolcuango
C(w1)	Templado, subhúmedo, 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. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.	Se ubica al oriente del municipio, en la zona donde la pendiente comienza a incrementar. En esta porción de encuentran los lomeríos.
C(w2)	Templado, subhúmedo, 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. Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5 al 10.2% del total anual.	Se localiza en una pequeña porción de la zona extrema oriental, en las partes más altas del municipio.

Tabla 3.6 Climas del municipio de Chicoloapan. Fuente: García E., CONABIO 1998

Asimismo el mapa de climas del municipio contiene dos elementos más que enriquecen la información: isotermas e isoyetas.

La información de temperatura media anual fue realizada por Vidal como parte del Atlas Nacional de México en su segundo volumen, editado por el Instituto de Geografía de la UNAM. Para el trazo de las isotermas se calcularon gradientes térmicos según las diferentes vertientes de las sierras, así mismo se calcularon las altitudes a las que pasan para su posterior delineación. Para una fácil identificación e interpretación son expresadas en el mapa con una línea gruesa de color rojo con su valor de temperatura en el mismo color.

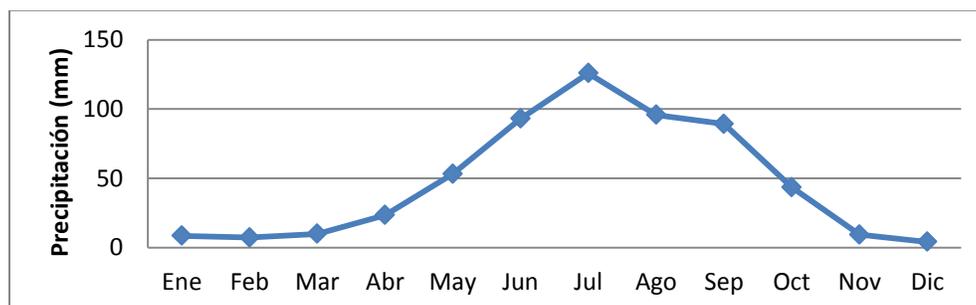
A continuación se presenta una gráfica que muestra el comportamiento de la temperatura media mensual del municipio en el periodo de 1971 a 2000. Cabe destacar que los datos provienen de la estación climática 15167 “El Tejocote” del Servicio Meteorológico Nacional.



Gráfica 3.1 Comportamiento de la temperatura media mensual del municipio de Chicoloapan 1971-2000. Fuente: Normales Climatológicas, SMN.

Por otra parte, la precipitación media anual que se presenta en el mapa, también fue elaborada por Vidal y el Instituto de Geografía de la UNAM. Las isoyetas son representadas en color azul con su valor de precipitación en el mismo tono.

La siguiente gráfica muestra el comportamiento de la precipitación media mensual del municipio en el periodo de 1971 a 2000. La fuente de información es la misma que la del gráfico anterior.



Gráfica 3.2 Comportamiento de la precipitación media mensual del municipio de Chicoloapan 1971-2000. Fuente: Normales Climatológicas, SMN.

3.7 Uso de suelo y vegetación

Para la identificación de riesgos, es importante conocer cómo se está utilizando la superficie del territorio municipal, ya que esta información permite identificar el grado de vulnerabilidad o exposición de cada porción del espacio geográfico ante las amenazas naturales.

El mapa de uso de suelo y vegetación del municipio de Chicoloapan tiene su base en el elaborado por Sistema de Monitoreo del Cambio en la Cobertura del Suelo de América del Norte (NALCMS, por sus siglas en inglés), el cual representa la región en 2005 con base en compuestos mensuales de imágenes

satelitales con una resolución espacial de 250 m obtenidas por el sensor MODIS. Debido a que se originó a partir de imágenes de satélite, el mapa municipal de uso de suelo y vegetación presenta las distintas comunidades vegetales y usos del suelo existentes en forma de pixeles o cuadrados de 250 m. A cada pixel se le asigna un color de acuerdo al tipo de vegetación o uso de suelo que representa.

Conforme al mapa municipal, los distintos usos del suelo y comunidades vegetales que se localiza son presentados en la siguiente tabla (ver mapa 3.7 en el anexo cartográfico):

Uso de suelo	Características	Ubicación
Bosque de coníferas templado o subpolar	Los bosques de coníferas, son frecuentes en las zonas de clima templado y frío del hemisferio boreal. Se les encuentra prácticamente desde el nivel del mar hasta el límite de vegetación arbórea. Los individuos arbóreos más comunes son <i>Pinus</i> y <i>Quercus</i> .	Es la comunidad vegetal que menos extensión presenta. Se ubica en el extremo oriental del municipio, en las partes más altas.
Matorral templado o subpolar	Se presenta en las partes altas del altiplano, donde el matorral sube a veces hasta 3000 m de altitud y, sobre todo, en su extremo septentrional, donde se presentan inviernos bastante rigurosos. En el valle de México y en algunas otras regiones del extremo sur de la Altiplanicie puede observarse la presencia de un matorral de <i>Eysenhardtia polystachya</i> , que se desarrolla sobre laderas de roca ígnea. Es un matorral de 2 a 4 metros de alto y a veces tan denso que la travesía por su interior ofrece dificultades.	Se localiza principalmente en el extremo oriental de la demarcación, en las partes más altas y en forma de un pequeño manchón en la ladera del volcán Xolcuango.
Suelo agrícola	Parte del territorio donde antes existió vegetación natural y ahora es utilizado para labores agrícolas.	Es la cobertura que abarca mayor extensión, se ubica principalmente en la porción central, sur y norte, incluyendo lomeríos, llanuras y laderas.
Pastizal templado o subpolar	Este tipo de vegetación se encuentra dominada por las gramíneas o pastos. Los arbustos y árboles son escasos, están dispersos y sólo se concentran en las márgenes de ríos y arroyos.	Se ubica en la zona centro en forma de manchones dispersos.
Asentamiento urbano	Superficie donde se ubican asentamientos humanos.	Se ubica en su totalidad en la porción poniente.

Tabla 3.6 Uso del suelo y vegetación de Chicoloapan. Fuente: CCRS, CONABIO, CONAFOR, INEGI, USGS, 2010, Cobertura del suelo de México, 2005, a 250 metros; J. Rzedowski. La vegetación de México. Limusa, primera edición 1978, México

3.8 Áreas naturales protegidas

Dentro del territorio municipal no se encuentran áreas naturales protegidas.

3.9 Problemática ambiental

El municipio registra daños de consideración en sus recursos naturales, ya que su ubicación cercana a los centros más dinámicos de la zona metropolitana del Valle de México como lo son la Ciudad de México, Netzahualcóyotl, Chimalhuacán, entre otros, provocan una fuerte inmigración de población de varios estados del país. Esto provoca que las zonas donde antes existían comunidades vegetales naturales perdieran paulatinamente terreno frente a la mancha urbana.

Aunado a esto surgió un incremento de la contaminación del agua y suelo por basura y descarga de aguas residuales domésticas e industriales. Los escurrimientos más importantes que cruzan por el municipio, en particular el río Manzano, presentan altos niveles de contaminación por las descargas de aguas residuales e industriales que reciben sin previo tratamiento, convirtiéndose en un canal de aguas negras a cielo abierto y en un foco permanente de riesgo sanitario.

El agua subterránea también ha sufrido de contaminación pues fueron construidos dentro del municipio tiraderos de basura que no contaban con las especificaciones necesarias por los que los lixiviados llegaban sin problema alguno hasta las aguas que se encuentran en el subsuelo.

En lo que se refiere a la contaminación del aire en el municipio, éste se ve afectado por la importante actividad ladrillera que se registra en el municipio, con aproximadamente 80 establecimientos, los cuales en su mayoría utilizan combustibles altamente contaminantes; por no hablar de las industrias existentes las cuales aportan buenas cantidades de partículas contaminantes al aire. Una fuente más de contaminación la producen los miles de vehículos automotores que diariamente transitan por las diferentes vialidades del municipio, donde destaca la carretera México-Texcoco por la cual diariamente circulan miles de vehículos.

Otro elemento que ha contribuido a la degradación de los recursos naturales del municipio es la erosión del suelo, misma que se manifiesta con gran intensidad en algunos puntos de la demarcación. Esta fue provocada principalmente por la desenfundada tala de árboles que se realizó para realizar labores agrícolas, estos suelos no son muy productivos lo que conlleva al abandono, lo cual acelera los procesos erosivos, pues la vegetación natural que los protegía ya no se encuentra.

El mapa de problemática ambiental del municipio, muestra el grado de participación de las actividades humanas dentro del municipio, mostrando altos niveles en las zonas urbanas, medios en las zonas de agricultura y bajos en las zonas donde el relieve no permite un fácil acceso. Este tiene su fundamento en el mapa elaborado por la Wildlife Conservation Society (WCS) y el Centro para la Red Internacional de Información Ciencias de la Tierra (CIESIN por sus siglas en inglés) en la Universidad de Columbia las cuales se han unido para mapear y medir de forma sistemática la influencia humana en la superficie de la Tierra hoy en día (ver mapa 3.8 en el anexo cartográfico).

CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos

La dinámica demográfica, así como las actividades y estructura económica que componen al municipio de Chicoloapan, 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

Lo 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

En el Estado de México, según datos obtenidos en el INEGI, para el año 2010, el estado contaba con una población de 15,175,862 habitantes, de los cuales, el municipio de Chicoloapan, concentraba al 1.15% de la población total, es decir, a 175,053 habitantes, de los cuales el 51% eran mujeres, mientras que el 49% restante eran hombres. De la población total el 98.78% se concentraban en la localidad de Chicoloapan de Juárez, la cual es la Cabecera municipal, debido a esta concentración de población, este municipio es eminentemente urbano, esto incrementa las posibilidades de vulnerabilidad a factores antropogénicos, además de los fenómenos naturales que se puedan presentar en este.



Grafico 4.1. Población Masculina y Femenina en 2010 en el municipio de Chicoloapan. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

Pirámide Poblacional

En la pirámide que se muestra a continuación, se observan los grupos quinquenales de edad, diferenciada por sexo, a la izquierda los hombres y a la derecha las mujeres. En la base, se observa el mayor nacimiento de hombres, misma que se mantiene hasta los 19 años, donde se concentra el 41% de la población, a partir los 20 años en adelante las mujeres son más, sin embargo, la punta indica que la esperanza de vida es mayor para las mujeres, por otra parte, la base comienza a ser menos ancha, es decir, los nacimientos son menores, de los 20 a los 59 años se acumula el 54% de la población, las implicaciones directas se dan en el empleo, así como en la cuestiones educativos, ya que la demanda de estos comienza a ser mayor.

De tal manera que la pirámide inicia con características regresivas, propias de las dinámicas poblacionales que se están experimentando en las grandes urbes.

Mediante este análisis se consolidan las diversas estrategias de manera focalizada, identificando los grupos vulnerables que representan los niños, así como los adultos mayores.

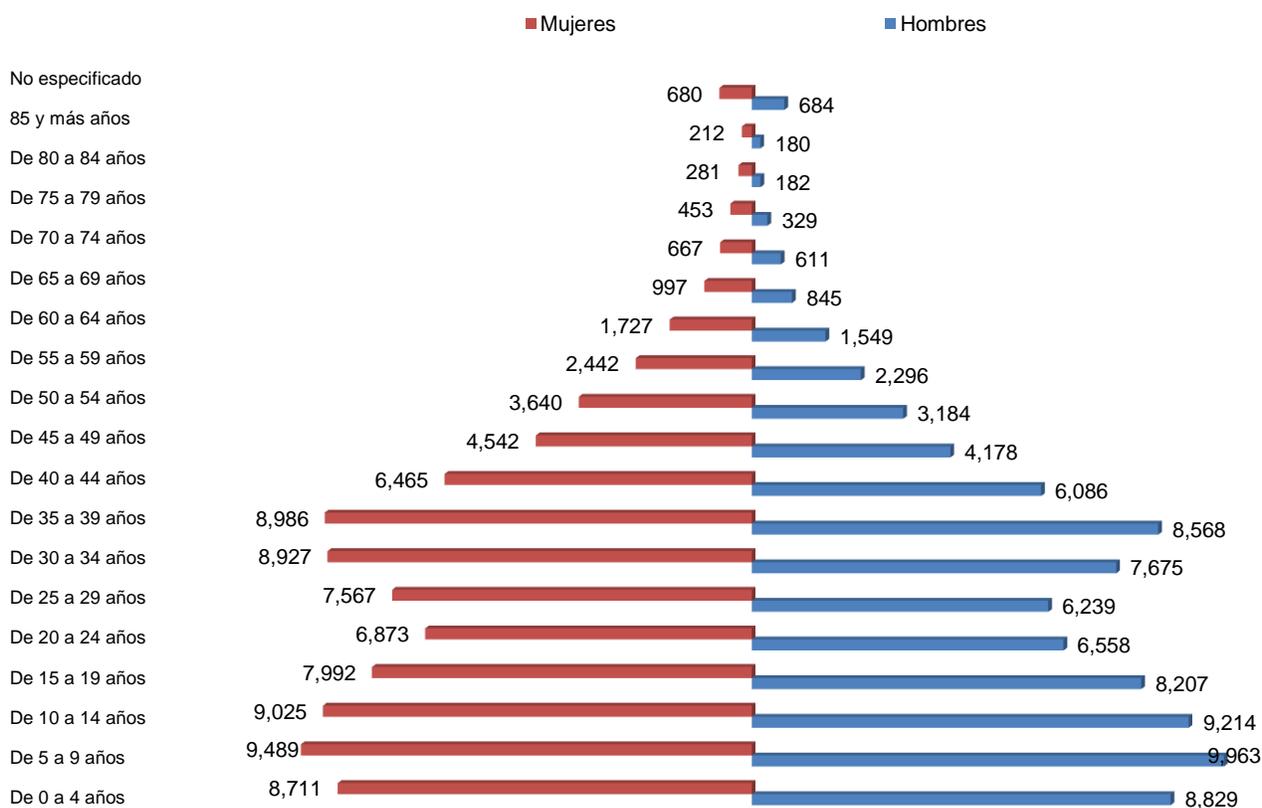


Gráfico 4.2 Pirámide Poblacional Chicoloapan, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

4.1.2 Distribución de población

Con la finalidad de proporcionar información de la distribución de población en el municipio, se realiza este análisis de manera general de los grandes grupos de edad, con el fin de conocer cuál es el grado de vulnerabilidad que se pudiera tener en el municipio.

De tal manera que para el año de 2010, de los 175,053 habitantes del municipio de Chicoloapan, el 65% de la población total pertenecía al grupo de entre los 15 años hasta los 64 años, de los cuales 59,161 eran mujeres y 54,540 hombres, seguido por el grupo de 0 a 14 años con el 32% de niños y niñas, es decir 28,006 y 27,225 respectivamente, mientras los adultos mayores que es el grupo de 65 años y más ocupaba el 3%, 2,610 mujeres y 2,147 hombres, por último, los no especificados, que son aquellas personas que en el Censo no fue posible identificar su edad les corresponde el 1% restante, tal como se puede observar en el siguiente gráfico.

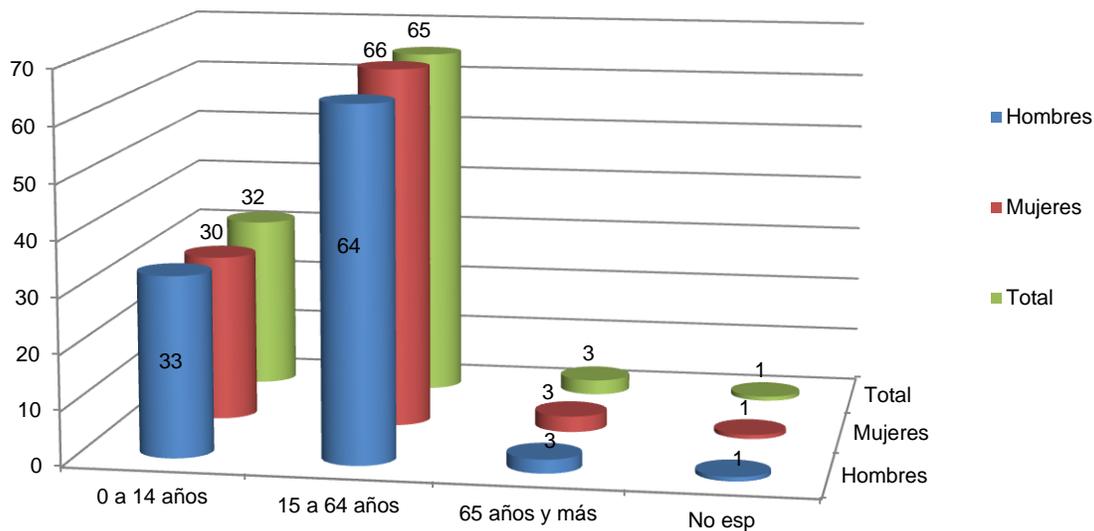


Gráfico 4.3 Distribución de la Población por grupos de edad, 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

En lo que se refiere a distribución espacial de la población, prácticamente toda se ubica en la cabecera municipal. La distribución de población por AGEBS se muestra en el mapa 4.1 del anexo de cartas.

