

**SEDATU**  
SECRETARÍA DE  
DESARROLLO AGRARIO,  
TERRITORIAL Y URBANO



# Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Cuajimalpa, Distrito Federal, 2013.

*Entrega Final 2013*



**Fecha: 27 de diciembre de 2013**

**Entrega Final**

**Número de expediente: PP13/09004/AE/1/0053**

**Delegación Cuajimalpa, Distrito Federal**

**EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.**

**Av. de las Fuentes 509, Colonia Jardines del Pedregal de San Ángel,**

**Del. Álvaro Obregón, C.P. 01900, México D.F.**

**Tel: (55) 55 32 04 81, [www.emcapital.mx](http://www.emcapital.mx)**

ESTE PROGRAMA ES DE CARÁCTER PÚBLICO, NO ES PATROCINADO NI PROMOVIDO POR PARTIDO POLÍTICO ALGUNO Y SUS RECURSOS PROVIENEN DE LOS IMPUESTOS QUE PAGAN TODOS LOS CONTRIBUYENTES. ESTA PROHIBIDO EL USO DE ESTE PROGRAMA CON FINES POLÍTICOS, ELECTORALES, DE LUCRO Y OTROS DISTINTOS A LOS ESTABLECIDOS. QUIEN HAGA USO INDEBIDO DE LOS RECURSOS DE ESTE PROGRAMA DEBERÁ SER DENUNCIADO Y SANCIONADO DE ACUERDO CON LA LEY APLICABLE Y ANTE LA AUTORIDAD COMPETENTE.

## PRÓLOGO

*La realización de estudios científicos y la confección de mapas de peligro y riesgo por amenazas de origen natural, ha sido cada vez más relevante durante las últimas décadas en muchas ciudades del mundo, debido, en gran medida, al impacto que tienen estos fenómenos sobre la población y sus bienes. En el caso del Distrito Federal (D.F.), el análisis detallado de los peligros y los riesgos resulta indispensable, debido a la creación y expansión de desarrollos urbanos hacia zonas susceptibles a presentar uno o varios fenómenos perturbadores de origen natural, tales como: sismicidad, vulcanismo activo, hundimiento y agrietamiento del terreno, procesos de remoción en masa, avenidas súbitas de agua e inundaciones, heladas y granizadas, tormentas eléctricas, entre otros. Los peligros naturales en el Distrito Federal, dependen en gran medida de la posición geográfica: se tiene que 28 % del área del D.F. se encuentra en zonas planas, donde los principales peligros son el hundimiento y agrietamiento del terreno, inundaciones así como sismicidad proveniente de la región de las costas del Pacífico, principalmente. El 72 % restante se encuentra en zonas altas, con topografía accidentada, donde los principales peligros serán predominantemente los deslizamientos de ladera, la caída y volteo de rocas, los flujos de lodos y detritos, las avenidas súbitas de aguas, procesos favorecidos por las lluvias y en ocasiones por la acción antrópica.*

*Un rasgo geomorfológico muy particular, que incide en la generación de peligros naturales, lo conforman las barrancas ubicadas al poniente de la Ciudad de México, en la Sierra de las Cruces. Estas zonas son áreas de captación, escurrimiento y recarga del acuífero de la Ciudad de México, regulan el régimen térmico, modifican la velocidad del viento, captan partículas suspendidas en el aire, reducen las ondas sonoras y ayudan a la sustentabilidad de la ciudad, siendo por lo tanto muy importantes desde el punto de vista geológico, ecológico y social. Desafortunadamente, el desmesurado crecimiento de la mancha urbana, generalmente de manera irregular, hacia las partes montañosas de la Sierra de las Cruces y particularmente en la Delegación Cuajimalpa de Morelos, ha ocasionado la invasión y ocupación de zonas de barrancas. Este fenómeno trae como consecuencia que tanto las personas como la infraestructura se encuentren ante una eventual condición de riesgo en caso de eventos geológicos y meteorológicos importantes. En las barrancas existen casas en riesgo de colapsarse, ya sea por estar construidas en los bordes de los cauces y muchas veces en terrenos que han sido rellenos sin un tratamiento geotécnico adecuado. Por otro lado, las invasiones han generado el depósito de residuos sólidos, aguas residuales y desechos peligrosos, los cuales no sólo afectan a las personas que viven en esas zonas sino a gran parte de la Ciudad de México, debido a la contaminación del acuífero. En este sentido, el Atlas de Riesgos de la Delegación Cuajimalpa, será una herramienta invaluable ya que se conocerá la localización así como el tipo de peligro que puede presentarse. La generación de mapas de peligro y riesgo por fenómenos naturales tendrá un impacto inmediato en la ciudadanía, ya que será posible emplearlos para orientar las labores de prevención y mitigación, para establecer políticas de conservación y restauración ecológica, así como para regular el crecimiento urbano.*

*El compromiso de las autoridades delegacionales es reducir y mitigar los riesgos a través de una adecuada infraestructura (evolucionando de acciones reactivas a preventivas), de una capacitación constante aunado al fortalecimiento de las capacidades de respuesta. La realización del presente Atlas de Riesgos fue posible gracias a la valiosa contribución de la Delegación Cuajimalpa de Morelos, Protección Civil, y al apoyo de la Secretaría de Desarrollo, Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), a través del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos. Nuestro profundo reconocimiento y agradecimiento a todos aquellos que hicieron posible la realización de este importante trabajo.*

*Dr. Víctor Carlos Valerio.*

## ÍNDICE

CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción .....	5
1.1. Introducción .....	5
1.2. Antecedentes.....	7
1.3. Objetivo.....	9
1.4. Alcances .....	9
1.5. Metodología General .....	9
1.6. Contenido del Atlas de Riesgo .....	12
1.7. Fundamento Jurídico.....	12
CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio.....	13
2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica.....	13
CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural .....	19
3.1. Fisiografía .....	19
3.2. Geomorfología .....	20
3.3. Geología .....	21
3.4. Edafología.....	23
3.5. Hidrología.....	26
3.6. Cuencas y Sub-cuencas.....	27
3.7. Clima .....	29
3.8. Uso de suelo y vegetación .....	31
3.9. Áreas naturales protegidas .....	34
3.10. Problemática ambiental.....	35
CAPÍTULO IV. Caracterización de los elementos sociales, económicos y demográficos.....	37
4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, pirámide de edades, mortalidad, densidad de población.....	37
4.2. Características sociales (escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, pobreza) .....	42
4.3. Principales actividades económicas en la zona.....	56
4.4. Características de la población económicamente activa .....	57
4.5. Reserva territorial.....	58
CAPÍTULO V. Identificación de riesgos, peligros y vulnerabilidad ante fenómenos perturbadores de origen natural.....	60
5.1 Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Geológico.....	60
5.1.1. Erupciones volcánicas.....	60
5.1.2. Sismos.....	75

5.1.3.	Tsunamis .....	89
5.1.4.	Inestabilidad de laderas (deslizamientos, caídos y volteos, flujos de lodos y detritos).....	90
5.1.5.	Hundimientos.....	150
5.1.6.	Subsidencia .....	150
5.1.7.	Agrietamientos.....	150
5.2.	Riesgos, peligros y/o vulnerabilidad ante fenómenos de origen Hidrometeorológico .....	152
5.2.1.	Ondas cálidas y gélidas.....	152
5.2.2.	Sequías.....	157
5.2.3.	Heladas.....	158
5.2.4.	Tormentas de granizo.....	160
5.2.5.	Tormentas de nieve.....	161
5.2.6.	Ciclones tropicales.....	164
5.2.7.	Tornados.....	164
5.2.8.	Tormentas polvo.....	164
5.2.9.	Tormentas eléctricas .....	164
5.2.10.	Lluvias extremas.....	171
5.2.11.	Inundaciones pluviales, fluviales, avenidas súbitas .....	171
5.2.12	Viento.....	186
CAPÍTULO VI. Anexo.....		189
6.1.	Glosario de Términos.....	189
6.2.	Bibliografía.....	194
6.3.	Reporte de Campo y Obras de Mitigación .....	199
6.4.	Metadatas.....	199
6.5.	Relación de Colonias-AGEBS.....	199
6.6.	Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas.....	206
6.7.	Agradecimientos .....	206

## CAPÍTULO I. Antecedentes e Introducción

### 1.1. Introducción

El crecimiento de la mancha urbana hacia la zona montañosa de la Sierra de las Cruces, ha propiciado la ocupación, muchas veces de manera irregular, de zonas de cauces y barrancas. En la Delegación Cuajimalpa, este fenómeno trae como consecuencia que tanto las personas como la infraestructura se encuentren en una condición de riesgo ante fenómenos hidrometeorológicos y geológicos. De esta forma, la delegación es afectada preponderantemente por grandes avenidas de agua, deslizamientos, derrumbes, flujos canalizados de lodos y detritos, minas, inundaciones, bajas temperaturas, por mencionar algunos. En las zonas de barrancas existe un gran número de viviendas en riesgo de colapsarse, muchas de ellas construidas en los bordes de los cauces. El depósito de residuos sólidos y el vertido de aguas residuales y desechos peligrosos en las barrancas, afecta a las personas que habitan en esas zonas y finalmente a la Ciudad de México, debido a la contaminación del acuífero. De acuerdo con el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa, los siguientes elementos de riesgo impactan el desarrollo urbano:

- Fallas geológicas
- Deslaves
- Inundaciones.



**Fig. 1.1. Aspecto de los taludes y de los cortes sin obra adecuada de estabilización. Barranca Santa Rita.**



**Fig. 1.2. La erosión remontante paulatinamente va afectando la seguridad de las viviendas.**



**Fig. 1.3. Viviendas con los cimientos en posición de cantiléver.**

Por lo tanto, resulta impostergable que la delegación cuente con un Atlas de Riesgos Naturales que sirva como herramienta para afinar los Programas de Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial, generar una estrategia de prevención, orientar las labores durante la atención de emergencias y para continuar avanzando en la Gestión Integral de Riesgos.

En este sentido, la delegación Cuajimalpa ha hecho uso de los beneficios del Programa de Prevención de Riesgos en los Asentamientos Humanos (PRAH), a cargo de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), para realizar acciones –particularmente la elaboración del Atlas de Riesgos- que permitan identificar, analizar, evaluar y mitigar los riesgos naturales, mismos que ya han causado afectaciones a la población.

## 1.2. Antecedentes

Los desastres ocurren en todo el mundo pero de manera particular en México, se han incrementado notablemente en las últimas décadas, debido entre otros factores, al rápido crecimiento poblacional, la urbanización y expansión de las actividades humanas en territorios potencialmente peligrosos, donde procesos socioculturales, políticos y económicos condicionan en gran medida la vulnerabilidad de los asentamientos humanos (Uitto, 1998; Smyth y Royle, 2000; Alcántara-Ayala, 2002). Un caso en específico, se presenta en la delegación Cuajimalpa de Morelos, localizado en el Distrito Federal, donde la urbanización ha modificado el medio físico. Particularmente las condiciones naturales de gran cantidad de barrancas las cuales fluyen los principales ríos son las causantes de diversas inundaciones, así como la topografía abrupta y los asentamientos irregulares y el tipo de suelo juegan papeles importantes como factores detonantes de deslizamiento de tierra.

La Delegación Cuajimalpa de Morelos se encuentra dentro de la Cuenca de México, particularmente en el Valle de México. En un contexto regional, la Delegación se encuentra entre dos regiones Hidrológicas La Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, Cuenca Río Lerma-Santiago, Subcuenca Río Almoloya-Otzolotepec. Cubriendo solo al suroeste de la delegación mientras La Región No. 26 Pánuco, Cuenca Río Moctezuma, Subcuenca Lago Texcoco-Zumpango que ocupa el resto.

Los afluentes principales tienen origen en la Sierra de las Cruces, con una orientación preferencial de N-S y NE-SW, así como gran cantidad de arroyos que sirven tributarios. La mayoría de descargas de aguas negras se dirigen a estos escurrimientos naturales.

En un contexto geológico, la delegación se conforma por suelo de sedimentos de origen volcánico donde predominan arenas gruesas y arcillas conjuntamente con cenizas y vidrio volcánico. Provenientes de rocas preexistentes y derrames volcánicos debido a la presencia de la Sierra colindante y orientada al poniente de la delegación. De acuerdo con el Atlas delegacional de Riesgos, la delegación presenta un riesgo alto a presentar fenómenos geológicos como sismicidad, vulcanismo y deslizamientos de tierra. Por otra parte el gran la urbanización de grandes edificaciones y los asentamientos irregulares sobre áreas protegidas generan alta concentración de contaminación de los Ríos.

La delegación es afectada principalmente por fenómenos de origen hidrometeorológico y geológico. En referente a lo geológico a lo largo del tiempo la manifestación de deslizamiento ha sido uno de los más relevantes para la población y sus efectos pueden reflejarse en pérdidas humanas, daños a la infraestructura, servicios, actividades económicas y daños en la salud. Se han inhibido los asentamientos humanos, principalmente en las zonas que colindan a las barrancas, pues ha sido frecuente la afectación a familias que se ven en la necesidad de abandonar sus viviendas debido a las constantes pérdidas de bienes materiales (Tabla 1.1).

Tabla 1.1. Afectaciones históricas.

REFERENCIA	AÑO	CAUSAS O AFECTACIONES
<b>Las Inundaciones en la Ciudad de México. Problemática y Alternativas de Solución</b> Dr. Ramón Domínguez Mora Vol.1 No.2	1 de Octubre de 2000	En el año 1998 debido al ocupamiento de la mancha urbana sobre los causes y en presencia de lluvias intensas, los escurrimiento generaron daños muy importantes en Cuajimalpa y Milpa Alta, donde perdieron la vida 3 personas y se dañaron muchas casas.
<b>Periódico La Jornada</b> <i>Las cifras de la tragedia.</i> p. 35	Viernes 5 de febrero de 2010,	El 2 de Febrero de 2010 se presentó 36 millones de metros cúbicos de agua. Entre las afectaciones se encuentra varias Delegaciones de las cuales en Cuajimalpa genero apagones.
<b>EL UNIVERSAL</b> <i>LLUVIAS DEJAN 10 FAMILIAS DAMNIFICADAS EN CUAJIMALPA</i> <a href="http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/lluvia-afectaciones-deslaves-inundaciones-948488.html">http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/lluvia-afectaciones-deslaves-inundaciones-948488.html</a>	Viernes 6 de septiembre de 2013	Las lluvias provocaron que 10 familias en riesgo por la presencia de deslaves y 5 cinco casa inundadas como en la Colonia Las Lomas. Afectaciones en diversas colonias como: Vista Hermosa (Una barda se derrumbó), Bosques de las Lomas (dos deslizamientos), Cola de Pato, Santa Fe y Jesús del Monte.
<b>LA JORNADA</b> <i>Causan lluvias dos heridos y deslaves en Cuajimalpa.</i>	26 de Septiembre de 2013	El desgajamiento de un cerro en la colonia San Pablo Chimalpa, pérdida de varios automóviles arrastrados, caída de unos 40 metros cúbicos de tierra sin causar afectaciones mayores a viviendas. En Calzada Tecnológico esquina con Atlita presencia de caídas de árboles, dentro de esa demarcación se deslizaron 10 m <sup>3</sup> de lodo. En varias demarcaciones se presentó inundaciones en El Yaqui, Contadero y Castorena.
<b>AL MOMENTO NOTICIAS</b> <i>DESJAGAMIENTO DE CERROS, CAÍDA DE ARBOLES E INUNDACIONES POR LLUVIAS EN CUAJIMALPA.</i>		Presencia de lluvias atípicas genero deslizamientos de Tierra, seie carros dañados, una mujer lesionada y presencia de inundaciones en vialidades y casa habitación, en colonias como las Galicias,, Chimalpan y ZantlapatlLa
<b>El Excelsior</b> <a href="http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/07/24/910350">http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/07/24/910350</a>	24 de julio de 2013.	La fuerte lluvia y granizo que cayó durante la tarde y noche de ayer martes, provocó un deslizamiento de tierra sobre los carriles de la avenida Prolongación Reforma, a la altura del puente de Conafrut. Camiones Vector, palas y dos trascabos fueron necesarios para retirar de la vialidad vehicular al menos 80 metros cuadrados de lodo que cayó de un cerro. Personal del Sistema de Aguas de la Ciudad de México y personal de Protección Civil de la delegación Cuajimalpa trabajaron coordinadamente para retirar el lodo y las piedras que invadieron todos los carriles de la avenida. Por varias horas, máquinas y personal humano trabajaron a marchas forzadas para liberar la circulación que se vio afectada hacia Santa Fe.