4.1.3 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 2009 en el Estado de México la tasa de mortalidad era de cuatro fallecimientos por cada mil habitantes, mientras que para el municipio de Chicoloapan, la tasa de mortalidad es de tres defunciones por cada mil habitantes.

4.1.4 Densidad de población

La densidad de población, también denominada población relativa, se refiere a la distribución del número de habitantes a través del territorio municipal, es decir la superficie municipal, que actualmente es de 4209 hectáreas, entre la población total 175,053 habitantes, lo que corresponde a 41.59 habitantes por hectárea, mientras que a nivel estatal habitan 6.79 habitantes por ha, lo que muestra la gran densidad demográfica que prevalece para este municipio, provocando un deterioro en el entorno, así como la disminución en la calidad de vida. Esto puede provocar un desequilibrio en la sostenibilidad, lo que puede repercutir en agravar algún fenómeno que se presente en el municipio. En el mapa 4.2 del anexo de cartas se observa la densidad por área geoestadística básica (AGEB).

4.1.5 Discapacidad

En el municipio de Chicoloapan habitan un total de 6,331 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	6331
Población con limitación para caminar o moverse, subir o bajar	3291
Población con limitación para ver, aún usando lentes	1957
Población con limitación para hablar, comunicarse o conversar	664
Población con limitación para escuchar	667
Población con limitación para vestirse, bañarse o comer	440
Población con limitación para poner atención o aprender cosas sencillas	451
Población con limitación mental	678
Población sin limitación en la actividad	166843

Tabla 4.1. Tipos de limitación en la población de Chicoloapan. Fuente: Censo de Población y Vivienda 2010, Principales resultados por Localidad ITER.

4.2 Características sociales

Es importante el analizar los datos relacionados con, los niveles de bienestar, tales como educación, salud y vivienda, lo que permite conocer las condiciones de vida que persisten para 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.

Educación

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 los datos de la matrícula, así como la ubicación de los planteles, facilita la elaboración de este atlas de riesgo, estableciendo zonas de vulnerabilidad ante cualquier fenómeno, según datos obtenidos en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México, en el municipio se registró una matrícula 81,737 alumnos en educación básica, media superior y superior en los sistemas escolarizado y no escolarizado, correspondiente al ciclo escolar 2010-2011, en el que se incluyen escuelas oficiales y particulares de control estatal, federalizado, federal y autónomo, en un total de 416 planteles, los cuales se encuentran de manera diferenciada en la tabla 4.1.

Mientras que el Grado Promedio de Escolaridad de la población de 15 años y más en 2010 fue de 9.4, es decir, el nivel de instrucción del municipio corresponde a 9 años de educación formal. 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 3,153 personas mayores de 15 años que no sabían leer ni escribir, de los cuales, el 66.25% eran mujeres y el 33.75% eran hombres, siendo la cabecera municipal la que concentra un mayor número de personas con el 97.59%.

Egresados		Alumnos	Docentes	Planteles
Escolarizada	Preescolar	4,923	326	80
	Primaria	5,011	934	80
	Secundaria	3,396	653	44
	Media Superior	1,583	432	13
	Superior	15,280		
Total				

Tabla 4.2 Estadística básica de educación en Chicoloapan. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Información Estadística y de Registros Administrativos del Sector Educativo Estatal, en la Secretaría de Educación del Gobierno del Estado de México 2010-2011.

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 7,494 habitantes de 15 años y más que no concluyeron la primaria, el 4.28% del total de la población.

Vivienda

Los indicadores obtenidos con relación a la vivienda, proporcionan la información con respecto a la situación que guardan, así como 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.

Total de Viviendas habitadas	Material del Piso	Servicios	Cobertura (%)	
44,659	Diferente de tierra	Luz	44,072	98.68
		Agua entubada	42,974	96.22
	De tierra	Drenaje	43,985	98.49
	Total*	44,095	Viviendas con todos los servicios	42,798

Nota*: La sumatoria no corresponde al total de viviendas, debido a que el Censo solo cuenta con la información aquí descrita.

Tabla 4.3 Viviendas, tipo de material del piso, servicios y cobertura. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

En el municipio, en 2010 INEGI registro un total de 60,515 viviendas, de las cuales se contaba con 44,659 de vivienda habitadas, con un promedio de 4 habitantes por vivienda, de las cuales 43,359 viviendas tenían piso de material diferente de tierra y 736 viviendas tenían piso de tierra. En lo referente a servicios, se registró a 42,798 viviendas que contaban con los servicios de agua entubada, luz y drenaje, lo que representa una cobertura del 95.83%. Este grado de cobertura es consecuencia de la centralización de población en la cabecera municipal. En el mapa 4.4 se observa el porcentaje de viviendas con todos los servicios por AGEB.

Índice de Marginación

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 2005, con base en datos obtenidos en el II Censo de Población 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 Chicoloapan tuvo un índice de marginación de -1.576 lo que lo clasifica con un grado de marginación **muy bajo**, ocupando el lugar 110 en el contexto estatal.

Por otra parte, con la finalidad de ubicar las localidades que componen al municipio y observar cual es la situación que guardan con respecto al índice de marginación, la siguiente tabla, agrupa los datos obtenidos en 2005, en esta se puede observar 10 localidades se encuentra con un grado de marginación alta, sin embargo, en estas habitan 1,277 personas el 0.75% del total de la población para ese año, en el grado de marginación medio se encuentran 3 localidades con una población de 153 habitantes, mientras que en la cabecera municipal se concentra el mayor número de población con 168,591 el 99% del total de la población, en el que el grado de marginación es bajo, estos datos de acuerdo al momento en que se realizó este análisis, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Localidad	Población		Índice de Marginación	Grado de Marginación
	Total	%		
Chicoloapan de Juárez	168,591	99.16	-1.345885	Bajo
Ejido la Copalera	108	0.06	-0.748235	Medio
Loma de Guadalupe	54	0.03	-0.35057	Alto
Barrio San Patricio	65	0.04	-0.574412	Alto
Ejido la Venta Cuautlalpan	252	0.15	-0.671783	Alto
Loma San Pedro	137	0.08	-0.595902	Alto
Pozo Número Dos (La Campana)	13	0.01	-0.820132	Medio
Pozo Número Uno (La Trinidad)	32	0.02	-0.852587	Medio
La Noria	20	0.01	-0.681105	Alto
Pozo Número Seis (La Longaniza)	8	0.00	0.164923	Alto
Pozo Número Cuatro (San Juan)	16	0.01	-0.370944	Alto
Rancho la Cabaña	65	0.04	-0.446882	Alto
Buenavista (Xolcuango)	241	0.14	0.321984	Alto
San Pablo Escalerillas	419	0.25	-0.117861	Alto

Tabla 4.4 Grado de Marginación en localidades y concentración de población 2005 Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en Estimaciones del CONAPO con base en el II Censo de Población y Vivienda 2005 y Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo 2005 (IV Trimestre).

4.3 Principales actividades económicas en la zona

Los fenómenos naturales y antropogénica tienen una repercusión directa en las dinámicas económicas, es fundamental el identificar las principales actividades económicas realizadas en el municipio, clasificando la peligrosidad según las actividades que se llevan a cabo.

Concentrando estas actividades se realiza la siguiente tabla, la cual muestra los principales sectores económicos subdivididos por los tipos de actividades económicas (Primarias, Secundarias y Terciarias).

La tabla muestra que las principales actividades del municipio en 2009, se centraban en el sector terciario, al ser un municipio eminentemente urbano, ya que cuenta con un mayor número de unidades económicas, esta tercerización se correlaciona con el elevado número de población que se concentra en

la cabecera municipal, siendo está, el sitio donde mayor dinamismo se tiene al interior del municipio, por lo que es una zona vulnerable.

Primer Sector de la Economía						Segundo Sector de la Economía			Tercer Sector de la Economía		
Agricultura	Sup. (Has)	Producción Ganadera		Producción Forestal		Actividades			Actividades		
		Cárnico	Unidad	Tipo	Ton	Medida	Minera	Fabrica	Medida	Comercial	Transporte correos y almacén
Sembrada	2,688	Leche Bovino	546lts	Forestal Maderable	0	Unidades económicas	7	569	Unidades económicas	3,111	6
Cosechada	2,688	Ovino y Caprino	22 ton	Forestal No Maderable	0		Personal ocupado **	122		2,606	Personal ocupado **
Diferencia	0	Total	966	Total	0						

* Cifra no publicable, por el principio de confidencialidad de la Ley de Información Estadística y Geográfica.

** Personal ocupado total comprende tanto al dependiente como al no dependiente de la razón social.

Tabla 4.5 Concentrado de Actividades Económicas por Sector, 2009 Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

4.4 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 71,836 habitantes, es decir, de los 118,458 habitantes que ocupan el grupo de edad de entre 15 años y más, el 60.64% 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 lo que existe un mayor número de hombres activos.

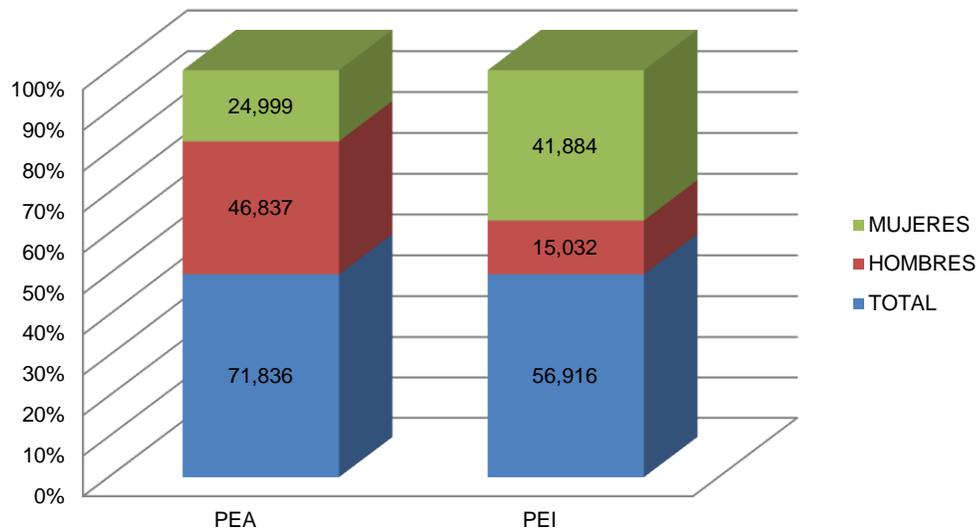


Gráfico 4.3 Características de la población económicamente activa e inactiva 2010. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en el XIII Censo de Población y Vivienda 2010, en Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

Por otra parte se encuentran la Población Económicamente No Activa, en este indicador se consideran a las personas de 15 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. En 2010 se registraron a un total de 56,916 personas como económicamente inactivas, de las cuales predominan la mujeres con el 73.59%, mientras que en los hombres, sólo el 26.41% se mantenía inactivo, siendo las mujeres el grupos con mayor vulnerabilidad.

4.5 Estructura urbana

Los usos de suelo es la modificación antrópica del ambiente natural, en un ambiente construido, como áreas de cultivo, asentamientos urbanos, corredores industriales entre otros usos. Estos han provocado en ciertos casos, un uso indiscriminado de la tierra, donde los cambios como el crecimiento urbano descontrolado, tienen efectos significativos en la erosión, degradación salinización y desertificación de los suelos, haciendo a estos susceptibles de riesgos.

Según datos obtenidos en el Plan de Desarrollo Urbano, el municipio tiene una superficie de 6,307.05 ha, de las cuales el 72.57% correspondía a áreas no urbanas, mientras que el 27.43% restante era área urbana.

En lo que corresponde al área urbana, el uso habitacional predominante es el habitacional con el 25.71% con respecto al total urbano. En los que existen fraccionamientos de diversos tipos, predominando el tipo de Interés Social, según datos recabados en el plan de Desarrollo Urbano.

Por otra parte las viviendas de tipo popular, en las que se contemplan los pueblos de transfiguración, así como los procesos de construcción de manera progresiva, establecida en las colonias de la cabecera municipal.

El equipamiento abarca una superficie de 131.62 ha, mientras que el área destinada a los servicios tiene una superficie de 28.39 ha.

USO	SUPERFICIE		
	HABITACIONAL (ha)	ÁREA (%)	MUNICIPAL (%)
H100	17.42	1.07	0.28
H125	9.90	0.61	0.16
H150	34.77	2.14	0.55
H200	170.24	10.50	2.70
H250	273.15	16.84	4.33
H500	165.90	10.23	2.63
H833	310.85	19.17	4.93
H1000	286.10	17.64	17.64
H1667	353.51	21.80	5.60
Subtotal Habitacional	1,621.84	100	25.71
Equipamiento urbano	131.62	8.42	2.09
Industria	107.81	6.89	1.71
Servicios	28.39	1.82	0.45
Otros Usos	1,296.13	82.88	20.55
Subtotal demás usos urbanos	1,563.95	100	24.80
Área Natural (Bosque)	186.06	6.17	2.95
Pastizal	139.37	4.62	2.21
Agropecuario	2,688	89.20	42.62
Subtotal área no urbana	3,013.43	100	47.78
ÁREA TOTAL	6,307.05	100	100

Tabla 4.6 Usos del Suelo 2005. Fuente: Elaboración propia con base en datos obtenidos en El Plan de Desarrollo Urbano 2005.

En el municipio el 68.5% de las localidades se encontraba de manera regular, mientras que el 31.5% restante se localizaba en zonas irregulares, Las situaciones de las zonas irregulares como menciona el plan de desarrollo urbano, abarca una superficie de 437.81 ha, las cuales fueron ocupadas fuera del límite urbano establecido, en suelos no aptos para el desarrollo urbano. Cabe señalar que en el municipio existen tres ejidos: Santa María Chimalhuacán, San Vicente Chicoloapan y Santiago Cuautlalpan.

La superficie utilizada para el sector industrial en el municipio es de 107.81 ha, esta no está concentrada.

Otra parte importante a consideras son las principales vialidades del municipio, las cuales son zonas de riesgo, debido al saturado tránsito por la gran cantidad de vehículos particulares y transporte público. La conectividad vial dentro de la cabecera municipal, es por la avenida Emiliano Zapata y Juárez ya que son las únicas que tienen continuidad con la Carretera Federal México - Texcoco y conectan directamente a esta zona urbana con la región; de igual manera, las avenidas situadas en el primer cuadro de la cabecera municipal presentan problemas de fluidez.

En el mapa 4.5 del anexo cartográfico se observa la distribución espacial de los principales servicios con los que cuenta la cabecera municipal de Chicoloapan de Juárez.

CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural

El territorio municipal de Chicoloapan se encuentra sujeto a gran variedad de fenómenos que pueden causar desastres. Por ser parte del campo volcánico del Eje Neovolcánico Transversal, el municipio podría ser afectado por actividad sísmica y volcánica. De los volcanes que han existido en las distintas épocas geológicas en el territorio o cerca de él, uno ha tenido actividad en los años recientes y se considera activo. La ubicación del municipio en una región intertropical, lo hace sujeto a los embates de lluvias intensas. Los efectos de este fenómeno, en términos de inundaciones y flujos, se resienten principalmente en las zonas bajas del poniente, es decir, la cabecera municipal; las lluvias intensas además pueden causar deslaves y derrumbes en el interior del territorio. De las últimas 5 temporadas de lluvias, dos han causado daños severos. En sentido opuesto, la escasez de lluvia se resiente en diversas regiones cercanas al municipio y que afectan la agricultura, la ganadería y la economía de esas regiones. 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 descripción inicial es resaltar la amplitud de la problemática y la gravedad de sus posibles consecuencias. Como ejemplo, baste citar las inundaciones de 2011 y 2010, que dejaron a su paso daños a viviendas.

El municipio de Chicoloapan, ha establecido estrategias de protección civil desde hace varios años, en muchos casos ha logrado defenderse de los embates de las manifestaciones de fenómenos destructivos, pero con frecuencia las medidas de protección han sido rebasadas por las fuerzas de la naturaleza. 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 Prof. Rafael Gómez Alvarado, se ha establecido que se debe dar atención a la fase de prevención o mitigación, que se refiere a las acciones tendientes a identificar los riesgos y a reducirlos antes de la ocurrencia del fenómeno.

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

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

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

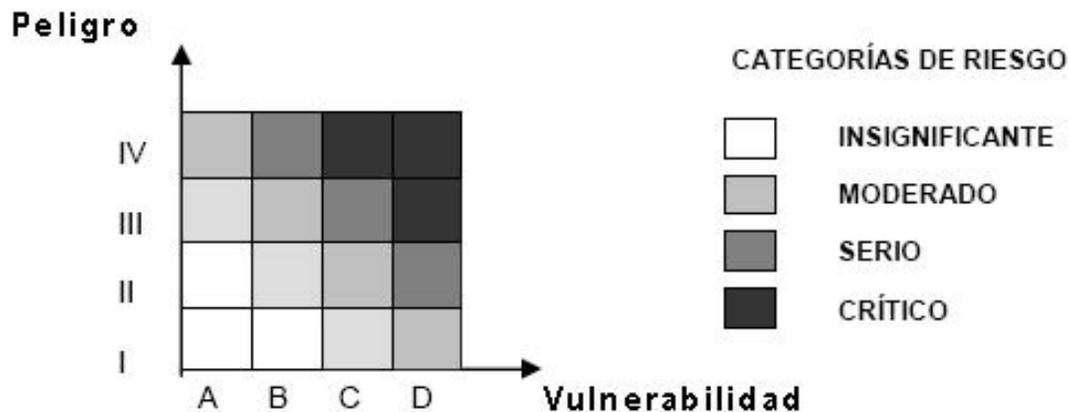


Fig. 5.1 Representación gráfica de la medición del Riesgo en función del peligro y vulnerabilidad

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 100 años para cierto evento significa, por ejemplo, que en 500 años de los que hay datos históricos, el evento en cuestión se ha presentado cinco veces, pero que en un caso pudieron haber transcurrido 10 años entre un evento y el siguiente, y en otro caso, 200 años. Como se verá en los apartados siguientes, para la mayoría 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. 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 sistemas de información geográfica, ya que estos sistemas permiten representaciones

mucho más completas y ágiles de las distintas situaciones. Además, estos sistemas facilitaran la actualización oportuna de las representaciones del riesgo necesarias para cada caso.

El Atlas de Riesgos del Municipio de Chicoloapan 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 principalmente 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 peligros, 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 deslizamientos de laderas. 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 deslizamientos o colapsos también son provocados por sismos intensos. Otros fenómenos asociados a movimientos superficiales son los hundimientos y agrietamientos locales llegan a afectar seriamente las edificaciones y la infraestructura. 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.

Fenómenos Geológicos
Fallas y fracturas
Sismos
Vulcanismo
Deslizamientos
Derrumbes
Flujos
Hundimientos
Erosión

Tabla 5.1 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de Chicoloapan

5.1.1 Fallas y Fracturas

Las Fallas y Fracturas son fenómenos geológicos que pueden afectar las edificaciones e infraestructura en general, 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.

Peligro por fallas y fracturas

Dentro del Municipio de Chicoloapan de Juárez se identificó un sistema de fracturamiento con orientación NE-SW. Este sistema se encuentra alineado con determinados rasgos superficiales que se aprecian sobre el terreno, entre los más significativos se encuentran: superficies disectadas, ríos, zonas escarpadas y contactos entre distintas unidades volcánicas emitidas de los diferentes aparatos volcánicos (Sierra Nevada y Volcán el Pino).

El sector SE del municipio es la zona donde se concentra la mayor parte del fracturamiento. Sus alineamientos corresponden con zonas escarpadas, en donde el material predominante son secuencias de depósitos volcánicos, dadas las condiciones geológicas de la zona, no se aprecia algún sistema de fallas regionales activas que crucen o circunden el municipio. Sin embargo, no se descarta la presencia de una falla activa, que esté relacionada con la formación de la Sierra Nevada y el Volcán El Pino.

Sistema de Fallas

Las fallas que se encuentran en el municipio de Chicoloapan son únicamente dos, de las cuales una ha tenido intensa actividad reciente al grado de haber causado daños significativos en viviendas del municipio de Chimalhuacán. La segunda falla ha ocasionado problemas menores pero también se ha identificado como potencialmente peligrosa.

Falla Xolcuango

Es una estructura que tiene escasa amplia expresión morfológica en el municipio de Chimalhuacán, y aunque se expande hasta el municipio de Chicoloapan, en este último no ha causado daños ni se detecta a simple vista. Esta estructura prácticamente atraviesa el Cerro Xolcuango en Chimalhuacán y penetra hasta las márgenes de la cabecera municipal de Chicoloapan, donde es ocupada por la calle Camelia de la colonia Santa Rosa. Tiene una dirección SSW-NNE, con una longitud de 1.8 km. Su segmento con mayor potencial dañino está dentro del municipio de Chimalhuacán, donde ya se han presentado daños importantes a viviendas, como cuarteaduras con riesgo de daño al soporte estructural de las edificaciones; en el caso de Chicoloapan no se han reportado daños (figura 5.2).



Figura 5.2. Falla Xolcuango en su porción que corresponde a Chicoloapan en la calle Camelia; no se observan daños a las viviendas, pero por parte de la Dirección de Obras Públicas se reportan daños a las pavimentaciones. Al fondo se aprecia el Cerro Xolcuango, Chimalhuacán, donde la falla ha dañado severamente las viviendas.

Falla Piedras Negras

Es una estructura que se caracteriza por tener escasa expresión morfológica, se ubica al oeste de la cabecera municipal. Su longitud se estima en 400m, con dirección W-E. Se sabe de su existencia debido a que la Dirección de Obras Públicas del Municipio reporta haber observado desplazamiento de rocas, mismo que ya ha sido rellenado. Se deduce que ocupa prácticamente la misma dirección que la Calle Martínez (ver figura 5.3), frente al Fraccionamiento Piedras Negras. No se han reportado daños directos a las viviendas cercanas, pero dado la reciente actividad, es muy posible que se presenten cuarteaduras próximamente.



Figura 5.3. Falla Piedras Negras sobre la Avenida Martínez; no se observan daños a las viviendas, pero por parte de la Dirección de Obras Públicas se reportan daños a las pavimentaciones.

Sistema de Fracturas

Dentro del municipio, se ha identificado dos subsistemas de fracturas, uno con dirección predominantemente W-S, con expresión en todo el territorio, incluyendo el área urbana de la cabecera municipal; y otro que se desarrolla en dirección perpendicular al anterior, es decir, con dirección N-S, el cual no ocupa ningún área poblada. En general, ninguno de los dos sistemas tiene expresiones morfológicas bien definidas; tampoco se han documentado hasta el momento afectaciones a la infraestructura por su causa. A continuación se presentan sus características generales.

Fracturas de primer orden con componente W-E

Este subsistema de fracturas se ubica predominantemente en la parte oeste del municipio, generalmente en áreas densamente pobladas, lo que convierte en zonas potencialmente afectables a las zonas habitacionales ubicadas sobre dichas fracturas. Las fracturas, aunque aparentemente separadas, muy probablemente son parte del mismo sistema. Estas fracturas ya han causado daños debido a que han resquebrajado las paredes del bordo que contiene al río Coatepec, por lo que han provocado directamente encharcamientos en el pasado. La Dirección de Obras Públicas de Chicoloapan ha referido el daño que se ha causado al bordo de casi 4m de altura este sistema de fracturas, a pesar de las continuas obras de mamposteo, reforzamiento y terrazo que se han llevado a cabo (fig 5.4).



(a)



(b)

Figura 5.4. (a) Fractura geológica de componente E-W sobre la calle Prolongación Hidalgo, al fondo se aprecia un aspecto del borde del río Coatepec; (b) el borde del río Coatepec, perpendicular a la dirección de las fracturas. A pesar de su ancho, los agrietamientos permiten que el agua se infiltre y encharque las calles anexas.

Fractura de segundo orden con componente N-S

Esta fractura es perpendicular al primer subsistema. Se ubica al sur del municipio. Esta estructura se encuentra en el piedemonte poniente de Cerro Mesa Larga, con una longitud de 2.5 km, y con una dirección su dirección NNW-SSE, pero no afecta zonas pobladas, ya que se ubica en área de cultivos. Sólo se identificó esta fractura de este subsistema dentro del municipio, aunque en otras partes de la región tiene más expresiones.

Vulnerabilidad y Riesgo asociados a fallas y fracturas.

A pesar de la relativamente escasa presencia de este fenómeno en el municipio, la mayoría de fracturas y fallas se ubican en la zona densamente poblada del oeste, por lo que se estiman daños potenciales a las obras civiles en la cabecera municipal, principalmente en la parte del centro y poniente de la misma.

Las fallas y fracturas en las zonas urbanas generalmente no se aprecian a simple vista. Sin embargo, según reportes de la Dirección de Obras Públicas, se han presentado problemas de hundimientos diferenciales a lo largo de trazas lineales, que ocasionan daños importantes en obras civiles, tales como cuarteaduras y baches. Sin embargo, debido a que el sistema de fallas tiene movimientos casi imperceptibles en lapsos cortos de tiempo, y que en los últimos años la ciudad ha crecido rápidamente, siendo la mayoría de construcciones nuevas, aún no se perciben daños en las edificaciones, pero se estima que se empezarán a generalizar pronto. Por otra lado, los bordos de los canales, particularmente del Coatepec, ya sufren de cuarteaduras que en época de lluvias cuando el caudal y la presión es mayor, permiten que el agua se infiltre, llegando incluso a inundar calles aledañas.

Conforme a los criterios definidos por la Comisión Reguladora de Energía Atómica de Estados Unidos, las fallas geológicas de Chicoloapan se han identificado como potencialmente sísmicas, ya que han sido generadas por acumulación de esfuerzos y desplazamientos súbitos durante los últimos 35,000 años, y se han encontrado evidencias morfológicas de rupturas durante el Holoceno, pero no hay registro histórico o instrumental de sismicidad asociada a ellas.

No se puede determinar si un sismo reactivaría las fallas del municipio, ni mucho menos de qué magnitud debería de ser para hacerlo, sin embargo, en caso de que así ocurriera, las zonas más afectadas serían las ubicadas en la colonia Santa Rosa, debido a la Falla Xolcuango

En el caso de un sismo que reactivara las fracturas dentro del municipio, estas actuarían como catalizador de otros procesos geológicos, tales como derrumbes en los bancos de material de la zona oriente. En general, esas áreas están deshabitadas pero cuentan con todas las características necesarias para que se presenten esos tipos de fenómenos.

La zona de influencia para fallas y fracturas fue designada en función de un posible desplazamiento entre sus bloques: 50m en el caso de fallas que ha tenido desplazamiento y son susceptibles a una posible reactivación; 20m en el caso de las fracturas, que no representa desplazamiento, sino sólo una rotura entre litología, por lo cual su radio de influencia fue menor. Cabe mencionar que en este apartado se consideró el análisis de peligrosidad cualitativo, lo anterior debido a que no fue posible contar con las herramientas y estimar un posible grado de reactivación, por lo cual únicamente se hace referencia a la ubicación de los mismos y la delimitación de sus áreas susceptibles.

El nivel de riesgo actual en el municipio para este problema es alto, aunque se debe considerarse que el sector W es la zona más propensa a presentar fracturamiento y fallamiento

A continuación se indican las zonas con riesgo potencial por fallas y fracturas (ver también mapa 5.1 y 5.2 en el anexo cartográfico):

AGEB	Colonia	Calles en Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010128	Santa Rosa, Auris 2, Auris 3	Camelia, 3ra Cda. Huatongo, Flor de San José, Alheli, Azalea, Camelia, Noche Buena, Girasol, Azalea, Las Maravillas, Alcatraz, Laurel, 3ra Cda. Huatongo, Av. Santa Rosa,	20 viviendas (~100 personas)	Alto
1502900010132	Corte Huatongo	Av. De las Torres, Camelia, Cda. Jasmín, Las Maravillas, Alcatraz, Laurel, Flor de San José, Av. Santa Rosa, De Cristo	40 viviendas (~200 personas)	Alto
1502900010147	Santa Rosa	Prol. Hidalgo, Cda. Prol. Hidalgo, Venustiano Carranza, Cda. Hidalgo	40 viviendas (~200 personas)	Alto
1502900010166	San Vicente, Presidentes	Prol. Allende, Hierro, Níquel, Plata, 2da. Ceda. Allende, Camino a las Minas	15 viviendas (~75 personas)	Alto
1502900010310	El Arenal 2, Los Ángeles, San Antonio	Av. Martínez	10 viviendas (~50 personas)	Alto
1502900010378	Hacienda Piedras Negras		50 viviendas (~250 personas)	Alto

Tabla 5.2 Zonificación del Riesgo por Fallas y Fracturas.

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. La costa mexicana del Pacífico, y por extensión geográfica el Municipio de Chicoloapan, se encuentra afectado por la interacción de dos placas tectónicas.

Los sismos no pueden predecirse; no existe un procedimiento confiable que establezca con claridad la fecha y el sitio de su ocurrencia, así como el tamaño del evento. Sin embargo, los sismos se presentan en regiones bien definidas a nivel regional y se puede elaborar una estimación de las intensidades

máximas esperadas, en función de los antecedentes históricos y la geología local. La sismicidad se refiere al grado de susceptibilidad de un área a presentar sismos, lo cual a su vez está asociado a ciertas condiciones geológicas, tales como posición con respecto a las márgenes de las placas geológicas.

Peligro por sismicidad

Zonificación Sísmica

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

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

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

Debido a que las regiones sísmicas del país son muy extensas, el área de estudio presenta una homogeneidad en esta capa de información. Sin embargo, se emplearon los criterios de la Clasificación de Suelos de la Norma de Construcción Sismoresistente Europea NSCE-02 para poder definir las zonas del área de estudio de Chicoloapan que presentan características similares a las velocidades de propagación de ondas sísmicas secundarias reportadas en dicha norma. A través de la comparación de las velocidades de propagación de ondas sísmicas en diversos materiales de origen geológico entre las características geológicas de Chicoloapan y las características descritas en la NSCE-02, se determinó el comportamiento de la velocidad de propagación de ondas sísmicas secundarias (V_s) en la zona de estudio, en función de la siguiente tabla (ver también mapa 5.3 en el anexo cartográfico):

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

Tabla 5.3 velocidad de propagación de las ondas secundarias en función del tipo de material superficial a 20m.

Fuente: Norma NSCE-02

Aceleraciones máximas según tres diferentes periodos de retorno

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

Para el Municipio de Chicoloapan 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 que se muestran a en el anexo con los números 5.4, 5.6 y 5.6 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 (ver tabla 5.4).

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 Chicoloapan. 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 Chicoloapan, 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 (ver mapa 5.7 en el anexo cartográfico).

En el estudio realizado por la CFE, el periodo de retorno para eventos con una aceleración de 15%g ó 147.15 cm/s^2 es de 731 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 Chicoloapan, 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 tomo 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 500cm/seg²; la intensidad de VIII con 350 cm/seg² y la de VI con 60cm/seg². En este caso, el coeficiente sísmico corresponde a las aceleraciones del suelo, que para la zona B, la aceleración de respuesta es 3.5 veces la del suelo, esto por la forma de espectro de diseño, o sea, $c = 0.21$.

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

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

$$c = 0.21$$

$$V_b = 0.0476 * 0.21 = 0.009996$$

Cálculo del factor de terreno blando (T_e)

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

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

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

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

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

Tabla 5.5 Variables sísmicas del Terreno según su topografía. Fuente: Ramírez de Alba (2007)

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

Continuando con la ecuación 3:

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

$$c = 0.14$$

$$T_b = 0.25$$

$$T_e = ((1.67 * 0.14) + 1.37) * (0.25 + 1) = 2.00$$

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” (tabla 5.6).