Fuente:

- Las Inundaciones en la Ciudad de México. Problemática y Alternativas de Solución. Dr. Ramón Domínguez Mora. Vol.1 No.2
- Periódico La Jornada <http://www.jornada.unam.mx/2010/02/05/capital/035n2cap>
- EL UNIVERSAL <http://www.eluniversal.com.mx/ciudad-metropoli/2013/lluvia-afectaciones-deslaves-inundaciones-948488.html>
- LA JORNADA <http://www.jornada.unam.mx/2013/09/26/capital/030n1cap>
- AL MOMENTO NOTICIAS <http://www.almomento.mx/aplica-cuajimalpa-operativo-especial-por-intensas-lluvias-en-zonas-de-riesgo/>
- El Excelsior; <http://www.excelsior.com.mx/comunidad/2013/07/24/910350>

### 1.3. Objetivo

Elaborar el *Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Cuajimalpa, Distrito Federal*. a fin de detectar, clasificar y zonificar las áreas de peligros, vulnerabilidad y riesgo por fenómenos perturbadores de origen natural impacten al territorio delegacional.

### 1.4. Alcances

La información temática y de riesgos que conforma el Atlas sirve para: visualización e impresión de mapas a diferentes escalas y formatos según las necesidades del usuario; consulta para la toma de decisiones; análisis de fenómenos multi-riesgo; delimitación de polígonos de actuación y respuesta; integración de bases de datos de eventos pasados; actualización de atenciones a emergencias; adiestramiento y perfeccionamiento de protocolos de respuesta; estadística de qué fenómenos y en qué época del año se presentan más, etc.

Se analizarán a detalle los fenómenos naturales perturbadores que tengan relevancia dentro del territorio delegacional. El riesgo será determinado tomando como base información de INEGI para obtener estimaciones de **población potencialmente afectada**.

#### MAPA BASE

Se generará un mapa base para representar en él todos los temas, e incluirá: localidades (toponimia), vialidades principales, curvas de nivel, hidrografía, principales obras de infraestructura y líneas de comunicación. EM CAPITAL se encargará de integrar la información relevante con que cuente la delegación, misma que será integrada en el Atlas de Riesgos para su consulta, manipulación, análisis y actualización. El Atlas de Peligros y Riesgos será una herramienta estratégica que permitirá formular políticas de planeación urbana, ordenamiento territorial así como estrategias de prevención y mitigación.

Se espera contar con datos de población y vivienda afectada así como con la delimitación de zonas de riesgo, con una escala tal que permita mayor detalle. La información se integrará teniendo como plataforma el software "Arc Gis Desktop versión 10.0", con el fin de manipular, modificar, editar, actualizar la información correspondiente a los riesgos naturales involucrados en este estudio.

### 1.5. Metodología General

Los análisis que integran este documento, se apegan a los términos de referencia denominados: "**Bases para la Estandarización en la Elaboración de Atlas de Riesgos y Catálogo de Datos Geográficos para representar el Riesgo, 2013**" (BEEAR), emitidos por la SEDATU. Asimismo, se toman en cuenta los lineamientos del Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), en sus "**Términos de Referencia y Guía de contenido mínimo para los Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos**".

Las actividades principales que conforman la metodología son:

- 1) Recopilación y análisis de información previa.
- 2) Generación de cartografía base, mapa base y mapas temáticos.
- 3) Análisis de los peligros geológicos, hidrometeorológicos que tengan un impacto en la delegación.
- 4) Trabajo de campo para los principales fenómenos perturbadores, para recabar datos que permitan ponderar y modelar las variables involucradas en los análisis de peligro.
- 5) Análisis de la vulnerabilidad del área de estudio con base en la información disponible (INEGI, CONEVAL).
- 6) Estimación del riesgo por fenómenos geológicos e hidrometeorológicos en términos de viviendas y población potencialmente afectable.
- 7) Recomendaciones para la mitigación. l.

#### **METODOLOGIA PARA PELIGROS GEOLÓGICOS (G)**

##### **1. ERUPCIONES VOLCÁNICAS**

Ubicación dentro del contexto geológico de México.

Aplicación: Ubicar la localidad en estudio, en la cartografía geológica de la República Mexicana. Se hará lo propio para ver el peligro que representa el volcán Popocatepetl.

## 2. SISMOS

Ubicación de la zona en cuestión, en mapas de Aceleración para Periodos de Retorno de 10, 100 y 500 años. Para facilitar la definición de niveles de peligro para un sitio dado, CENAPRED ha definido los mapas más representativos, en función de la vida útil de la gran mayoría de las construcciones, correspondientes a periodos de 10, 100 y 500 años.

## 3. TSUNAMIS

No aplica

## 4. INESTABILIDAD DE LADERAS

Compilación de información de estudios realizados en el territorio objeto de análisis

Localización y clasificación de deslizamientos anteriores.

Descripción de los materiales geológicos.

Representación cartográfica de la información levantada, geo-referenciada con GPS.

Elaboración de cartografía especializada:

Cartografía Geológica.

Cartografía Geomorfológica.

Cartografía morfométrica.

Trabajo de campo:

– Medición de pendientes y altimétrico.

– Levantamiento de información geológico-geomorfológica.

– Clasificación de laderas como indicador de estabilidad o inestabilidad del terreno.

– Confirmación de las zonas susceptibles a deslizamiento.

– Caracterización los sitios con susceptibilidad a deslizamientos.

## 5. FLUJOS

Evaluación de ocurrencia de procesos

Los procesos relacionados con diferentes tipos de flujos presentan una morfología especial en el territorio, la cual puede ser observada y cartografiada.

Los mapas que ayudan en el estudio de los flujos son los siguientes:

– Carta altimétrica

– Carta de pendientes

– Carta de drenaje natural.

## 6. CAÍDOS O DERRUMBES

Investigación sobre antecedentes en la zona de estudio.

Análisis de cartografía temática existente, topografía, geología y uso del suelo, principalmente.

Clasificación de unidades geológicas y geomorfológicas Identificación de textura y estructura de los materiales geológicos.

Trabajo de campo:

– Identificación de afloramientos rocosos

– Localización de afloramientos con sobreescarpado

## 7. HUNDIMIENTOS

No aplica.

## 8. SUBSIDENCIA

No aplica.

## 9. AGRIETAMIENTOS

No aplica.

### **METODOLOGIA PARA PELIGROS HIDROMETEOROLÓGICOS (H)**

## 10. ONDAS CÁLIDAS Y GÉLIDAS

### **NEVADAS**

Se cuantificarán de manera anual los días con Nevadas en la Delegación, se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de nevadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

### **TEMPERATURAS MAXIMAS EXTREMAS**

Obtener los registros de datos climatológicos de varias décadas de temperaturas máximas extremas mensuales.

Establecer los rangos para las isotermas de acuerdo a la distribución del sistema.

Determinar periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

## 11. SEQUÍAS

Consultar mapas de sequía del país a nivel municipal del CENAPRED.

## 12. HELADAS

Visualización ambiental durante o posterior a las heladas en: Flora silvestre, Fauna silvestre, Agricultura, Ganadería, Población. Para ello se realiza trabajo de campo en zonas afectadas.

Registro de temperaturas. Los geofactores más propensos a ser identificados cuando las temperaturas atmosféricas bajan lo suficiente (alrededor de 0°C), son la vegetación natural y los cultivos agrícolas.

## 13. TORMENTAS DE GRANIZO

Se analizarán datos históricos y a partir de un análisis de frecuencias, se obtendrá un mapa de probabilidad de ocurrencia y se tipificará en niveles de peligro.

## 14. TORMENTAS DE NIEVE

Actualmente en las Guías de SEDATU, no se contempla una metodología para analizarlo, pero se generará una serie de datos a la que se ajustará una función de distribución de probabilidad, y se extrapolará la probabilidad de ocurrencia de granizadas a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años.

## 15. CICLONES TROPICALES

No aplica.

## 16. TORNADOS

No aplica.

## 17. TORMENTAS POLVO

No aplica.

## 18. TORMENTAS ELÉCTRICAS

Registros históricos de tormentas eléctricas:

Se calcularán los valores medios de las tormentas de un periodo determinado, que puede ser un mes, una estación del año o los valores medios anuales.

Se trazarán isopletras de un espacio dado o bien pueden usarse rangos representados de varios colores para mostrar la distribución espacial del hidrometeoro.

Se analizarán las tormentas para periodos de retorno a 5, 10, 25 y 50 años.

## 19. LLUVIAS EXTREMAS

No Aplica.

## **20. INUNDACIONES PLUVIALES, FLUVIALES, COSTERAS Y LACUSTRES**

Cartografía general de inundaciones históricas. Se realiza una encuesta de una muestra entre la población y un levantamiento general de infraestructura dañada y se registra en un mapa a escala detallada. La escala de información será de por lo menos 1:10 000.