Para el índice de calidad de construcción, **x**, se utiliza los valores tabulados en la Tabla 5.7., 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

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

$$V_b = 0.009996$$

$$T_e = 2.00$$

$$E = 0.35136418$$

$$I_{sd} = 0.009996 * 2.00 * 0.35136418 = 0.007024473$$

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

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 Alto, por lo que el **riesgo es MEDIO en el municipio de Chicoloapan**.

5.1.3 Tsunamis o maremotos

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

5.1.4 Vulcanismo

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.

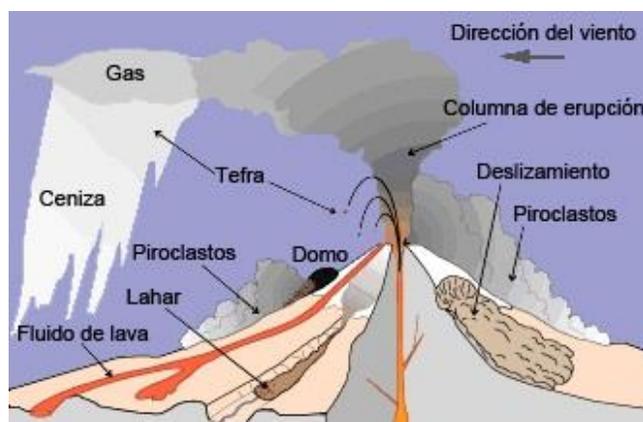


Fig. 5.5 Representación gráfica de los múltiples fenómenos peligrosos asociados al vulcanismo. Fuente: U.S.G.S.

El Municipio de Chicoloapan 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 Chicoloapan, se siguió la metodología del CENAPRED, que en resumen consiste en lo siguiente:

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

Peligro por vulcanismo

Se detectaron tres volcanes activos a menos de 100 Km de distancia del municipio de Chicoloapan, los cuales son el Nevado de Toluca, Popocatepetl y el Xocotépetl. De los tres volcanes activos a menos de 100 km de distancia se realizó una investigación documental para obtener los registros relacionados con peligros. Adicionalmente, se identificaron 2 volcanes monogenéticos (inactivos) en las cercanías del municipio, de los cuales se realizó una reconstrucción de su comportamiento eruptivo, lo cual sirvió para identificar la posible magnitud de un evento similar dentro o muy cercano al municipio, en caso de que naciera otro volcán en la zona. Los resultados se presentan a continuación.

Xocotépetl

El Volcán Xocotépetl (también conocido como Jocotitlán) se encuentra a 97km de la cabecera municipal, tiene una elevación de 3,920 msnm y forma parte del grupo de volcanes activos del Eje Neovolcánico Transversal. El Xocotépetl es un estratovolcán que ha presentado, al menos, dos episodios eruptivos ocurridos en los últimos 10 mil años. El más reciente sucedió hace menos de mil años, se estima que pudo haber ocurrido entre 1100 y 1300 d.C. Es de categoría 2 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad intermedia. Se estima que en caso de que este volcán presentara un nuevo evento eruptivo, los flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares y deslizamientos no afectarían al municipio de Chicoloapan debido a la presencia de la Sierra de Monte Alto. 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 Chicoloapan es nulo.

Nevado de Toluca

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

El Instituto de Geofísica de la UNAM, determinó con base en el estudio de los productos eruptivos emitidos por el Nevado de Toluca, que los flujos piroclásticos representan el peligro volcánico más importante, por su frecuencia y por el área que han cubierto en las erupciones pasadas. Después están los lahares, seguidos por la caída de cenizas y finalmente las avalanchas de escombros. Mediante un análisis que se plasmó en cartografía de riesgos, se determinó que ningún evento eruptivo podría afectar más allá del Valle de Toluca, por lo que se descarta totalmente una afectación al Municipio de Chicoloapan en caso de un evento eruptivo, es decir, el peligro que representa para el territorio de Chicoloapan es nulo (fig. 5.6).

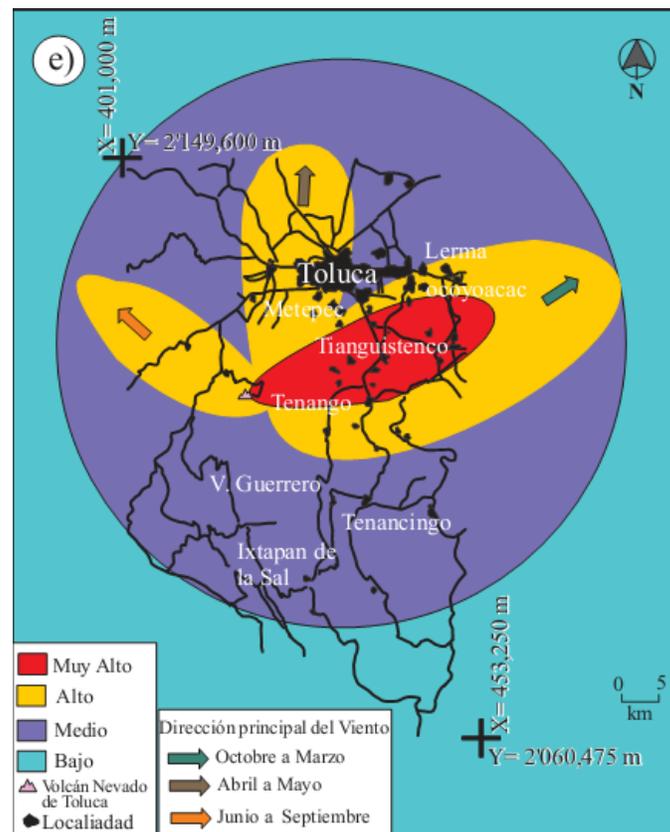


Figura 5.6 Mapa de peligros volcánicos del volcán Nevado de Toluca, donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Chicoloapan, ubicado a 95km al NE. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM

Popocatépetl

El volcán Popocatépetl se encuentra a 51km del punto más cercano a la cabecera municipal, tiene una altitud de 5452 msnm. El Popocatépetl es un estratovolcán de edad aproximada de 730,000 años, durante los cuales ha estado activo, a pesar de que en escala humana haya habido largos periodos de reposo. Desde su primera erupción registrada en 1347, ha presentado múltiples manifestaciones. De 1921 a 1991 no se tuvo registro de actividad volcánica. A partir de 1993 hubo fumarolas claramente visibles desde 50 kilómetros de distancia. El 23 de julio de 1994 lanzó fumarolas; y el 21 de diciembre de 1994 inició una serie de pequeñas erupciones, lluvias de ceniza con temblores locales de baja magnitud. El fenómeno se repitió a finales de 1995 y principios de 1996. El 25 de diciembre de 2005 se produjo en el cráter del volcán una nueva explosión, que provocó una columna de humo y cenizas de tres kilómetros de altura y la expulsión de lava. Es de categoría 1 dentro de la clasificación de volcanes cuaternarios del CENAPRED, así como de peligrosidad alta (o mayor).

Según el Instituto de Geofísica de la UNAM, en general el volcán representa un peligro mayor para las áreas cercanas al volcán, moderado para el sureste y este del Estado de México, y menor para la Ciudad de México. En el caso del Municipio de Chicoloapan, el peligro es medio, debido a su lejanía y a que se ubica parcialmente cubierto por el Volcán Iztacihuatl, lo que implica que en caso de una erupción, no

habría afectación por caída o derrame de materiales volcánicos, pero si lo habría por caída de cenizas (ver figura 5.7 y mapa 5.8 en el anexo cartográfico).

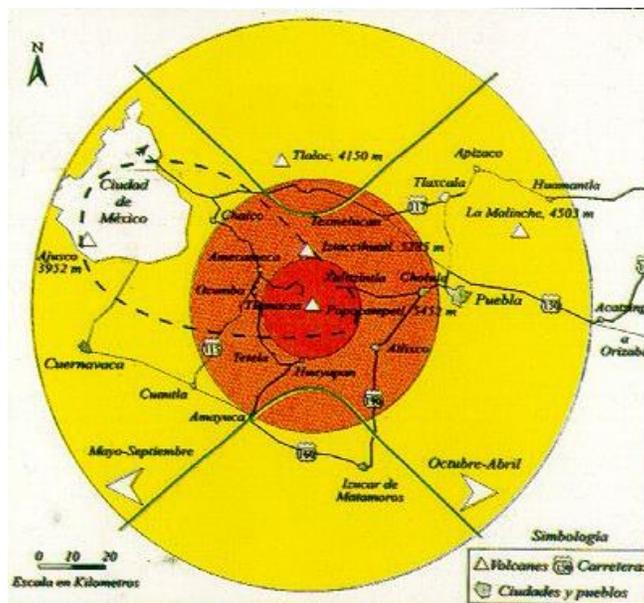


Figura 5.7 Mapa de peligros por caída de materiales volcánicos (ceniza) del volcán Popocatepetl, en donde se aprecia que no afecta al área del Municipio de Chicoloapan por materiales balísticos, pero sí por cenizas. Fuente: Instituto de Geofísica de la UNAM.

Volcanes inactivos locales

El municipio de Chicoloapan, se encuentra rodeada por varias estructuras volcánicas inactivas, entre los cuales destacan Complejo Volcánico Tlaloc- Telapón y un pequeño volcán monogenético llamado Cerro Mesa Larga. Sin embargo, se conservan vestigios de su actividad histórica, tales como secuencias de lava y flujos piroclásticos dentro del municipio. Para fines representativos de los alcances de un eventual volcán local, se tomaron como ejemplo estos dos volcanes y se procedió a cartografiar su actividad histórica, consistentes en derrames de lava que ocupan muy escasas áreas del sur y del oriente, así como flujos piroclásticos, que abarcan zonas ligeramente mas amplias de los mismos sectores (ver mapa 5.9 en el anexo cartográfico).

Para la reconstrucción del comportamiento eruptivo de los volcanes analizados, se realizó el trazado de unidades morfo-genéticas por medio de imágenes satelitales y ortofotos de la región, con base al método de Verstappen. Adicionalmente se usó la información del Índice de Explosividad Volcánica del CENAPRED para determinar la tipología del volcán.

Vulnerabilidad y riesgo por vulcanismo

La vulnerabilidad a fenómenos volcánicos para el municipio de Chicoloapan 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 Chicoloapan, se estima que el **riesgo general 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.

5.1.5 Deslizamientos

Los deslizamientos del terreno se definen como “Movimientos de una masa de materiales térreos pendiente abajo, delimitada por una o varias superficies, planas o cóncavas, sobre las que se desliza el material inestable”¹. Son reconocidos dos tipos principales de deslizamientos:

- Rotacionales** (con una superficie principal de falla cóncava que ocurren muy a menudo en suelos arcillosos blandos, o bien, en formaciones de rocas blandas); y,
- Traslacionales** (en los que la masa de suelos y/o fragmentos de rocas se desplazan hacia afuera y hacia abajo a lo largo de una superficie más o menos plana, con muy poco o un movimiento nulo de rotación o volteo). Aunque también se pueden desarrollar como:
- Expansiones o desplazamientos laterales** (movimientos de masas térreas que tienen lugar en pendientes muy suaves y dan como resultado desplazamientos casi horizontales, causados frecuentemente por licuación de materiales sueltos y saturados ante los efectos de un sismo) y movimientos complejos (resultantes de la transformación del movimiento inicial en otro tipo de movimiento al ir desplazándose ladera abajo, siendo los más comunes y llegan a ocasionar cuantiosas pérdidas).

Peligro por deslizamientos

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

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

1. Zonas del terreno con pendientes entre 30° y 60°;
2. Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a deslizamiento: andesita-basalto-brecha volcánica básica e intermedia-basalto/brecha volcánica básica, brecha sedimentaria-toba básica, y material aluvial;

¹En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 6 y 7.

3. Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio Chicoloapan de Juárez y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo, zonas con cubierta vegetal escasa y banco de material;
4. Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y
5. Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).

Elemento	Intensidad		
	Baja	Media	Alta
Pendiente	-----	30° - 45°	45° - 60°
Litología	-Brecha Volcánica Intermedia	-Toba Básica	-Material Aluvial
	-Andesita	-Brecha Sedimentaria	
	-Brecha Volcánica Básica		
	-Basalto		
Superficies De Erosión Potencial	-Basalto/Brecha Volcánica Básica		
	Zona Con Cubierta Vegetal	Zona De Cultivo	Zona Con Cubierta Vegetal Escasa Banco De Material
Densidad De Disección	0 – 1.39	1.39 – 3.03	3.03 – 6.67
Densidad De Lineamiento	0.0 – 0.4	0.4 – 1.4	1.4 – 2.0

Tabla 5.9 Elementos que inciden en los deslizamientos de ladera, así como su intensidad relativa.

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

Tabla 5.10 Ponderación de la intensidad del peligro de deslizamiento.

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión al deslizamiento del terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de

Chicoloapan, el terreno presenta una mayor susceptibilidad al deslizamiento en aquéllos sitios donde los rangos de pendiente que involucra coinciden con: las litologías más propensas, las superficies más expuestas a los agentes erosivos y los valores más altos de las densidades de disección y lineamiento del terreno.

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

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

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

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

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

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

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

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

Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.4924**): tiene valores de pendiente de 45° a 60°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de

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

A través de la construcción de una variable discreta en escala absoluta o de conteo, se ponderaron los valores de cada elemento considerado para estimar un índice de susceptibilidad o propensión al deslizamiento del terreno. El modelo teórico armado a partir de ello considera que, en el municipio de Chicoloapan de Juárez, 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:

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

Donde:

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*.

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

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

Tabla 5.11 categorías de intensidad de deslizamientos en función del índice obtenido.

Vulnerabilidad y riesgo por deslizamiento de laderas

En el municipio de Chicoloapan de Juárez se reconocieron algunas zonas propensas a presentar este tipo de procesos de remoción en masa, sin embargo, en ningún caso afectarían edificaciones, viviendas o infraestructura, debido a que la población se asienta en la parte plana, mientras que estos procesos se presenta en la parte de las laderas de los cerros cercanos.

De esta manera, el riesgo por este tipo de fenómeno es **BAJO** debido a la ausencia de población expuesta (ver mapa 5.10 en el anexo cartográfico).

5.1.6 Derrumbes

También conocidos como <caídos>, “...son movimientos repentinos de suelos y fragmentos aislados de rocas que se originan en pendientes abruptas y acantilados, por lo que el movimiento es prácticamente en caída libre, rodando y rebotando”². Presentan ruptura y desprendimiento de materiales en forma brusca y a gran velocidad de un bloque o una masa rocosa “en seco”. La mayor parte del transporte de los materiales se da en el medio aéreo, pero como se mencionó, la componente de salto y rodamiento es importante. Son difíciles de detectar en virtud de que no presentan signos precursores que los anuncien y son distintos factores exógenos los que los originan, entre ellos: sismos, vibraciones de maquinaria pesada, explosiones y vegetación arbórea sobre macizo rocoso³.

Peligros por Derrumbes

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

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

- 1) Zonas del terreno con pendientes mayores a 60°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en pares de menor a mayor susceptibilidad a derrumbes: material aluvial-depósitos lacustres, brecha sedimentaria, toba básica, basalto-andesita-brecha volcánica básica e intermedia-basalto/brecha volcánica básica;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio de Chicoloapan de Juárez y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zona con cubierta vegetal, zona de cultivo, banco de material y zona con cubierta vegetal escasa;
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que

²En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, p. 5.

³En Proyecto MET-ALARN. Inestabilidad de Laderas. Mapas de amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración. Ed. INETER-COSUDE. Managua, 2005, p. 16.

presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y

- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).

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

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

Tabla 5.12 Elementos que inciden en los derrumbes, así como su intensidad relativa

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

Tabla 5.13 Ponderación de la intensidad del peligro de derrumbe.

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

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

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 derrumbes en la zona de estudio del municipio de Chicoloapan de Juárez se determinó por 7 niveles caracterizados de la siguiente manera:

- Nivel de susceptibilidad 1 (Valor del Índice **0.2818**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona urbana, densidad de disección del terreno media, densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de toba básica;
- Nivel de susceptibilidad 2 (Valor del Índice **0.3382**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media, densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 3 (Valor del Índice **0.3945**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal, banco de material, zona con cubierta vegetal escasa y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media y baja, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de andesita, brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 4 (Valor del Índice **0.4509**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona con cubierta vegetal y zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta, media y baja, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 5 (Valor del Índice **0.5073**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de banco de material, zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno alta y media, densidad del lineamiento media y baja y materiales geológicos de brecha volcánica básica, toba básica, andesita y brecha sedimentaria;
- Nivel de susceptibilidad 6 (Valor del Índice **0.5636**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta,

densidad del lineamiento baja y materiales geológicos de andesita;

→ Nivel de susceptibilidad 7 (Valor del Índice **0.6200**) ; valores de pendiente >60°, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, densidad de disección del terreno alta, densidad del lineamiento media y materiales geológicos de andesita;

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

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

Tabla 5.14 categorías de intensidad de derrumbes en función del índice obtenido.

Vulnerabilidad y riesgo por derrumbes

En el municipio de Chicoloapan este tipo de fenómeno se identificó en las zonas de extracción de material para la construcción, es decir en los bancos de material ubicados en la zona oriente y central del municipio. La actividad extractiva ha generado pendientes de casi 90° en algunos casos, y aunque la zona es de acceso privado, existe un cierto factor de riesgo para los mismos trabajadores de la cantera. Por otro lado, hay cañadas como la Barranca del Diablo en donde el agua ha disectado creando zonas con mucha pendiente, de casi 90°, pero en todos los casos son zonas sin habitantes.

De esta manera, el riesgo por este tipo de fenómeno es **BAJO** debido a la ausencia de población expuesta (ver mapa 5.11 en el anexo cartográfico).



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 5.8 Áreas susceptibles a derrumbes: (a) y (b), Barranca del Diablo; (c) y (d), Cañadas del Oriente

5.1.7 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...*”⁴. 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

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

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

- 1) Zonas del terreno con pendientes entre 15° y 45°;
- 2) Las formaciones litológicas de la zona de estudio con un orden definido en grupos de menor a mayor susceptibilidad a flujos: depósitos lacustres, basalto-andesita-brecha volcánica básica e intermedia-basalto brecha volcánica básica, brecha sedimentaria-toba básica, y material aluvial;
- 3) Zonas de erosión potencial del terreno, distinguidas por tres tipos principales, según el contexto del municipio Chicoloapan de Juárez y ordenadas de menor a mayor susceptibilidad: zona urbana, zonas con cubierta vegetal, zonas de cultivo y zonas con cubierta vegetal escasa, banco de material;
- 4) Densidad de disección del terreno (definida como el valor del número de cauces sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor propensión a los procesos erosivos de tipo fluvial) determinada por los valores de 0.00-6.67, con las siguientes categorías: baja (0.00-1.39), media (1.39-3.03) y alta (3.03-6.67); y

⁴En SEGOB. Inestabilidad de Laderas. Ed. CENAPRED. México, 1996, pp. 5.

- 5) Densidad de lineamiento del terreno (definida como el valor de la longitud de la trayectoria de fallas y fracturas sobre una unidad de superficie homogénea en km², que permite detectar las zonas del terreno que presentan una mayor concentración de fracturas y fallas) determinada por los valores de 0.0-2.0, con las siguientes categorías: baja (0.0-0.4), media (0.4-1.4) y alta (1.4-2.0).

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

Tabla 5.15 Elementos que inciden en los flujos, así como su intensidad relativa.

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

Tabla 5.16 Ponderación de la intensidad del peligro de flujo.

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

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

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

volcánica intermedia, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, zona de cultivo, banco de material y zona con cubierta vegetal, densidad de disección del terreno media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;

- Nivel de susceptibilidad 8 (Valor del Índice **0.2885**): comprende valores de pendiente de 15° a 45°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa, banco de material y zona de cultivo, densidad de disección del terreno media y alta y densidad de lineamiento baja, media y alta;
- Nivel de susceptibilidad 9 (Valor del Índice **0.3125**): comprende valores de pendiente de 30° a 45°, materiales geológicos de toba básica, andesita y brecha sedimentaria, superficies de exposición a la erosión de zona con cubierta vegetal escasa y banco de material, densidad de disección del terreno alta y densidad de lineamiento media y alta;

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

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

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

Donde:

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***;

$\Sigma NsuscFl_i$: 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 Chicoloapan se determinó por 9 niveles y se construyeron 5 categorías de intensidad, descritas según el siguiente cuadro.

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

Tabla 5.17 categorías de intensidad de flujos en función del índice obtenido.

Vulnerabilidad y riesgo por flujos

La vulnerabilidad de la población en Chicoloapan es alta debido a que los métodos de construcción de las viviendas no impide que en el caso de lluvias extraordinarias no sufran afectaciones por flujos en su diversas modalidades.

En base a lo anterior, se estima la siguiente zonificación de riesgo (ver mapa 5.12 en el anexo cartográfico):

AGEB	Colonia	Calles en Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010289	Bonito San Vicente, Real de San Vicente 1, Real de San Vicente 2	Urano, Saturno, Vía Láctea, Virgo	25 viviendas (~125 personas)	Alto
1502900010522	Rancho San Miguel	Amapolas, Laureles, Rancho la Herradura, Rancho, Rancho Sta. Cecilia, Rancho Grande	40 viviendas (~200 personas)	Alto

Tabla 5.18 Zonificación del Riesgo por flujos.

5.1.8 Hundimientos

Los hundimientos de la infraestructura son el movimiento de una superficie en la que la componente vertical del desplazamiento es claramente predominante sobre la horizontal, es decir, que hay subsidencia del terreno.

Peligro por hundimientos

En el municipio del Chicoloapan, se encontró una zona propensa a desarrollar hundimiento, la delimitación de esta área se basó en algunas de las condiciones que facilitan este fenómeno como son las condiciones geológicas del terreno: el origen del material en este caso de tipo lacustre y sistemas de fallas y/o fracturamiento que crucen los materiales o delimiten zonas. No obstante, se establece únicamente la probabilidad de que se presenten los fenómenos, ya que no se observaron evidencias directas de que esté ocurriendo en el presente.

El Municipio de Chicoloapan se ubica dentro de la Cuenca de México que es de tipo endorreica formada por la interacción de fallas y actividad volcánica compleja. La escorrentía superficial de la zona depositó en las partes bajas sedimentos en el lago creando una heterogeneidad de materiales principalmente limosos y arcillosos. Éstos presentan características muy particulares las cuales al estar sujetos a procesos tanto naturales como antropogénicos (extracción de agua, construcciones, tránsito de vehículos pesados) provocan hundimiento de manera progresiva.

En Chicoloapan y sus alrededores se delimitaron zonas propensas a desarrollar hundimiento diferencial del terreno a través de la interpretación de características del subsuelo como la litología. En cuanto al material que se encuentra en el municipio, la parte NW presenta secuencias arcillosas y depósitos limo-arcillosos de origen lacustre, éstas son susceptibles a la deformación por sus propiedades físicas y mecánicas.

Los análisis de los datos de los pozos a cargo del Organismo ODAS, revelan que el proceso de hundimiento no se ha presentado en el municipio debido a una responsable política de extracción de aguas subterráneas, que no ha permitido que las arcillas se contraigan. Adicionalmente, la geología local también ha permitido una continua recarga de los mantos sin que se haya llegado al punto de sobre explotación. En todo caso, por las características del acuífero profundo, es posible que una eventual sobre explotación local del acuífero se vea reflejada en áreas externas al municipio, debido a la presencia de rocas duras a relativamente poca profundidad.

En el mapa 5.13 del anexo cartográfico se muestra la delimitación de áreas expuestas con posibilidad de presentar problemas futuros de hundimiento del terreno. Esta interpretación se basó en algunas de las condiciones fundamentales para que se desarrolle el fenómeno de hundimiento, como: características geológicas del subsuelo (secuencias arcillosas) y delimitación de fallas. Las zonas con propensión a hundimientos se delimitaron con base en las características y extensión de las secuencias arcillosas del terreno, en relación con la traza de las fallas y la interpretación de la altimetría e imágenes de satélite.

Vulnerabilidad y riesgo por hundimientos

El hundimiento en la zona depende en gran medida de la ubicación geográfica del lugar, para el caso del municipio de Chicoloapan de Juárez, la zona más propensa a hundirse es el sector NW, ya que esta parte del terreno estuvo cercana al lago de Texcoco formando determinados materiales que son

susceptibles a el proceso de hundimiento, representando un nivel de riesgo **MEDIO** en el extremo poniente, y muy bajo o nulo en el resto del municipio.

A continuación se presenta la zonificación de áreas con riesgo:

AGEB	Colonia	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010062	El Tejocote	Medio	Medio	Medio
1502900010081	Ejercito del Trabajo, Emiliano Zapata	Medio	Medio	Medio
1502900010113	Ampliación Santa Rosa	Medio	Medio	Medio
1502900010128	Santa Rosa, Auris 2, Auris 3	Medio	Medio	Medio
1502900010132	Corte Huatongo	Medio	Medio	Medio
1502900010147	Santa Rosa	Medio	Medio	Medio
1502900010166	San Vicente, Presidentes	Medio	Medio	Medio
1502900010170	Tlalel, México 86	Medio	Medio	Medio
1502900010185	San José, Auris 1	Medio	Medio	Medio
150290001019A	Revolucion	Medio	Medio	Medio
1502900010202	Venustiano Carranza	Medio	Medio	Medio
1502900010217	Francisco Villa	Bajo	Medio	Bajo
1502900010221	Emiliano Zapata	Bajo	Medio	Bajo
1502900010236	Santa Rosa	Medio	Medio	Medio
150290001026A	Ex Hacienda Tlalmimilolpan	Bajo	Medio	Bajo
1502900010274	Ciudad Galaxia Los Reyes	Bajo	Medio	Bajo
1502900010289	Bonito San Vicente, Real de San Vicente 1, Real de San Vicente 2	Bajo	Medio	Bajo
1502900010293	Real de San Vicente 1, Lomas de Chicoloapan 1	Bajo	Medio	Bajo
1502900010306	El Arenal 1, El Arenal 2	Medio	Medio	Medio
1502900010310	El Arenal 2, Los Ángeles, San Antonio	Medio	Medio	Medio
1502900010325	Lomas de Chicoloapan 1, Lomas de Chicoloapan 2	Bajo	Medio	Bajo
150290001033A	Lomas de Chicoloapan 2, Prolongación El Arenal	Bajo	Medio	Bajo
1502900010344	Real de Costitlán 1	Bajo	Medio	Bajo
1502900010359	Real de Costitlán 1	Bajo	Medio	Bajo
1502900010363	Real de Costitlán 2, Geovillas de Costitlán	Bajo	Medio	Bajo
1502900010378	Hacienda Piedras Negras	Medio	Medio	Medio
1502900010522	Rancho San Miguel	Bajo	Medio	Bajo

Tabla 5.19 Zonificación del Riesgo por hundimientos.

5.1.9 Erosión

El término erosión se refiere al “...conjunto de procesos por medio de los cuales se produce separación de los productos del intemperismo del sustrato original...puede ser planar [con transporte en distancias reducidas sin seguir una dirección fija] o lineal [remoción o transporte con una dirección definida y en superficies bien delimitadas]...Los agentes principales de la erosión son: el agua superficial..., el hielo, el viento, las aguas subterráneas, las olas marinas, organismos, y..., el hombre. La gravedad es un proceso fundamental que controla los procesos erosivos. La intensidad con que éstos actúen depende de muchos factores: topografía, clima, litología, estructura geológica, actividad tectónica (tipo, intensidad y duración en el tiempo), etc...La erosión es uno de los grandes procesos geológicos exógenos, sigue al intemperismo [proceso de transformación y destrucción de los minerales y las rocas en la superficie de la Tierra, a poca profundidad, bajo la acción de agentes físicos, químicos y orgánicos] y precede a la acumulación [deposición en la superficie de tierra firme o de una cuenca acuática, de rocas, minerales o residuos orgánicos]. En un sentido restringido erosión se refiere a la remoción de partículas por procesos gravitacionales y escorrentías...”⁵.

Peligro por erosión

El mapa de erosión de Chicoloapan contiene las principales superficies clasificadas según el tipo de exposición a los agentes: banco de material, zona de cultivo, zona con cubierta vegetal y zona con cubierta vegetal escasa. Fueron determinadas a partir de la interpretación de imágenes de satélite (Cnes/Spot Image, Digital Globe y GeoEye) del año 2009.

Banco de material se refiere a aquellas superficies que comprenden canteras y minas de material a cielo abierto, con superficies fuertemente alteradas por actividades productivas y materiales geológicos completamente expuestos a los agentes erosivos.

Zona de cultivo es aquella que se aprovecha para la producción agrícola y bajo mantenimiento regular, con suelos completamente desnudos. Dependiendo de las condiciones topográficas, es un tipo de superficie muy propensa a la remoción de materiales por escurrimiento superficial.

La zona con cubierta vegetal es aquella caracterizada por una cobertura arbórea natural bien definida y en la que pueden llegar a encontrarse todavía las capas de pastos, herbácea y arbustiva como elementos que, en relación con la cobertura arbórea, aún protegen la estructura del suelo y los materiales geológicos subyacentes. El tipo de vegetación natural existente está relacionado con el clima de la zona.

La zona con cubierta vegetal escasa se define como aquella superficie que, en contraparte de la anterior, no tiene una cobertura vegetal bien definida que proteja al suelo de los agentes erosivos. Si presenta alguna de las capas de pastos, herbácea, arbustiva o arbórea no se encuentra bien integrada con el terreno en el que habita y es común que los elementos existentes se encuentren aislados y dispersos. La existencia de estas superficies es debida a los procesos de deforestación, y problemas forestales como las plagas e incendios.

Las superficies respectivas a elementos como presas y cuerpos de agua no se consideraron dentro de la capa por no tener un peso específico para los análisis de susceptibilidad o propensión a procesos de ladera.

⁵ En *Diccionario Geomorfológico*. Ed. Instituto de Geografía – UNAM. México, 1989, pp. 10, 78 y 114.

En el municipio de Chicoloapan se delimitaron algunas zonas en la que la erosión hídrica ha modificado la geometría del terreno y zonas que son propensas a este tipo de erosión; la mayor parte de afectación por este tipo de erosión se localiza en el sector norte, la mayoría de las geoformas originadas corresponden a erosión de tipo laminar y planar.

Vulnerabilidad y riesgo por erosión.

Aunque la erosión se haga presente sólo en zonas no pobladas, la población es vulnerable a la erosión ya que en general no se cuenta con la suficiente preparación para resistir fenómenos asociados, como inundaciones, derrumbes, y flujos de lodo. Debido a lo anterior, el riesgo por erosión se determina **MEDIO** para el Municipio de Chicoloapan (ver mapa 5.14 en el anexo cartográfico).

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

Chicoloapan es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que pueden provocar daños materiales de importancia: principalmente está expuesto a lluvias, heladas, e inundaciones. Acontecimientos como las inundaciones de 2011 y 2010, constituyen los ejemplos más recientes que ponen de manifiesto la gravedad de las consecuencias de esta clase de fenómenos. Las fuertes precipitaciones pluviales pueden generar intensas corrientes de agua en ríos, flujos con sedimentos, que pueden dañar casas, puentes y carreteras. Las heladas y fríos producen afectaciones en las zonas de cultivo, y puede ser causa de enfermedades en los sectores de la población de corta o avanzada edad. Las sequías, aunque no se han presentado, pueden provocar fuertes pérdidas económicas a la ganadería y la agricultura en periodos de meses o años. 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.

Fenómenos Hidrometeorológicos
Tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias
Sequias
Temperaturas máximas extremas
Vientos fuertes
Inundaciones
Masas de aire (heladas y temperaturas mínimas)

Tabla 5.20 Fenómenos Geológicos considerados en el Atlas de Riesgos de Chicoloapan

5.2.1 Ciclones (Huracanes y ondas tropicales)

Los Ciclones son fenómenos meteorológicos que ocurren 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. Esa es una de las razones por la que solo las zonas costeras son dañadas de forma significativa por los ciclones tropicales, mientras que las regiones interiores están a salvo, de no ser por las lluvias asociadas a los ciclones. En el caso del Municipio de Chicoloapan, este fenómeno no representa una amenaza debido a los 225 km de distancia a la costa más cercana; a estar a más de 2250 m sobre el nivel del mar; y a la orografía que lo rodea. El caso de las lluvias extraordinarias, en algunas ocasiones asociada a huracanes, será estudiado en el siguiente apartado.