Se realiza el análisis estadístico de las variables precipitación máxima y caudal máximo (en caso de existir datos de este último).

### **Intersección de las áreas de peligro y de las zonas vulnerables.**

La determinación de las zonas de riesgo dependerá de las áreas de afectación de los peligros sobre la población. Además de la población vulnerable identificada, se deberán tener en cuenta los sitios que se encuentran vulnerables ante los diferentes peligros Naturales, como lo son las iglesias, escuelas, hospitales, zonas deportivas, comerciales, reservas ecológicas, terminales de pasajeros, cuerpos de agua, etc.

La intersección de los peligros identificados y sus áreas de afectación con la zonificación de la vulnerabilidad Social, permitirá establecer cuáles son los riesgos mitigables y los no mitigables, así como su geo-referenciación y las colonias involucradas. Este análisis permitirá obtener como resultado los POLÍGONOS O ZONAS DE RIESGO.

## **1.6. Contenido del Atlas de Riesgo**

El presente documento está estructurado de la siguiente manera:

Capítulo 1. Se refiere a aspectos generales del área de estudio, se plantean los objetivos, los alcances y la metodología general.

Capítulo 2. Consiste en la determinación del área de estudio.

Capítulo 3. Incluye las características físicas del área de estudio, abarcando la fisiografía, geología regional, geomorfología, vegetación y los tipos de uso de suelo, climas y aspectos como la contaminación de las corrientes de agua.

Capítulo 4. Refiere los aspectos sociales, económicos y demográficos más específicos, que detallan el grado de crecimiento demográfico, la dinámica poblacional, indicadores económicos, condiciones y tipo de equipamiento urbano.

Capítulo 5. En este apartado, se realiza el análisis de los peligros y riesgos geológicos e hidrometeorológicos considerados.

Capítulo 6. Finalmente, se presentan los anexos y mapas finales, el glosario, las fichas de campo, el reporte fotográfico así como los datos generales de los responsables del estudio.

## **1.7. Fundamento Jurídico**

El Atlas de Riesgos Naturales delegacional, se constituye como una herramienta integral para la gestión de riesgos y tiene como sustento principal el objetivo 1.6 delineado en el **Plan Nacional de Desarrollo 2012-2018**, emitido por el Gobierno de la República que menciona:

### **Objetivo 1.6. Salvaguardar a la población, a sus bienes y a su entorno ante un desastre de origen natural o humano.**

Este objetivo tiene como estrategia:

#### **Estrategia 1.6.1. Política estratégica para la prevención de desastres.**

Líneas de acción

- Promover y consolidar la elaboración de un Atlas Nacional de Riesgos a nivel federal, estatal y municipal, asegurando su homogeneidad.
- Impulsar la Gestión Integral del Riesgo como una política integral en los tres órdenes de gobierno, con la participación de los sectores privado y social.
- Fomentar la cultura de protección civil y la autoprotección.
- Promover el fortalecimiento de las normas existentes en materia de asentamientos humanos en zonas de riesgo, para prevenir la ocurrencia de daños tanto humanos como materiales evitables.

## CAPÍTULO II. Determinación de la zona de estudio

### 2.1. Determinación de niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

#### Localización

La Delegación Cuajimalpa de Morelos se localiza al suroeste del Distrito Federal entre 19°24' y 19°13' de latitud norte y 99° 15' y 99° 22' de longitud oeste, a una altitud de 2,750 m.s.n.m. Limita al norte con la Delegación Miguel Hidalgo y el municipio de Huixquilucan del Estado de México; al sur con los municipios de Jalatlaco y Ocoyoacac del Estado de México; al oriente con la Delegación Álvaro Obregón y al poniente con los municipios de Ocoyoacac, Lerma y Huixquilucan, pertenecientes al Estado de México. Ocupa una superficie de 8,095.00 ha., de acuerdo con la Línea que delimita el suelo de Conservación y las modificaciones a los Límites Delegacionales publicados en el Diario Oficial, de las cuales 1,622.00 ha. (20%) corresponden al Suelo Urbano y 6,473.00 ha. (80.0%) corresponden al Suelo de Conservación. La superficie total de la Delegación representa el 5.1% del total del Distrito Federal. Las vías de acceso a la Delegación se encuentran la Carretera Federal de México-Toluca de norte a sur.

Respecto a su zonificación geotécnica, se encuentra en la Zona 1 de Lomas, formadas por rocas o suelos generalmente firmes que fueron depositados fuera del ambiente lacustre, pero en los que pueden existir, superficialmente o intercalados, depósitos arenosos en estado suelto o cohesivos relativamente blandos. En esta zona, es frecuente la presencia de oquedades en rocas y de cavernas y túneles excavado en suelo para explotar minas de arena, por lo que las Construcciones deben edificarse sobre terrenos que no presenten estas características; o bien, disponer de un tratamiento adecuado, lo que implica una adecuada investigación del subsuelo previa a la construcción. Su territorio está formado por rocas de origen ígneo y existen depósitos de material originados por una erupción volcánica. En ella se encuentra una serie de volcanes más o menos alineados de norte a sur y paralelos a ellos se desarrollan valles profundos y escalonados. Estas formaciones pertenecen a la Sierra de las Cruces.

En su edafología tiene suelos andosoles y luvisoles; los primeros están formados por acumulaciones de cenizas y vidrio volcánico, con horizontes promedio de 10 cm., ricos en materia orgánica, que los convierte en suelos propios para la agricultura, con prácticas adecuadas de manejo y conservación por la fragilidad propia de su espesor.

Estos suelos se localizan principalmente en las zonas abiertas al cultivo en la zona que se encuentra entre los poblados San Pablo Chimalpa y San Lorenzo Acopilco, así como, en la zona situada al oriente del poblado de San Mateo Tlaltenango y en la Zona periférica de Santa Rosa Xochiac, en el paraje conocido como Loma de Doña Juana. En la génesis de los luvisoles, intervienen procesos de acumulación aluvial de arcillas.

Por las características particulares de los predios agrícolas, terrenos con fuertes pendientes, alto índice de precipitación pluvial, horizontes promedio de 10 cm., prácticas inadecuadas de manejo y conservación de suelos y abandono de tierras, los procesos erosivos son particularmente graves, ocasionando pérdida de suelos y por lo tanto capacidad para ser cultivados, dejándolos expuestos a la ocupación por asentamientos humanos irregulares.

En las zonas de mayor altitud existen fallas geológicas, presentándose una serie de fracturas, barrancas y cañadas, donde se infiltran grandes volúmenes de agua precipitada. Hacia la planicie la permeabilidad se hace prácticamente nula, por lo que se forman pequeños cauces, por donde corre superficialmente el agua de lluvia en forma de lodo estacional. Entre las corrientes de agua de la zona destacan los ríos Tacubaya, Santo Desierto y Borracho.

El Suelo de Conservación lo integran 6,473 ha., el 80.0% de su territorio, el cual abarca parte de la conformación montañosa de la Sierra de las Cruces, en ella se ubican el Cerro de los Padres, Teopazulco y Cerro Colorado, El Caballete, El Cochinito, La Palma y Los Hongos, las barrancas Atzoyapan, Hueyatla y Muculoa, las cañadas de Agua Azul, El Rancho, Temaxcalita, Los Helechos, Corral Atlalco, Palomas y San Miguel, así como el arroyo Santo Desierto. Se caracteriza por ser una de las zonas que mayor precipitación pluvial recibe, con 1,300 mm. anuales. Su conformación vegetal está integrada en un 60% por bosque muy denso a base de coníferas y por una zona menor de bosque joven, hacia el sur poniente de la delegación. En ella se encuentran parcialmente: el Parque Nacional Desierto de los Leones, el Parque Nacional Miguel Hidalgo, conocido popularmente como "La Marquesa" y el Valle de las Monjas.