5.2.2 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 repentinas. Un riesgo directo de las tormentas eléctricas es que a una persona o vivienda reciba una descarga eléctrica por un rayo.

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, aunque en otros casos las lluvias normales también pueden causar los mismos efectos.

Peligro por tormentas eléctricas y lluvias extraordinarias

En el caso del municipio de Chicoloapan, el peligro por tormentas eléctricas es bajo ya que se registra un promedio de menos de 5 días con tormentas eléctricas por año en la cabecera municipal y de 5 a 6 eventos de esta naturaleza en la parte agrícola del oriente.

Con la obtención de datos de las estaciones meteorológicas aledañas a la zona de estudio, se identificó la distribución y la frecuencia de las tormentas eléctricas del periodo de 1971 a 2000. Éste fenómeno es frecuente en la mitad más húmeda del año, principalmente entre mayo y octubre. Además de presentarse grandes precipitaciones, vientos fuertes y rayos, puede causar la caída de granizo.

Con el análisis de los datos de las estaciones y la altimetría del lugar, se identificaron tres zonas:

- i. La primera zona comprende la parte montañosa y se presentan con una frecuencia mayor de 6 días con tormenta en promedio anualmente;
- ii. La segunda zona nos indica que gran parte del municipio presenta de 5 a 6 días con tormentas eléctricas al año; y,
- iii. Por último, en la zona más baja disminuye a menos de 5 días con tormenta al año.

De manera general en el municipio no se presentan de manera frecuente las tormentas eléctricas por lo que se puede decir que el peligro ante éste tipo de fenómenos es bajo en la zona urbana, con una mayor presencia en la zona montañosa del municipio.

Para obtener el mapa de peligros por ocurrencia 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 (en algunos casos más y en otros poco menos). 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:

$$G(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i f(x_i, y_i)$$

Donde $G(x, y)$ es la estimación en (x, y) , w_i son los pesos y $f(x_i, y_i)$ son los datos conocidos en el (x_i, y_i) . 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 (ver mapa 5.15 en el anexo cartográfico), donde se observa una tendencia de incrementos del peligro en el centro del polígono municipal y disminución hacia los lados. Es necesario notar, que no obstante la fuerte probabilidad de tormentas eléctricas en el sector central del municipio, estos fenómenos no necesariamente están acompañados de lluvias extraordinarias, debido a que tienen orígenes diferentes. Por lo tanto, el peligro aislado de las tormentas eléctricas en sí no ofrece un alto impacto en la zona de estudio.

Sin embargo, 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 mensuales de precipitación promedio mostrados en la siguiente tabla:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anu al
Zona Este													
Precipitación Promedio	10.8	9.8	17.2	30.8	65.7	115.9	123.9	115.8	93.5	48.9	8.7	5.5	646.6
Máxima Mensual Registrada	72.5	42.4	77.6	74.6	159.1	216.2	205.9	219.2	228.9	140.9	38.1	49.6	228.9
Año de Máxima	1967	1965	1966	1962	1975	1986	1983	1969	1979	1976	1980	1976	1979
Días con Precipitación Apreciable	1.4	1.5	2.3	5.5	8.8	14.1	16.3	16	14.4	7.3	1.6	1.2	90.2
Días con Tormenta Eléctrica	0	0	0.04	0	0.07	0.18	0.11	0.7	0.04	0.04	0	0	1.17
Zona Oeste (Chicoloapan de Juárez)													
Precipitación Promedio	8.7	7.2	8.3	29.3	56.7	111	125.2	103.4	83.3	40	8.4	4.4	585.8
Máxima Mensual Registrada	45	29	50.5	77.4	99.8	228.7	188.7	206.2	134.7	128.9	46.7	35.5	228.7
Año de Máxima	1980	1979	1978	1981	1976	1978	1974	1979	1983	1976	1980	1976	1978

Días con Precipitación Apreciable	1	1.6	1.8	5.4	8.3	12	14.6	13.8	10.6	5.3	1.7	0.9	77.1
Días con Tormenta Eléctrica	0.05	0.33	0.5	1.61	3.21	4.32	4.2	2.1	1.68	0.55	0.15	0.16	18.87

Tabla 5.21 Estadística básica de fenómenos de precipitación y tormentas eléctricas en el municipio de Chicoloapan.
Fuente: Servicio Meteorológico Nacional, estaciones meteorológicas 00015017 Coatepec de Los Olivos y 00015023 Chimalhuacán.

Ahora bien, las lluvias extraordinarias pueden afectar al Municipio de Chicoloapan de varias maneras. Puede ser un cumulo de eventos a lo largo de varios días, incluso semanas, que como resultados 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 SMN ha identificado que la precipitación máxima esperada para el todo el polígono municipal es de 240mm, es decir, 240 litros de agua por metro cuadrado en un periodo de 24 horas. En este escenario, en un solo día, caería la lluvia equivalente al 40% del total anual.

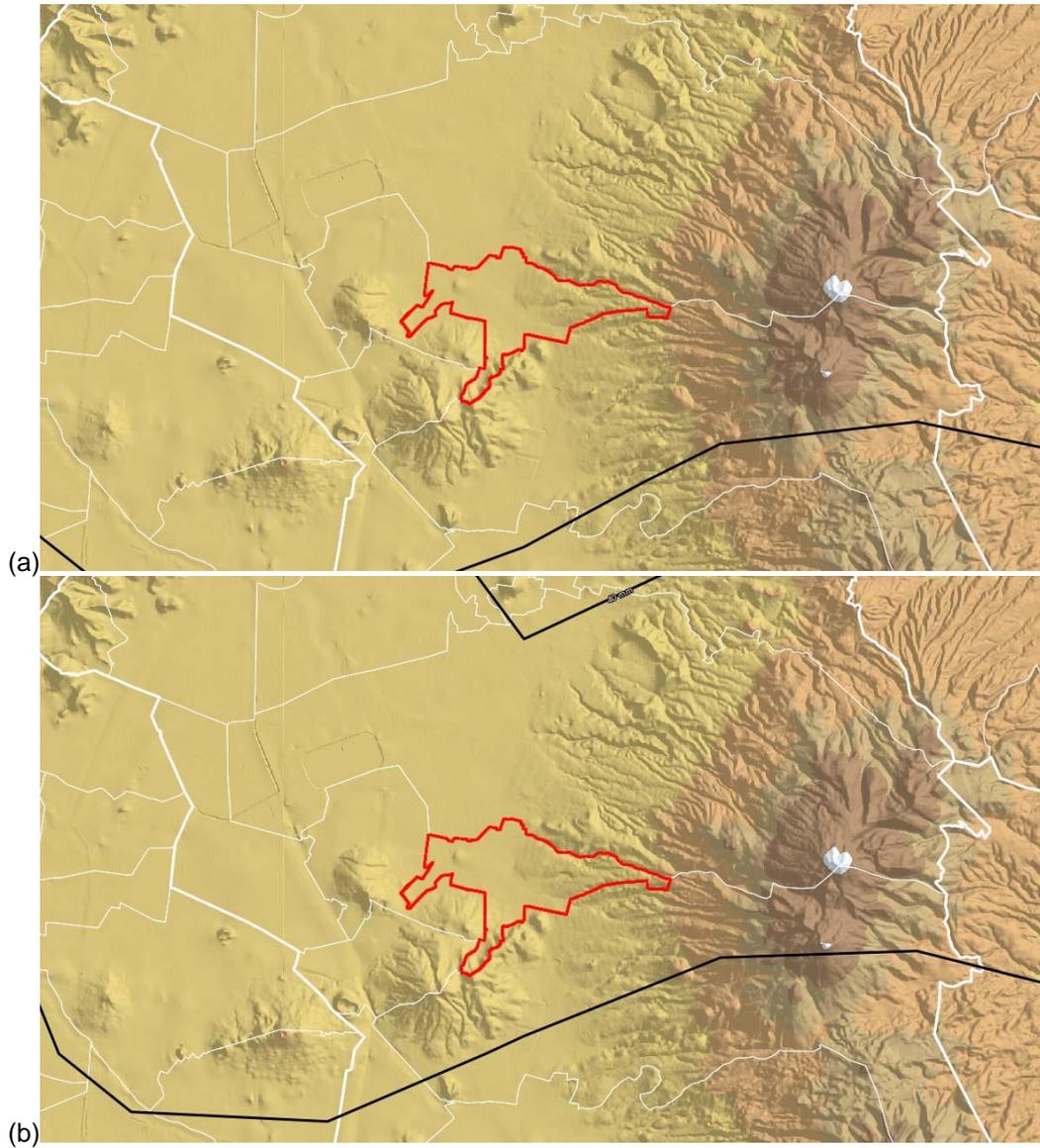
Adicionalmente, se generaron escenarios de las lluvias máximas probables para periodos de retorno de 5, 20, 50 y 100 años para una duración de 1 hora.

En el escenario de un periodo de retorno de 5 años, se espera una lluvia de 40 mm para la parte sur del municipio, y aproximadamente 41mm para la zona norte, la cual aportaría el volumen mencionado en un tiempo de 1 hora (fig. 5.9 (a)).

En el escenario de lluvias probabilísticas para un periodo de 20 años, se espera que un evento de 1 hora aporte un volumen de 50mm para la zona sur del municipio, y aproximadamente 51mm en el norte de Chicoloapan (fig. 5.9 (b)).

Para un periodo de retorno de 50 años, se estima que podría aparecer un evento de una hora de duración que precipitara 60mm de agua pluvial para todo el municipio (fig. 5.9 (c)).

En el último escenario, para un periodo de retorno de 100 años y duración de 1 hora, se estima un volumen de precipitación del orden de 65mm para la zona del municipio de Chicoloapan (fig. 5.9 (d)).



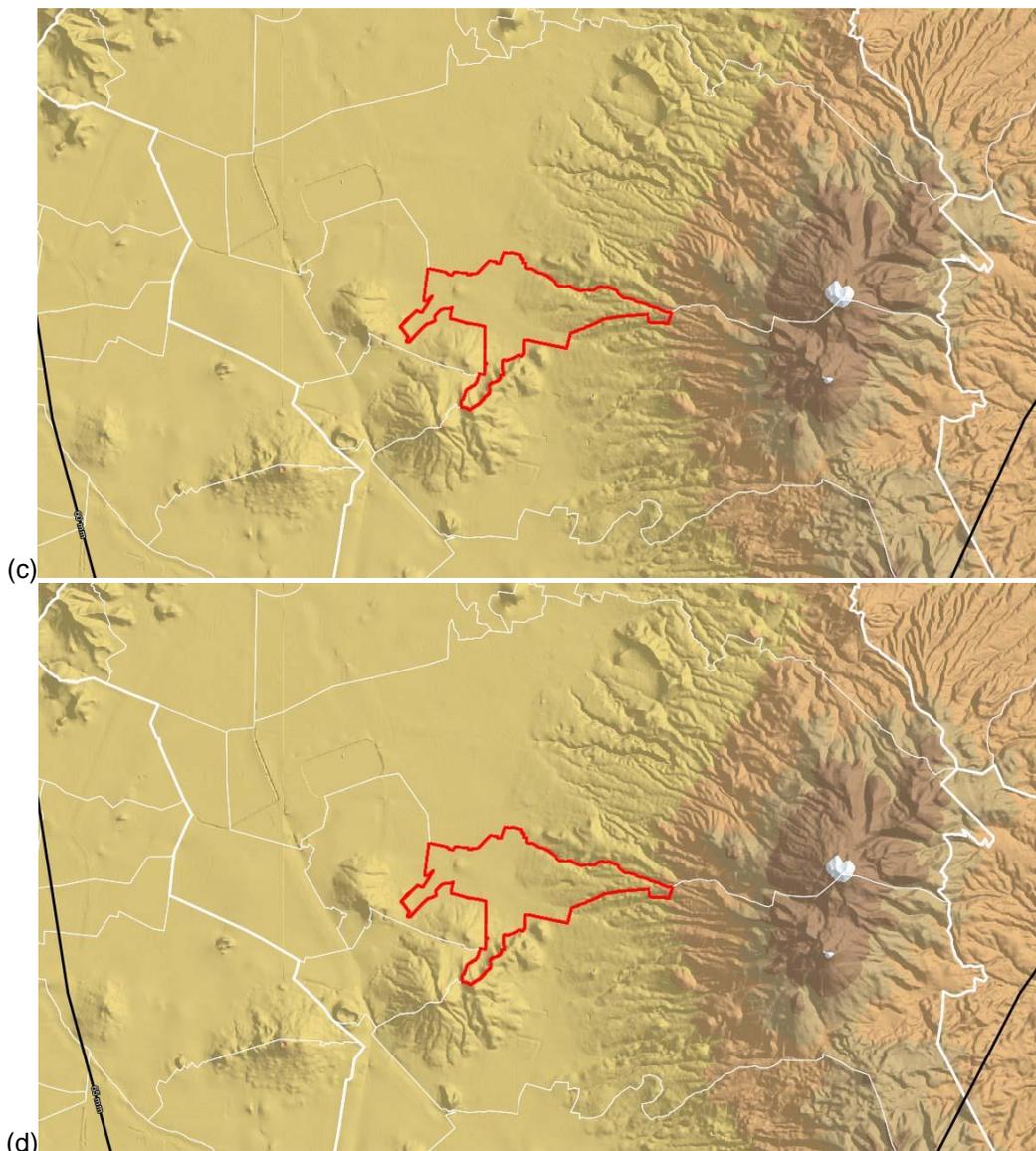


Figura 5.9. Escenarios por lluvias probabilísticas a 5 años (a), 20 años (b), 50 años (c) y 100 años (d), todos con una duración de 1 hora. Fuente: SIATL INEGI.

Vulnerabilidad y Riesgo por Tormentas eléctricas y 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 deslizamientos (en sus diversas modalidades) e inundaciones. La vulnerabilidad a los deslizamientos, como se trató en el apartado correspondiente, es baja en el municipio de Chicoloapan, pero en el caso de las inundaciones,

la vulnerabilidad es alta, como se presentará más adelante, debido a la también escasa protección contra tales eventos. Por extensión, la vulnerabilidad es alta en el caso de las lluvias y tormentas eléctricas. Se insiste en el hecho de que la exposición a la lluvia no es directa, sino asociada a los daños colaterales que ocasiona.

El **riesgo por lluvias extraordinarias y tormentas eléctricas es ALTO** para todo el municipio de Chicoloapan, ya que históricamente los mayores desastres han sido detonados por este fenómeno.

5.2.3 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

En el caso del municipio de Chicoloapan de Juárez 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.

En el caso de Chicoloapan, se determinó la peligrosidad de la sequía meteorológica mediante el método de María Engracia Hernández, el cual se diseñó para un escenario de cambio climático, 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 Chicoloapan, se encontró que la probabilidad de sequía es leve para todo el municipio, lo que implica que la posibilidad de insuficiencia de agua para los usos agropecuarios y urbanos es baja en un mediano plazo.

Para obtener los resultados anteriormente expuestos, se utilizaron datos de precipitación media mensual de las estaciones meteorológicas cercanas (tabla 5.22); 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 (2007)

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

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

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

Clave SMN	Latitud	Longitud	Elevación
15018 Col. Ávila Camacho	19° 19' N	98° 46' W	2900.0 msnm
15020 Chalco, Chalco	19° 16' N	98° 54' W	2280.0 msnm
15023 Chimalhuacán,	19° 25' N	98° 56' W	2230.0 msnm
15050 Los Reyes, La Paz	19° 22' N	98° 59' W	2245.0 msnm
15167 El Tejocote (Texcoco)	19° 27' N	98° 54' W	2485.0 msnm
15170 Chapingo, Texcoco	19° 30' N	98° 53' W	2250.0 msnm

Tabla 5.22 Estaciones meteorológicas usadas para determinar el índice de severidad de la sequía. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

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. En general, se estima que la vulnerabilidad ante una sequía es media para todo Chicoloapan.

En relación con lo anterior y debido a que la probabilidad de sequía a futuro es baja, se estima que para el Municipio de Chicoloapan, el **riesgo de sequía es BAJO** (ver mapa 5.16 en el anexo cartográfico).