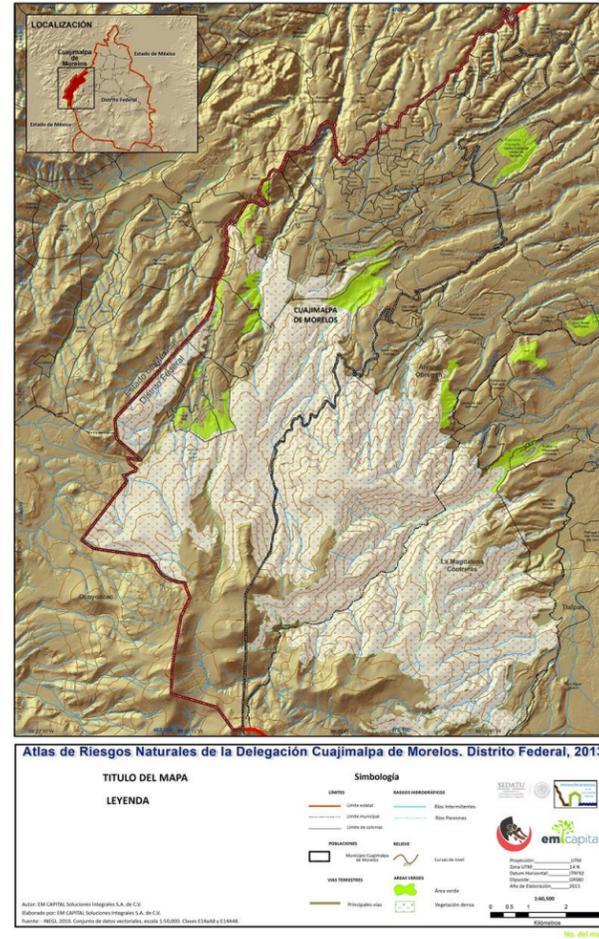


Fig. 2.1. Mapa base de la Delegación Cuajimalpa.

## Barrios y Colonias

Cuajimalpa, cuenta con 4 pueblos de los cuales se dividen 47 colonias.

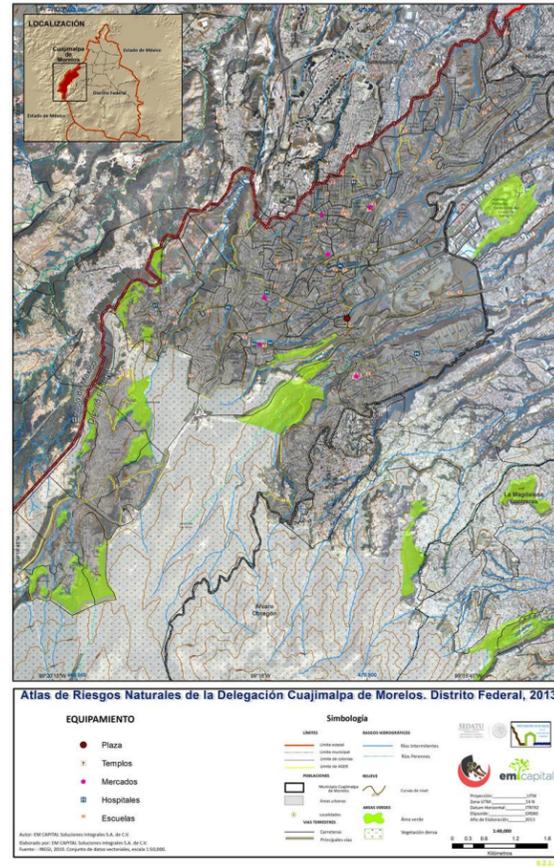
**Tabla 2.1. Nombres y división política de la delegación.**

(Fuente: Plan Delegacional Participativo Para El Desarrollo Rural Sustentable en la Delegación Cuajimalpa de Morelos, México Distrito Federal, 2007).

COLONIAS			PUEBLOS
Adbias Garcia Soto	Adolfo Lopez Mateos	Agua Bendita	El Contadero
Ahuatenco	Amado Nervo	Ampliación El Yaqui	San Pablo Chimalpa
Ampliación Memetla	Bosques de Lomas	El Cacalote	San Lorenzo Acopilco
Cooperación Palo Alto	Cruz Blanca	Cuajimalpa	San Mateo Tlaltenago
El Ebano	Fraccionamiento Palo Alto	Granjas Navidad	-
Granjas Palo Alto	Huiyiquimilpan	El Huizachito	-
Jesus del Monte	LasLajas	Locaxco	-
Loma del Padre	Lomas de memetla	Lomas de San Pedro	-
Lomas de Vista Hermosa	Lomas de Chamizal	Lomas del Ocote	-
Manzanastitla	La Manzanita	Las Moromas	-
Memetla	Mina Vieja	El Mirador	-
El Molinito	Montes de las Cruces	Ocote	-
La Pila	Rosa Torres	Sn José de los Cedros 1ra. Sec.	-
San José de los Cedros 2da. Secc.	Tepetongo	Tianguillo	-
las Tinajas	La Venta	Xalpa	-
El Yaqui	Zentlapatl		-

## Servicios y equipamiento urbano

Alrededor de 1,829 familias viven en 56 asentamientos irregulares por lo que la infraestructura, equipamiento, servicios y seguridad en sus bienes es precaria. Por otro lado, la fuerte inversión inmobiliaria se ha concentrado, en importante proporción, dentro del Programa Parcial Santa Fe el cual, junto con áreas aledañas, presenta posibilidades de impulsar el desarrollo de la delegación.



**Fig. 2.2. Mapa de equipamiento.**

### Niveles de análisis y escalas de representación cartográfica

Los niveles de análisis de los diferentes peligros y riesgos, según las BEEAR, se determinaron a partir del tipo de fenómeno perturbador, su extensión, nivel de afectación y nivel de detalle de la información disponible. Las tablas 2.2. y 2.3. muestran las diferentes escalas y niveles de análisis de acuerdo a cada tipo de peligro considerado.

**Tabla 2.2. Fenómenos geológicos**

Peligro	Nivel conceptual de análisis	Escala de análisis	Escalas
1. Erupciones volcánicas	Nivel 1	Delegacional, localidad urbana	1:60,500
2. Sismos	Nivel 2	Delegacional	1:60,500
3. Tsunamis	No aplica	-	-
4. Inestabilidad de laderas	Nivel 2	Delegacional	1:60,500, 1:10,000
5. Flujos	Nivel 1	Delegacional	1:60,500, 1:10,000
6. Caídos o derrumbes	Nivel 1	Delegacional, localidad urbana	1:60,500, 1:10,000
7. Hundimientos	No aplica	-	-
8. Subsistencia	No aplica	-	-
9. Agrietamientos	No aplica	-	-

**Tabla 2.3. Fenómenos hidrometeorológicos**

Peligro	Nivel conceptual de análisis	Escala de análisis	Escalas
10. Ondas cálidas y gélidas	- Ondas gélidas: Aplica. El análisis se realizará con el método de nivel 2 - Ondas Cálidas: Aplica. El análisis se realizará con el método de nivel 1	Delegacional	1:60,500
11. Sequías	Aplica. El análisis se realizará con el método de nivel 1	Delegacional	1:60,500
12. Heladas	Aplica. El análisis se realizara con el método de nivel 2	Delegacional	1:60,500
13. Tormentas de granizo	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro.	Delegacional	1:60,500
14. Tormentas de nieve	Se analizará, en el cual se obtendrá un mapa probabilidad de ocurrencia y se tipificara en niveles de peligro.	Delegacional	1:60,500
15. Ciclones tropicales	Este peligro que da fuera del análisis, ya que la zona de estudio se encuentra lejos de la línea de costa, y las posibles lluvias que provocaría el evento huracanado, se presentarían como lluvias de larga duración, pero que son parte de su régimen pluvial.	Delegacional	1:60,500
16. Tornados	No aplica.	Delegacional	1:60,500
17. Tormentas polvo	No aplica.	Delegacional	1:60,500
18. Tormentas eléctricas	Aplica. El análisis se realizara con el método de nivel 1	Delegacional	1:60,500
19. Lluvias extremas	No aplica.	Delegacional	1:60,500
20. Inundaciones pluviales, fluviales, costeras y lacustres	Aplica. Se realizará con el método de Nivel 1.	Delegacional	1:60,500, 1:10,000

En el caso del análisis y las fuentes de información de los rubros Sociales, demográficos y económicos, se tendrá la siguiente escala de análisis (Tabla 2.4).