5.2.4 Temperaturas máximas extremas

Las temperaturas máximas extremas son un peligro en las áreas en las durante más de 3 horas por día en temporada de verano, la temperatura ambiente es superior a las temperaturas máximas promedio. En general, en los días calurosos los riesgos mayores se encuentran en las enfermedades gastrointestinales derivadas de la putrefacción de los alimentos, particularmente de aquellos preparados sin normas de higiene en la calle; en la deshidratación, tanto de las plantas como de los animales y humanos; incendios en la vegetación natural; y en algunos casos insolación (enfermedad por exposición prolongada al sol).

Peligro por temperaturas máximas extremas

En el municipio de Chicoloapan, debido a su ubicación en el Valle de México donde la temperatura es templada, y hay nubosidad durante la mayor parte del verano, este fenómeno no se presenta de manera significativa. Sin embargo, a través de la historia se han presentado casos en los que ha habido un incremento sustancial de la temperatura promedio, e incluso superior al promedio de temperaturas máximas.

De acuerdo con el análisis de datos realizado para las estaciones con respecto a la zona de Chicoloapan de Juárez, las temperaturas máximas extremas registradas abarcan desde los 31°C a 35°C. Las zonas de mayor peligro por la presencia de temperaturas máximas extremas en la época más cálida del año, corresponden con la extensión de la zona urbanizada del municipio. Las zonas están definidas por los intervalos de temperaturas de 34°C a 35°C y >35°C, que comprenden altitudes inferiores a los 2,300 metros. Estas temperaturas pueden llegar a ocasionar problemas de salud (aumento en las causas de morbilidad gastrointestinal y problemas de deshidratación) en la población que conforma grupos vulnerables principalmente.

En lo que respecta a los intervalos de temperatura restantes (<31°C a los 34°C, con altitudes de los 2,300 a más de 2,600 metros), por distribuirse en las zonas no habitadas no representa un factor de peligro hidrometeorológico para los habitantes, sin embargo, en esta zona las temperaturas máximas extremas pueden llegar a favorecer condiciones propicias para incendios forestales, disminución de la humedad ambiental y del terreno, que redundaría en complicaciones para las actividades productivas de tipo agrícola, además de afectar a la flora y la fauna.

Se analizó la temperatura máxima promedio y temperatura máxima absoluta. En el caso del primero, se observa que las temperaturas máximas que habitualmente se presentan el municipio de Chicoloapan son de 26 a 28°C en la zona oeste; de 25 a 26°C en el centro; y de 22 a 20° C en el este. Como se indica, las temperaturas máximas promedio son de baja intensidad como para representar un peligro habitual. Sin embargo, se calcula que las temperaturas máximas esperadas pueden ser de 33 a 36°C para la cabecera municipal; de 33 a 31°C para la zona centro y oriente.

En general, se estima que el peligro por temperaturas elevadas para este municipio inicia a los 28°C, por lo que este tipo de fenómenos afectaría todo el territorio del municipio, principalmente la porción poniente, que además en la que se encuentra poblada.

Para la realización de este mapa se interpolaron los valores máximos promedio y máximos absolutos de las estaciones cercanas a Chicoloapan y enlistadas en la tabla 5.22 (ver mapa 5.17 en el anexo cartográfico).

Vulnerabilidad y riesgo por temperaturas extremas

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:

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

Tabla 5.23 Vulnerabilidad por altas temperaturas. Fuente: SEDESOL (2011).

El riesgo asociado a los fenómenos de temperaturas extremas absolutas es **MEDIO** y se desglosa de la siguiente manera:

AGEB	Colonias	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010062	El Tejocote	Alto	Bajo	Medio
1502900010081	Ejercito del Trabajo, Emiliano Zapata	Alto	Bajo	Medio
1502900010113	Ampliación Santa Rosa	Alto	Bajo	Medio
1502900010128	Santa Rosa, Auris 2, Auris 3	Alto	Bajo	Medio
1502900010132	Corte Huatongo	Alto	Bajo	Medio
1502900010147	Santa Rosa	Alto	Bajo	Medio
1502900010166	San Vicente, Presidentes	Alto	Bajo	Medio
1502900010170	Tlalel, México 86	Alto	Bajo	Medio
1502900010185	San José, Auris 1	Alto	Bajo	Medio
150290001019A	Revolucion	Alto	Bajo	Medio
1502900010202	Venustiano Carranza	Muy alto	Bajo	Alto
1502900010217	Francisco Villa	Alto	Bajo	Medio
1502900010221	Emiliano Zapata	Alto	Bajo	Medio
1502900010236	Santa Rosa	Alto	Bajo	Medio
150290001026A	Ex Hacienda Tlalmimilolpan	Medio	Bajo	Medio

AGEB	Colonias	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010274	Ciudad Galaxia Los Reyes	Medio	Bajo	Medio
1502900010289	Bonito San Vicente, Real de San Vicente 1, Real de San Vicente 2	Medio	Bajo	Medio
1502900010293	Real de San Vicente 1, Lomas de Chicoloapan 1	Medio	Bajo	Medio
1502900010306	El Arenal 1, El Arenal 2	Alto	Bajo	Medio
1502900010310	El Arenal 2, Los Ángeles, San Antonio	Alto	Bajo	Medio
1502900010325	Lomas de Chicoloapan 1, Lomas de Chicoloapan 2	Medio	Bajo	Medio
150290001033A	Lomas de Chicoloapan 2, Prolongación El Arenal	Medio	Bajo	Medio
1502900010344	Real de Costitlán 1	Medio	Bajo	Medio
1502900010359	Real de Costitlán 1	Medio	Bajo	Medio
1502900010363	Real de Costitlán 2, Geovillas de Costitlán	Medio	Bajo	Medio
1502900010378	Hacienda Piedras Negras	Muy alto	Bajo	Alto
1502900010522	Rancho San Miguel	Medio	Bajo	Medio

Tabla 5.24 Zonificación del riesgo por altas temperaturas.

5.2.5 Vientos Fuertes

Los vientos de mayor intensidad en son los que se producen durante los huracanes; por tanto las zonas costeras, y en particular las que tienen una incidencia más frecuente de huracanes, son las que están expuestas a un mayor peligro por efecto del viento. Sin embargo otros fenómenos atmosféricos son capaces de producir fuertes vientos, por lo que aún en el interior del territorio existen zonas con peligro de vientos intensos. Para que este tipo de fenómeno ocurra se requiere de una topografía plana o semiplana, por lo que el municipio de Chicoloapan entra dentro del rango de zonas que pueden ser potencialmente dañadas por vientos fuertes.

Peligro por Vientos fuertes

En función de las condiciones geográficas de la zona en que está emplazado Chicoloapan, las condiciones promedio de los vientos se refieren de la siguiente forma, según los principales flujos de viento del año 2005 en la zona de estudio y sus alrededores, de horas específicas y que muestran el cambio en la dirección del viento a lo largo del día.

El viento superficial tiene una dirección NE a las 3:00 hrs. cambiando paulatinamente hacia el NW tres horas después. Para las 9:00 hrs. cambia de dirección al NE debido a vientos del N y SE y se mantiene hasta las 18:00 hrs donde el flujo de viento promedio viaja de S a NW terminado el día con dirección SW hacia el NE (ver mapa 5.18 en el anexo cartográfico).

Aunque no se registran vientos fuertes de manera periódica, los peligros hidrometeorológicos identificados por este factor tienen que ver con las rachas de viento ocasional y ventarrones que llegan a darse durante tormentas fuertes, con la fuerza para tirar elementos urbanos como anuncios

espectaculares, árboles, postes y bardas. Aunque la determinación de estas afectaciones dependerá de las condiciones de la estructura urbana municipal y sus elementos.

Vulnerabilidad por vientos fuertes

Los vientos fuertes pueden causar grandes daños en zonas pobladas, siempre y cuando sean planas y no haya barreras orográficas que detengan la fuerza de los vientos. El municipio de Chicoloapan, a pesar de ser predominantemente plano en la zona habitada del poniente, está rodeado por varias estructuras orográficas que impiden que los vientos tengan fuerza destructiva. Por ello, la exposición y vulnerabilidad a este tipo de fenómenos es baja.

Con base a lo anterior, **el riesgo por vientos fuertes se determina como BAJO.**

5.2.6 Inundaciones

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 por Inundaciones

Las inundaciones son uno de los peligros más comunes en Chicoloapan, a menudo las inundaciones se desarrollan lentamente, pero las más dañinas son repentinas e incluso finalizan en sólo unos minutos, 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 lodos y 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 riesgo de inundación es muy alto en casi todas las zonas que se ubican en las márgenes de los dos principales y únicos ríos que pasan por la zona poblada, el Coatepec y El Río Manzano. Estos ríos en general, están debidamente canalizados y reforzados con bordos, pero la violencia con que descienden las aguas de la parte alta de la subcuenca del Lago de Texcoco (RH26Dn), ha sobrepasado en algunas ocasiones las obras de infraestructura hidráulica del municipio. Dentro de la cabecera municipal, son también susceptibles las áreas bajas, que aunque no están cerca de los ríos pueden inundarse debido a que las aguas llegan por hasta esos lugares y los anegan.

El relieve que comprende principalmente el municipio de Chicoloapan de Juárez es de los tipos planicie aluvial y piedemonte, y en menor medida lomeríos y planicie lacustre. De tal manera que la manifestación

de las zonas de inundación se ven influidas por la dirección principal de los escurrimientos superficiales, agrupados de la siguiente manera:

- A) De las zonas Este a Oeste (con los ríos Coatepec y Manzano, que acarrean materiales desde los piedemontes altos y las laderas montañosas de la Sierra Nevada). Estos dos cauces son los que comportan los peligros de mayor atención por inundación en la zona urbana del municipio que se extiende en una planicie aluvial con características acumulativas. El trayecto de ambos cauces hace que colonias como Auris 1, 2 y 3, San José, Santa Rosa, Venustiano Carranza, Nuevo San Vicente, Barrio San Miguel, Barrio Santa Cecilia, Barrio México 86, Barrio Navidad y Tlatel, sean las que se encuentran en mayor riesgo hidrometeorológico por inundación ante la crecida de aguas del río Coatepec, y las colonias Presidentes, Ampliación Presidentes y 2 de Marzo, en la confluencia del Coatepec y el Manzano. En el límite oriental de la zona urbana, en la parte central de ambos ríos (Ejido Tlalmimilolpan), el escurrimiento de aguas también es importante, pues afecta principalmente a los nuevos desarrollos habitacionales construidos de una década a la fecha. Aunque de alguna manera el riesgo se ha mitigado con obras de captación de aguas pluviales (Vaso de Regulación SARE); y,
- B) De Sur a Centro-Oeste (con el río Escalerillas, que acarrea materiales de los piedemontes altos y las laderas del Cerro El Pino y los escurrimientos radiales del Cerro Xolcuango). Las aguas y materiales que transporta el río Escalerillas se depositan finalmente en una zona agrícola de los Ejidos de Chicoloapan, aunque siguen transportándose hacia el oeste, en dirección al antiguo lago de Texcoco, y aportando también a las bajadas del Cerro Xolcuango. Aunque intermitentes, estos escurrimientos acarrean una cantidad importante de material aluvial que complican a la zona urbana del Municipio en su porción sureste, en especial a la infraestructura de drenaje y transporte. Las colonias en riesgo hidrometeorológico por inundación son: Emiliano Zapata, Guadalupe, Revolución y Francisco Villa.

Para obtener esta información, se procedió a recabar información de Protección Civil, ODAS y Dirección de Obras Públicas, tanto documental como oral, y visitas a campo para hacer una evaluación visual de las zonas en peligro. Adicionalmente se realizó cartografía general de inundaciones históricas. Se realizó un levantamiento general de infraestructura dañada y se registró en un mapa con escala 1:23000. Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima para un periodo de retorno de 50 años, que resultó en un promedio de 65mm en una hora en la cabecera municipal. Se elaboró cartografía de zonas inundables.

Para la determinación de zonas inundables se generaron una serie de escenarios de los valores de caudal máximo para los periodos de retorno de 2,10, 50, 100 y 200 años en las áreas que en base a los registros históricos se han presentado las mayores inundaciones, siendo tales los ríos Manzano y Coatepec.

Río Coatepec

El río Coatepec drena las aguas provenientes del poniente del municipio, por lo que a veces las avenidas de agua ocurren sin que se haya observado lluvia en el territorio municipal. Se une al río Manzano y poco después se convierte en un canal subterráneo que drena en el Canal de La Compañía. Lleva agua de lluvia en verano, y todo el año es usado como drenaje urbano al aire libre. En la parte que se ubica dentro de la ciudad de Chicoloapan de Juárez consiste de un cauce poco ancho que está bordeado con terrazas construidas expreso.

El río Coatepec presentó los siguientes valores de caudal máximo en los periodos de retorno de 2, 10, 50, 100 y 200 años:

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	2.59 cm/h	5.80 cm/h	12.97 cm/h	18.35 cm/h	25.95 cm/h
Caudal	59.77 m3/s	133.85 m3/s	299.31 m3/s	423.47 m3/s	598.86 m3/s

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	2631 m
Elevación media:	2436 m
Elevación mínima:	2241 m
Longitud:	13063 m
Pendiente Media:	2.99%
Tiempo de Concentración:	110.79 (minutos)
Área Drenada:	83.08 km ²
Coefficiente de escurrimiento:	10%

Tabla 5.25. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Río Coatepec, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

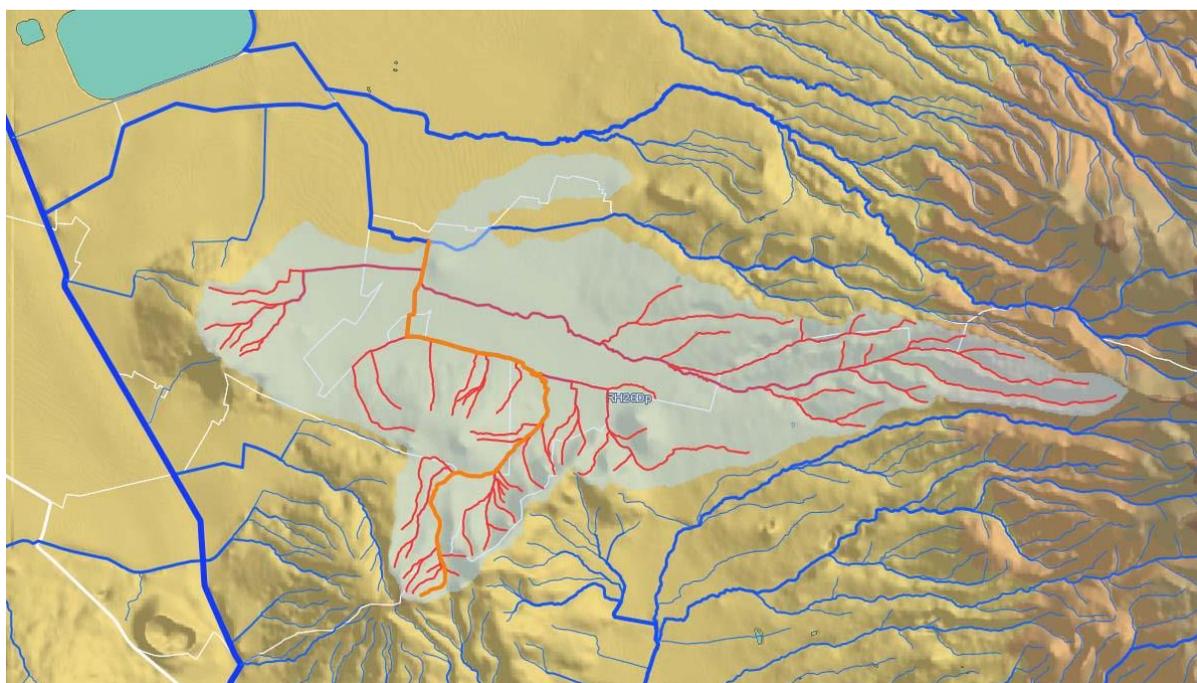


Fig. 5.10 Área drenada por el río Coatepec. Fuente: SIATL INEGI

En base a estos resultados se estima que el Río Coatepec presenta probabilidad de inundar las áreas que se encuentran a las márgenes de su cauce a partir de Rancho Grande y hasta su desemboque al río Manzano, siendo las zonas más afectadas la colonia de Navidad y Santa Cecilia. Como obras para evitar inundaciones se sugieren las siguientes:

- Revestimiento del Río Coatepec, en la longitud que cruza todo el municipio de Chicoloapan (6.60 km)
- Construcción rehabilitación y mantenimiento de muros gavión de las barrancas del oriente
- Desazolve de la Barranca del Diablo,



Fig. 5.11 Aspecto de una porción del cauce del Río Manzano, que ha sido reforzado con costales de arena debido a una reciente inundación; una testigo del evento señala la altura que alcanzó el agua dentro de su domicilio.

Río Manzano

El Río Manzano es un cauce que drena una pequeña área y que sólo en época de lluvias trae agua, aunque se ha aprovechado su trazo para descargar aguas residuales domesticas. En circunstancias normales, sería un cauce poco significativo, pero adquiere mayor relevancia debido a que las obras hidráulicas de canalización, han sido superadas en eventos extraordinarios. Se ubica en el norte del municipio, al cual atraviesa en sentido E-W, y está canalizado en su totalidad dentro de la cabecera municipal.

El río Manzano presentó los siguientes valores de caudal máximo:

Periodo de Retorno:	2 años	10 años	50 años	100 años	200 años
Intensidad de la Lluvia:	2.66 cm/h	5.95 cm/h	13.31 cm/h	18.82 cm/h	26.62 cm/h
Caudal	16.44 m ³ /s	36.77 m ³ /s	82.26 m ³ /s	116.31 m ³ /s	164.52 m ³ /s

Concepto	Unidad
Elevación máxima:	3094 m
Elevación media:	2667 m
Elevación mínima:	2241 m
Longitud:	16332 m
Pendiente Media:	5.22%
Tiempo de Concentración:	104.82 (minutos)
Área Drenada:	22.25 km ²
Coefficiente de escurrimiento:	10%

Tabla 5.26. Caudales máximos para varios periodos de retorno en el Río Manzano, y valores considerados para el análisis. Fuente: SIATL INEGI.

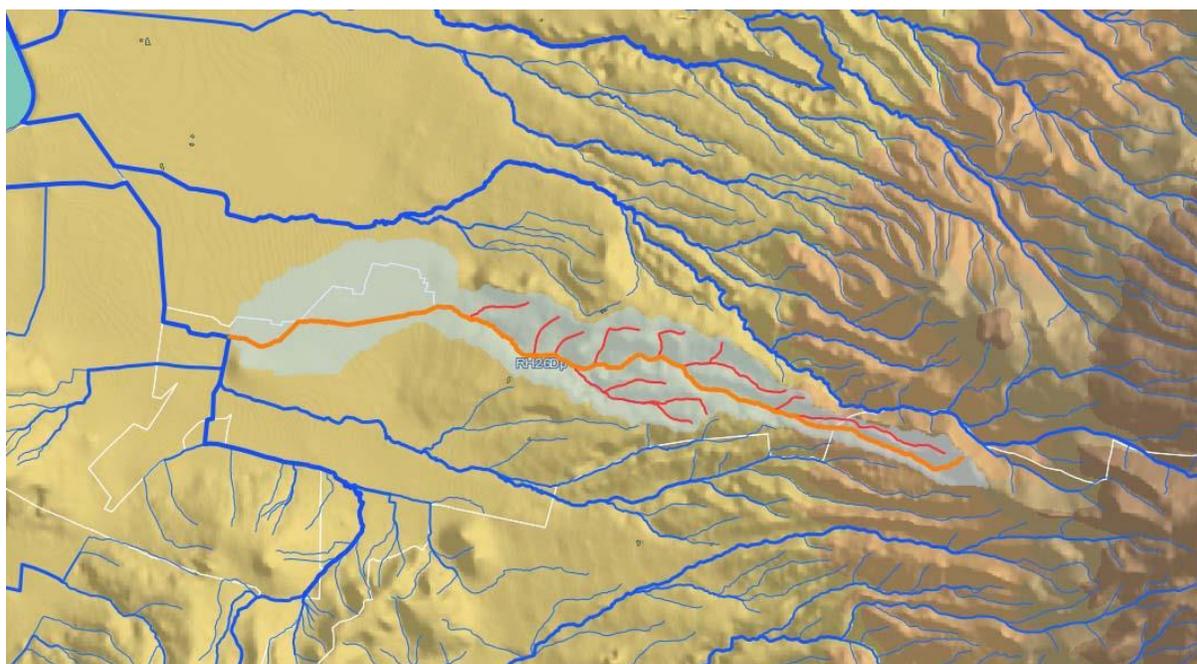


Fig. 5.12 Área drenada por el Río Manzano al punto en que se une con el río Coatepec. Fuente: SIATL INEGI

El caso del Río Manzano es particularmente importante porque a pesar de que no se trata de un área de dren extenso, se han presentado eventos de alta peligrosidad en este sitio, debido principalmente a que

la expansión de la mancha urbana, y los eventos de lluvias extraordinarias ha hecho que las aguas se desborden.

Como obras para evitar inundaciones se sugieren las siguientes:

- Revestimiento de Río Manzano la longitud que cruza todo el municipio de Chicoloapan,
- Limpieza de vasos reguladores en Unidad Hab. Ciudad Galaxia
- Repavimentación de la Av. Emiliano Zapata y Av. Río Manzano, ya que estas funcionan como desalojo para la comunidad en caso de contingencia



Fig. 5.13 Dos aspectos del río Manzano: un drenaje antes de empezar el área urbana, que es sobrepasado en lluvias extraordinarias; y un puente que sirve como embudo de la infraestructura hidráulica, evitando el libre paso de las aguas en verano.

Vulnerabilidad y riesgo por inundaciones

La vulnerabilidad a las inundaciones en el Municipio de Chicoloapan es muy alta debido a tres factores principales:

- a) El crecimiento de la mancha urbana, que gradualmente ha ido acercándose a los cauces de la parte alta, en las porciones donde las avenidas de agua son mas fuertes debido a la pendiente;
- b) la falta de mantenimiento de la infraestructura hidráulica de contención de avenidas extraordinarias, en particular los gaviones del oriente, que se encuentran totalmente azolvados.
- c) La escasa preparación por parte de los nuevos fraccionamientos ante los fenómenos de inundación; hay casas a pocos metros de los cauces sin que medien bordes de contención razonablemente reforzados.

En general, tomando en cuenta el costo que implica para el Municipio, el costo para las familias al perder su patrimonio, se establece que el **riesgo por inundaciones es ALTO**. Para la determinación de riesgos específica de cada área, se tomó en cuenta la evaluación de peligro potencial a un periodo de retorno a 50 años, y se desglosa de la siguiente manera (ver mapa 5.19 en el anexo cartográfico):

AGEB	Colonias	Calles en Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010081	El Tejocote	Av. Del Ferrocarril, Prol. Lerdo, Juan Fernández Albarrán, Jorge Jiménez Cantú	25 viviendas (~125 personas)	Alto
1502900010113	Ejercito del Trabajo, Emiliano Zapata	Av. Emiliano Zapata, Aretes, Petunias, Bugambilia, De Las Flores, Tulipanes, Av. Sta. Rosa,	80 viviendas (~400 personas)	Alto
1502900010128	Ampliación Santa Rosa	Pirules, Margaritas, Av. Sta. Rosa, Av. Emiliano Zapata,	10 viviendas (~50 personas)	Medio
1502900010166	Santa Rosa, Auris 2, Auris 3	Av. Libertad, Leona Vicario	25 viviendas (~125 personas)	Medio
1502900010170	Corte Huatongo	Av. Libertad, Variante, San Pablo, Gaspar, Sta. María, Av. Emiliano Zapata, San José, Melchor Ocampo, Unidad de Navidad, La Barranca,	70 viviendas (~350 personas)	Alto
1502900010185	Santa Rosa	Av. Emiliano Zapata, Progreso, La Noria, Carranza, And. 44, And. 34, And. 39, And. 29, And. 23, And. 18, And. 8, Tula, Tulia, San Miguel, Prol. Lerdo, Nogal, Cedro, Encino, Chopo, Pino, Ahuehuetes, Trueno, Durazno, Cda. De Álamos, Revolución, Jacarandas, 3ra Cda. Pino, Álamo, Higuera, Capulín, Cerezo, Sauce, Fresno	1500 viviendas (~7500 personas)	Alto
150290001019A	San Vicente, Presidentes	20 de Noviembre.	20 viviendas (~100 personas)	Alto
1502900010202	Tlalel, México 86	Prol. Lerdo, Nogal, Cedro, Encino, Pino, Ahuehuetes, La Rosa, Chopos, M. Escobedo, Revolución, 20 de Noviembre, Pascual Orozco, E. Salinas, Plutarco Elías Calles, V. Carranza, Álvaro Obregón, Jacinto Treviño, B. Reyes, Lázaro Cárdenas, Morelos, Laurel.	1200 viviendas (~6000 personas)	Alto
1502900010217	San José, Auris 1	Río Grande, casas Grandes, Torreón, Porfirio Díaz, Orozco, Felipe Ángeles, Doroteo Arango, Canutillo, División del Norte, Ignacio Allende	200 viviendas (~1000 personas)	Alto
1502900010221	Revolución	Prol. Lerdo, Jiménez Cantú	40 viviendas (~200 personas)	Medio
1502900010236	Venustiano Carranza	Margaritas	5 viviendas (~250 personas)	Alto

AGEB	Colonias	Calles en Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010289	Francisco Villa	Urano, Vía Lácteo, Virgo, Tauro, Blvd. Súper Nova, Osa Menor, Llanura, Niebla, Real de Chicoloapan, Perseo, Real de Coalacoayas, San Alberto, Real de las Fuentes, Camino a la Hacienda, Real de las Fuentes, Real de Laureles.	600 viviendas	Alto
1502900010293	Emiliano Zapata	Real de Chicoloapan, Camino a la Hacienda, San Benjamín, San Pedro,	100 viviendas	Alto
1502900010306	Santa Rosa	Río Coatzacoalcos, Río Coahuayana, Río Cazones, Río Casas Grandes, Río Candelaria, Río Bravo, Río Balsas, Río Acajoneta, Av. Emiliano Zapata, Av. Libertad	90 viviendas	Alto
1502900010325	Ex Hacienda Tlalmimilolpan	Real del Monte	10 viviendas	Alto
150290001033A	Ciudad Galaxia Los Reyes	Real del Monte, Real de las Fuentes, Real de Mérida, Real del Prado, Real de Xalisco, Real de Guanajuato, Real de las Haciendas	100 viviendas	Medio
1502900010363	Bonito San Vicente, Real de San Vicente 1, Real de San Vicente 2	Real de Minas	20 viviendas	Medio
1502900010522	Real de San Vicente 1, Lomas de Chicoloapan 1	Los Ángeles, Rancho, Rancho Sta. Cecilia, Rancho Grande, Rancho Viejo, Amapolas, Laureles	60 viviendas	Alto

Tabla 5.27 Zonificación del riesgo por inundaciones.

5.2.7 Masas de aire (heladas y temperaturas bajas)

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 está ampliamente asociado a las temperaturas mínimas extremas, las cuales a diferencia de las heladas, pueden no congelar la humedad del aire, pero suelen ser mucho más persistentes y por lo tanto dañinas. Ambos fenómenos son particularmente dañinos para las personas en situación de indigencia, y en algunos casos para las familias en situación de alta marginación, en donde los niños y adultos mayores son los más vulnerables, llegando a causarles la muerte. En el caso de las heladas, estas representan un riesgo para la agricultura.

Peligrosidad por Heladas y temperaturas bajas

En el municipio de Chicoloapan, las heladas son poco frecuentes durante el año, ya que hay en promedio de 1 a 8 días en invierno con presencia de este fenómeno. En general, las heladas son más comunes al oriente, y tienen un decremento poco significativo hacia el este, en donde se ubica la población. Sin embargo, en la cabecera municipal se registran en promedio 8 días con heladas al año, lo cual lo hace peligroso particularmente para la población indigente.

Con la consulta de la Carta de Efectos Climáticos Regionales E1402 en escala 1:250,000 del INEGI, se identificó la presencia de heladas. Éstas se originan cuando hay cielo despejado y las temperaturas son inferiores a 0°C. Hay dos tipos de heladas: 1) la blanca, que se identifica por la condensación de la humedad reflejada en rocío sobre la superficie de las plantas; y, 2) la helada negra, que tiene lugar cuando la humedad no llega a condensarse afectando severamente las raíces y tallos de la vegetación. Éste segundo tipo representa mayores afectaciones que la helada blanca.

En el municipio se presentan durante los meses de noviembre a febrero, con una extensión de un mes más en las partes altas. Concretamente se distinguen dos zonas de peligro hidrometeorológico, con las siguientes particularidades.

- i. Zona 1: que abarca la parte montañosa donde se presentan de 1 a 8 días en promedio con heladas durante los meses de noviembre a marzo; y,
- ii. Zona 2: que se extiende en la parte baja y urbanizada del territorio municipal, además de la zona ejidal de cultivos, donde también se presentan de 1 a 8 días en promedio con heladas, pero durante los meses de noviembre a febrero.

No obstante las heladas, de acuerdo con el análisis de datos realizado para las estaciones con respecto a la zona de Chicoloapan de Juárez, las temperaturas mínimas extremas registradas se presentan en la época fría del año y abarcan desde temperaturas superiores a -7°C e inferiores a -9°C. Las zonas de mayor peligro por la ocurrencia de este tipo de temperaturas, se corresponde con la extensión de las zonas altas (superiores a los 2,500 msnm) del municipio, una zona intermedia que va de los 2,300 a 2,400 msnm (con temperaturas entre los -7°C y -9°C) y una zona inferior a los 2,200 msnm (con temperaturas superiores a -7°C) (ver mapa 5.20 en el anexo cartográfico).

Vulnerabilidad y Riesgo por Heladas y temperaturas bajas

En el municipio de Chicoloapan, a pesar de la prevalencia generalizada de temperaturas bajas durante los meses fríos, la población ha aprendido a protegerse de este tipo de fenómenos, por lo que hasta ahora no se tienen noticias ni reportes de daños de tipo severo a la población, a los cultivos o a la infraestructura; salvo por las enfermedades estacionales, no se tienen reportes de decesos por frío, presencia de hielo en las vialidades, o caídas en la producción agrícola. Por lo tanto, la vulnerabilidad se toma como moderada, debido principalmente a la alta proporción de niños en la población del municipio.

El Riesgo en general resultó ser **ALTO** para todos los AGEBS.

AGEB	Peligro	Vulnerabilidad	Riesgo
1502900010062	El Tejocote	Muy alto	Alto
1502900010081	Ejercito del Trabajo, Emiliano Zapata	Muy alto	Alto
1502900010113	Ampliación Santa Rosa	Muy alto	Alto
1502900010128	Santa Rosa, Auris 2, Auris 3	Muy alto	Alto
1502900010132	Corte Huatongo	Muy alto	Alto
1502900010147	Santa Rosa	Muy alto	Alto
1502900010166	San Vicente, Presidentes	Muy alto	Alto
1502900010170	Tlalel, México 86	Muy alto	Alto
1502900010185	San José, Auris 1	Muy alto	Alto
150290001019A	Revolucion	Muy alto	Alto
1502900010202	Venustiano Carranza	Muy alto	Alto
1502900010217	Francisco Villa	Muy alto	Alto
1502900010221	Emiliano Zapata	Muy alto	Alto
1502900010236	Santa Rosa	Muy alto	Alto
150290001026A	Ex Hacienda Tlalmimilolpan	Muy alto	Alto
1502900010274	Ciudad Galaxia Los Reyes	Muy alto	Alto
1502900010289	Bonito San Vicente, Real de San Vicente 1, Real de San Vicente 2	Muy alto	Alto
1502900010293	Real de San Vicente 1, Lomas de Chicoloapan 1	Muy alto	Alto
1502900010306	El Arenal 1, El Arenal 2	Muy alto	Alto
1502900010310	El Arenal 2, Los Ángeles, San Antonio	Muy alto	Alto
1502900010325	Lomas de Chicoloapan 1, Lomas de Chicoloapan 2	Muy alto	Alto
150290001033A	Lomas de Chicoloapan 2, Prolongación El Arenal	Muy alto	Alto
1502900010344	Real de Costitlán 1	Muy alto	Alto
1502900010359	Real de Costitlán 1	Muy alto	Alto
1502900010363	Real de Costitlán 2, Geovillas de Costitlán	Muy alto	Alto
1502900010378	Hacienda Piedras Negras	Muy alto	Alto
1502900010522	Rancho San Miguel	Muy alto	Alto

Tabla 5.28 Zonificación del riesgo por heladas y bajas temperaturas.