**Tabla 2.4. Niveles de análisis y escalas de elementos sociales-demográficos y económicos**

<b>Elementos sociales, económicos y demográficos</b>	<b>Metodología y fuentes de información</b>	<b>Nivel de análisis</b>	<b>Escalas</b>
Distribución de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Densidad de población	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Grado de escolaridad	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Grados de marginación	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Viviendas sin energía eléctrica	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Viviendas sin agua	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Viviendas sin drenaje	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Hacinamiento	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Equipamiento urbano	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000
Asentamientos irregulares	INEGI, CONEVAL	Municipal, Localidad urbana	1:40 000

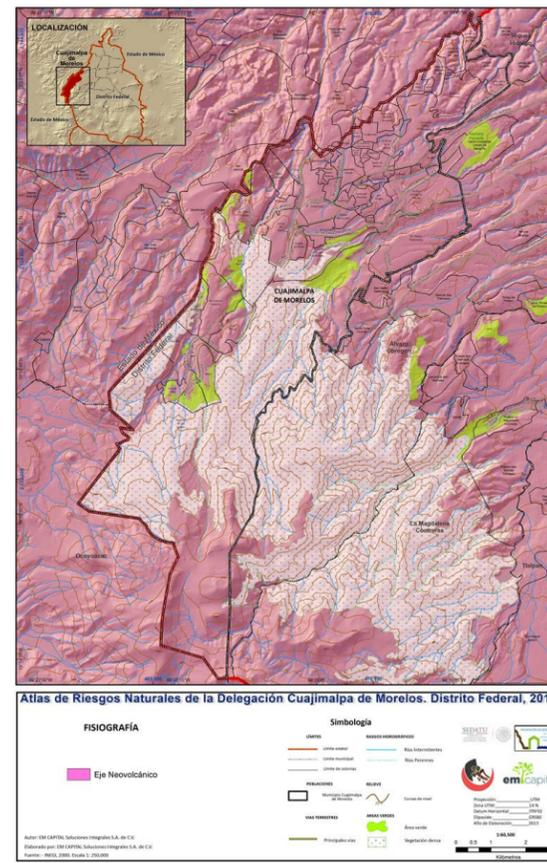
## CAPÍTULO III. Caracterización de los elementos del medio natural

### 3.1. Fisiografía

La Delegación está situada dentro de la Cuenca de México, al poniente de Distrito Federal y en la región fisiográfica del Eje Neovolcánico. Pertenece a la Zona I de Lomas (zonas formadas de rocas y suelo depositados en un ambiente lacustre) del Antiguo Lago de la Cuenca de México. Colinda al poniente con la Sierra de las Cruces donde al pie de Talud los depósitos presentan poca cohesión ya que están compuestos de arenas de origen lacustre, estos depósitos sedimentarios de origen ígneo. En la parte alta, las zonas rocosas desarrollan valles profundos y escalonados presentando oquedades. Una de las manifestaciones de la acción antrópica en la modificación del relieve es la realización de cortes en las laderas para la ampliación y construcción de viviendas, muchas veces con deficiencias en los procedimientos constructivos, así como la explotación de minas a cielo abierto para la extracción de material (grava y arena principalmente).

**Tabla 3.1. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<b>Fisiografía</b>		
Eje Neovolcánico	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %



**Fig. 3.1. Mapa de fisiografía.**

### 3.2. Geomorfología

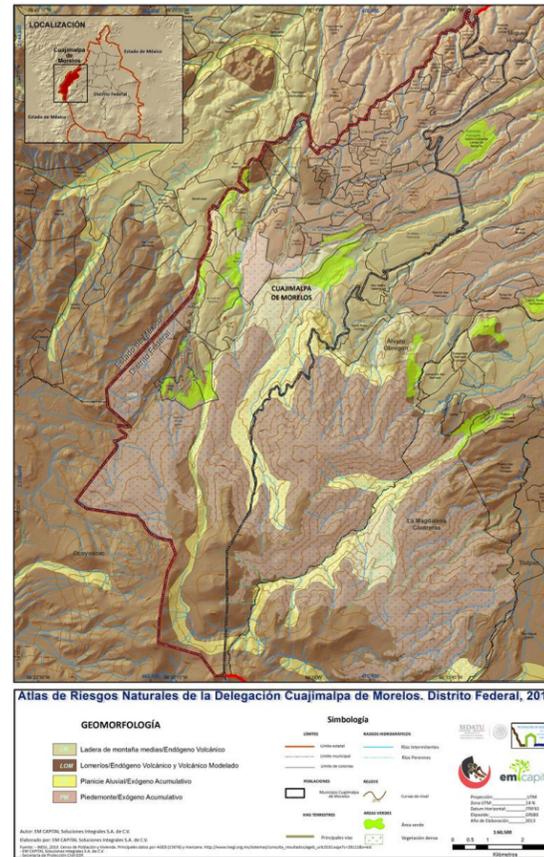
El territorio de la Delegación Cuajimalpa se asienta en la parte de la Sierra de las Cruces (Fig. 3.2, Tabla 3.2), cuyo relieve está formado por rocas de origen ígneo, y existen depósitos de material originados por eventos volcánicos (Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de Cuajimalpa de Morelos 2010):

- **Lomeríos:** son la manifestación de acumulación de material volcánico en forma de domos. Presentándose en la zona centro- sur de la Delegación conformado por roca andesítica.
- **Laderas de montaña media,** forma inclinada sobre la horizontal y se manifiesta concordante mente con la presencia de flujo de bloques y cenizas.
- **Piedemonte,** suave declinación antecedida por una ladera manifestando los depósitos de lahar.
- **Planicie aluvial,** depósitos aluviales, vienen de la desgregación de las rocas preexistentes y depositado en zonas de valles.

Según García-Palomo et. al. 2008, en la descripción de la SC en el bloque sur zona donde se encuentra el volcán San Miguel describe sistema lineal de pilares donde la presencia de drenajes centrífugos que van desvaneciendo hacia los alrededores manifestando valles profundos y escalonados.

**Tabla 3.2. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<i>Geomorfología</i>		
Ladera de montaña	17468700 m <sup>2</sup>	24.3 %
Lomeríos	26929000 m <sup>2</sup>	37.4 %
Piedemonte	21201000 m <sup>2</sup>	29.4 %
Planicie aluvial	6395000 m <sup>2</sup>	8.9 %



**Fig. 3.2. Mapa de geomorfología.**

### 3.3. Geología

El área en la que se encuentra la Delegación, forma parte de la Sierra de las Cruces (SC), la cual tiene una edad que varía del Mioceno tardío al Pleistoceno. Su territorio está formado por rocas de origen ígneo y existen depósitos de material asociado a la erupción de volcanes colindantes como el Volcán San Miguel, que se encuentra en las cercanías de la Delegación, así como de depósitos de abanicos volcánicos (Formación Tarango) (Síntesis Geotécnica de la Cuenca del Valle de México. TGC Geotecnia. Febrero 2005). El Tipo de roca que presenta va de acida a básica como Basalto pasando hasta pómez.

La SC tiene una edad aproximada de  $3.7 \pm 0.40$  Ma. En los Periodos entre el Plioceno y Pleistoceno, finales del Terciario y principios de Cuaternario. Su actividad presenta derrames de lava, domos andesíticos, dacíticos, con alternancia de flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez y oleadas piroclásticas. (Mooser et al., 1974). Las secuencias exógeno-sedimentarias y su expresión morfológica se interrumpen por series de coladas de lava, flujos piroclásticos (de bloques y ceniza), lahares o por material de caída, dando como resultado lomeríos.

Se considera que el origen de la sierra se debe a que sus productos se emplazaron a través de sistemas de fallas de dirección N-S (Mooser, 1972; Demant, 1978; Alaniz- Alvarez et al., 1998). La SC está conformada por una variedad de rocas, al sur de la sierra y en las inmediaciones de la cuenca de México, sus productos descansan sobre calizas del Cretácico.

La Carta Geológica-Minera de la Ciudad de México E14-2, del SGM en la columna geológica, describe los depósitos según la época:

La capa más superficial está constituida por aluvión del Holoceno, sobreyace sobre depósitos lacustres, de la misma época, pero con una mayor antigüedad. A su vez sobreyace sobre depósitos de Andesitas y Basalto en contacto con depósitos Lacustres, ambos del Pleistoceno e interactuando con suelo Lacustres que venían depositándose desde el Terciario a principios del Plioceno.

Los depósitos de Plioceno interactúan con Andesitas Dacíticas de edades  $\approx 1.79- 2.87$  Ma. Con presencia de Lahares y Tobas Andesíticas ambas de mediados del Plioceno. Todos estos depósitos descansan sobre Andesitas Dacíticas de mediados del Mioceno.

La conformación de una serie de secuencias volcánicas y la representación actual queda de la siguiente manera:

La presencia de andesitas a partir del centro y sur de la Delegación. Pasando a basaltos debido a coladas. Rocas Dacitas en contacto con las andesitas, en la porción sur y en menor proporción en la zona norte. Posteriormente los depósitos de lahar con una orientación noreste, en contacto con Flujo de bloques y cenizas en la parte centro-norte. Por último depósitos aluviales orientados de norte a sur en contacto con las andesitas, dacitas y flujos de bloques y cenizas.

**Andesitas:** corresponde con rocas color gris oscuro, porfiríticas finas, con cristales de cuarzo y plagioclasa. A nivel de macizo rocoso se presenta como paquetes de roca muy fracturada, alternando con bloques masivos de forma irregular. En ocasiones presenta fracturamiento sistemático formando lajas de roca hasta bloques.

**Dacitas:** rocas color gris a rosa claro, de textura porfídica, con cristales de plagioclasa y cuarzo, presentan estructura de flujo. A nivel de macizo rocoso presentan arreglos sistemáticos de discontinuidades, como son: planos de flujo, de enfriamiento y fracturas. Las fracturas generalmente se intersecan ya sea ortogonalmente o de manera oblicua, delimitando bloques tabulares, columnares, cúbicos o irregulares.

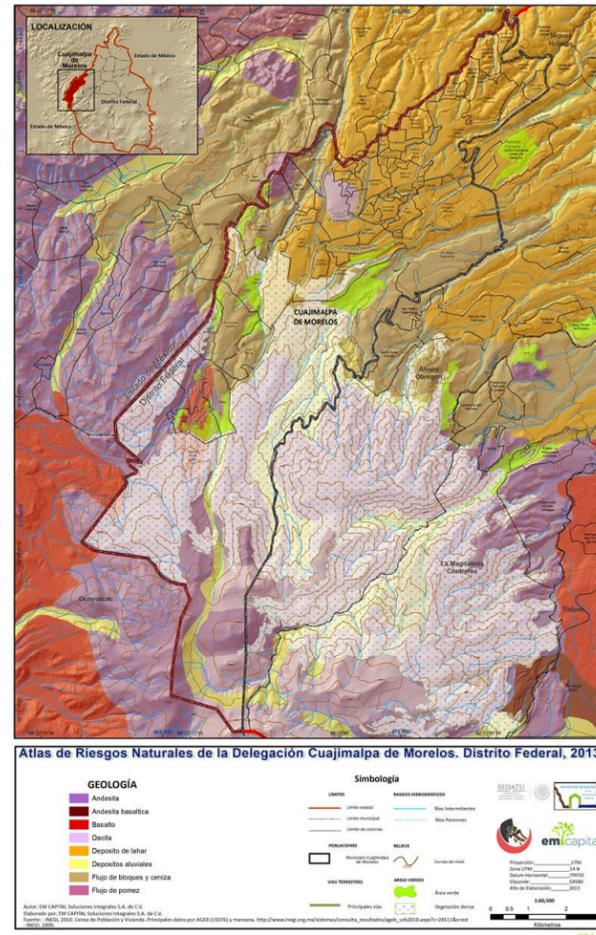
**Basalto:** Consisten en rocas color gris oscuro-negro, de textura afanítica, en ocasiones se distinguen cristales de cuarzo y olivino, generalmente alterados. En los frentes de los derrames de lava es común la presencia de brechas. En general los macizos rocosos formados por este tipo de roca presentan un fracturamiento caótico o aleatorio. En algunos casos el fracturamiento es de tipo columnar, además de que se distinguen estructuras propias de estos flujos como vesículas, lavas cordadas, tubos de lava y presencia de escorias.

**Flujos de bloques y cenizas:** Este tipo de materiales consiste en una mezcla heterogénea de bloques de forma irregular y tamaños variados, inmersos en una matriz más fina, generalmente arenosa.

**Lahares.** Estos depósitos están formados por material granular (gravas y arenas) y conforman las barrancas en la parte poniente y norte del Distrito Federal;

**Tabla 3.3. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
Geología		
Andesita	21218600 m <sup>2</sup>	29.5 %
Basalto	2084600 m <sup>2</sup>	2.9 %
Dacita	3625800 m <sup>2</sup>	5.0 %
Depósito de lahar	21201000 m <sup>2</sup>	29.4 %
Depósito aluviales	6395000 m <sup>2</sup>	8.9 %
Flujos de bloques y ceniza	17468700 m <sup>2</sup>	24.3 %



**Fig. 3.3. Mapa geológico.**

### 3.4. Edafología

La importancia del estudio del suelo es debido a que es una capa casi continua de material suelto que forma la parte más superficial de la corteza terrestre en su parte emergida y está constituido por minerales, materia orgánica, agua, gases y seres vivos. Siendo el producto de la descomposición de las rocas, que se puede estudiar como un objeto natural aparte, como el producto del dinamismo entre los factores ambientales (atmosfera) que influyen en la superficie, teniendo como límite superior la cobertura vegetal (biosfera) y como inferior la roca madre (litosfera). Apuntes de la materia de Contaminación de Suelos y Acuíferos, Estrada F. (2012.)

El suelo al ser de diferente génesis y encontrarse en diferente latitudes, longitudes y alturas a nivel mundial, tiene un potencial determinado para ser un habitat de fauna y flora que juegan un papel importante en los diferentes tipos de ciclos como para el fósforo, el nitrógeno, el carbono etc

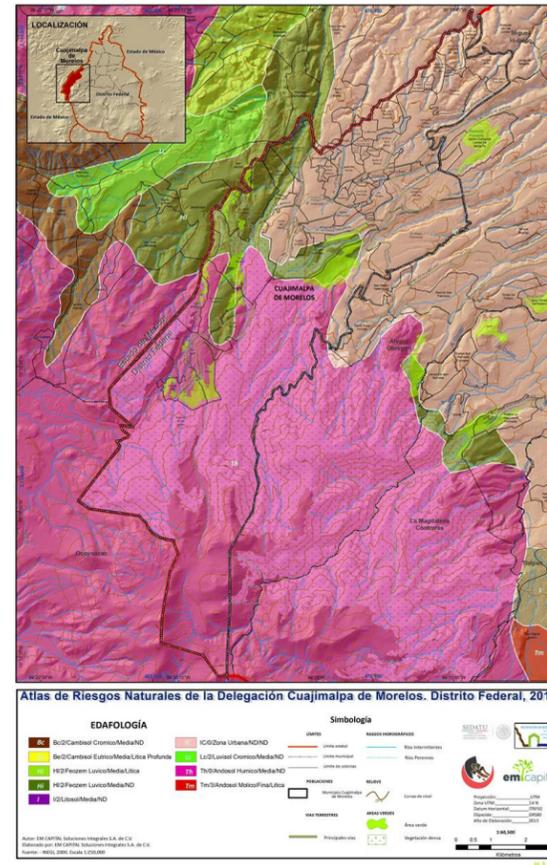
En la actualidad existen diferentes tipos de referencias; sin embargo la que se describe a continuación es la Base Referencial Mundial del Recurso Suelo, en el marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional 2007 que define los diferentes tipos de suelos de la siguiente manera.

Los suelos que cubren la Delegación tienen origen de la roca madre, son productos de sedimentos volcánicos. Predominan arenas gruesas y arcillas, estos suelos se desarrollan sobre depósitos volcánicos finos de gran espesor. La composición de los suelos se compone principalmente de:

- Los Andosoles, que son suelos ricos en vidrio volcánico y silicatos que se desarrollan en casi cualquier clima y que son ricos en nutrientes químicos por lo que son muy utilizados para la agronomía, ya que la meteorización rápida de los vidrios resulta en la acumulación de complejos órgano-minerales estables y más en regiones húmedas e hiperhúmedas.
- Los Luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla) que lleva a un horizonte subsuperficial árgico.
- La Zona urbana comprenden un nuevo tipo de suelo y es una combinación de suelos cuyas propiedades están originadas por su origen técnico (Antroposol). Contienen una cantidad significativa de artefactos (algo en el suelo reconociblemente hecho o extraído de la tierra por el hombre), o están sellados por roca dura técnica (material duro creado por el hombre, que tiene propiedades diferentes a la roca natural). Incluyen suelos de desechos (rellenos, lodos, escorias, escombros o desechos de minería y cenizas), pavimentos con sus materiales subyacentes no consolidados, suelos con geomembranas y suelos construidos en materiales hechos por el hombre.

**Tabla 3.4. Áreas y porcentajes**

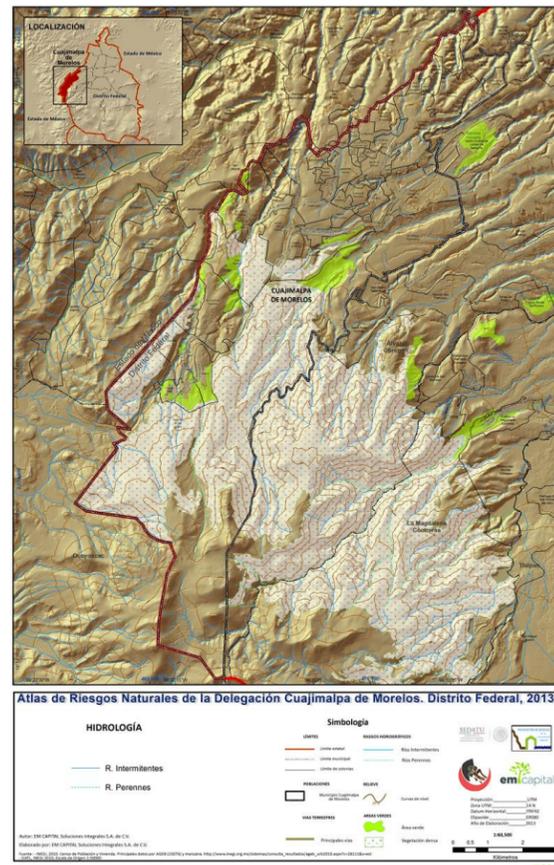
Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<i>Edafología</i>		
Zona Urbana (Antroposol)	24180300 m <sup>2</sup>	33.9 %
Andosol Húmico	38220000 m <sup>2</sup>	53.5 %
Feozem Luvico	9017000 m <sup>2</sup>	12.6 %



**Fig. 3.4. Mapa edafológico.**

### 3.5. Hidrología

La presencia de grandes escorrentías dentro de la demarcación, es debido a la cercanía de la Sierra de las Cruces donde los lomeríos y lacustres formaron ríos como: El Borracho con una extensión de 3.5 Km y una pendiente de 11%, drenando al rio hondo; Santo Desierto con una longitud aproximada de 7 Km y una pendiente media del 9%; drenando al Río Mixcoac y Tacubaya tiene una longitud aproximada de 2.8 Km. y una pendiente media del 7%. Siendo estos los principales. La mayor parte de los ríos de la zona de estudio son de carácter torrencial, con avenidas de corta duración a veces peligrosas. Sus cauces permanecen secos durante la temporada de estiaje. Existen afluentes como Corriente la Coyotera, Arroyo Agua de Leones, Río Atitla; tributario: Barranca Muculoa, Cañada El Rancho; Cañada Corral Atlaco; Cañada Las Palomas; Cañada San Miguel Barranca Hueyatla; Atributario: Cañada Los Helechos Barranca Atzoyapan y Río Tacubaya.



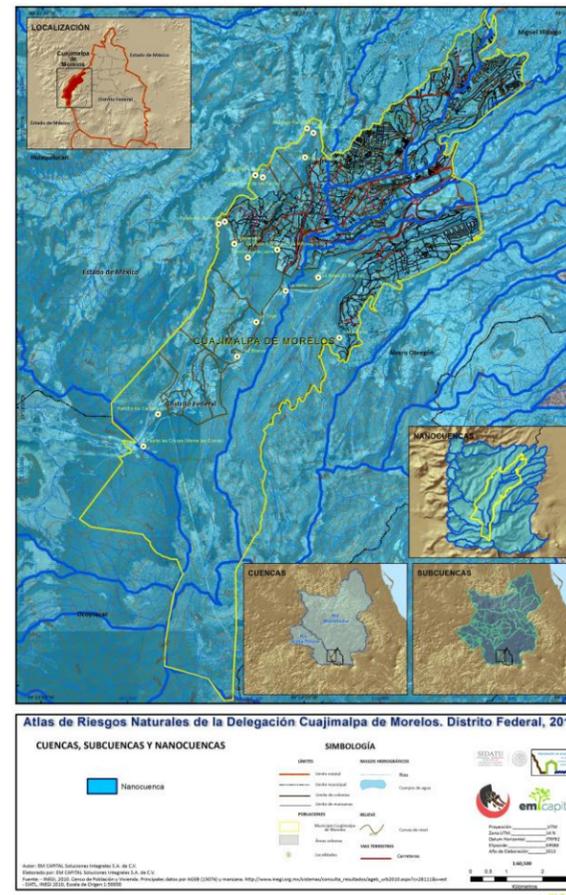
**Fig. 3.5. Mapa de hidrología.**

### 3.6. Cuencas y Sub-cuencas

La Región XIII, es la Región Hidrológica y Administrativa que pertenece al Distrito Federal y por consiguiente a la Delegación. Con la subregión nombrada Valle de México y la Subcuenca Hidrológica Ciudad de México.

Para la red hidrológica superficial y de los manantiales se divide la red hidrográfica superficial en:

- La Región Hidrológica No. 26 Pánuco, Cuenca Río Moctezuma, Subcuenca Lago Texcoco-Zumpango, abarcando la zona norte, central y sur de la delegación.
- La Región Hidrológica No. 12 Lerma-Santiago, Cuenca Río Lerma-Santiago, Subcuenca Río Almoloya-Otzolotepec. Ocupando solo al suroeste de la delegación.



**Fig. 3.6a. Mapa de cuencas y subcuencas.**

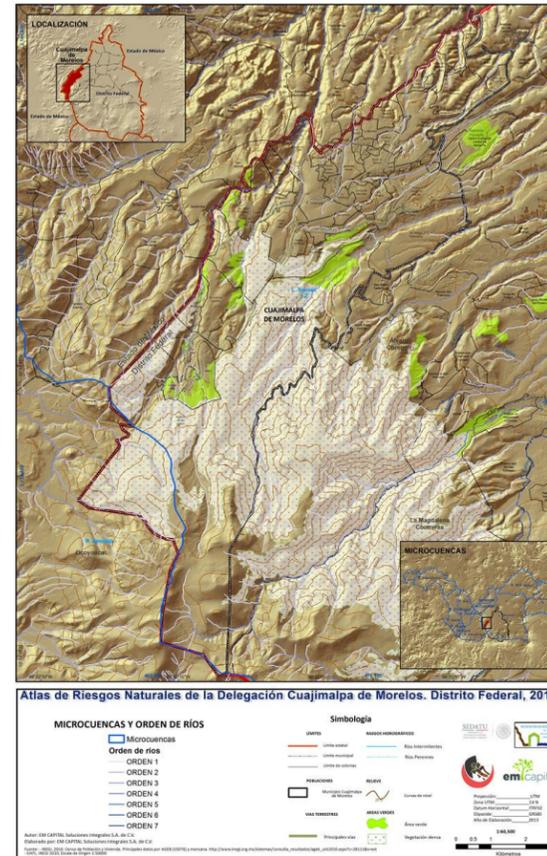


Fig. 3.6b. Mapa de microcuencas y orden de ríos.

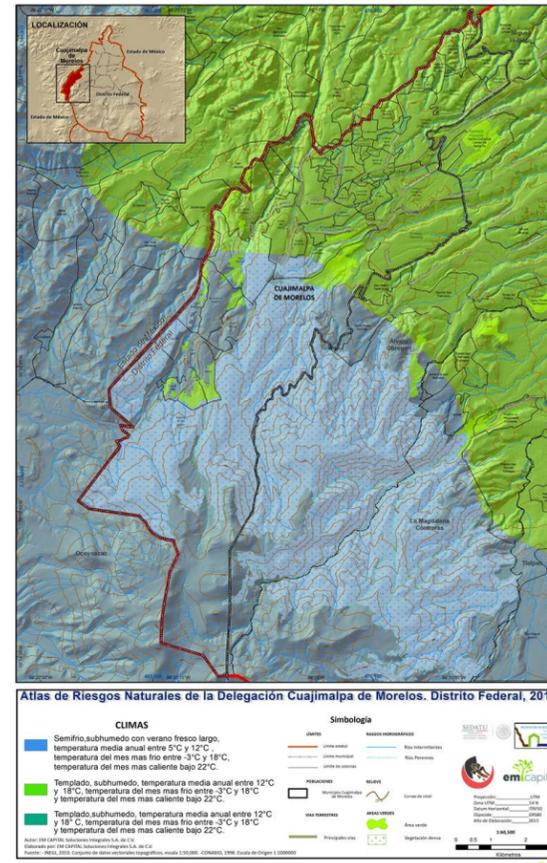
### 3.7. Clima

El clima de la zona es templado y frío-húmedo con temperatura media anual de 10°C a 12°C y de acuerdo a los datos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional la temperatura media anual de la delegación es de 11.6 °C teniendo el periodo de heladas de octubre a febrero. De acuerdo con la clasificación de Koppen es del tipo C(w2)(w)b(i'), el más húmedo de los subhúmedos, lluvia invernal menor al 5% de la anual, con verano fresco y largo; poca oscilación térmica (entre 5 y 7°). La precipitación pluvial de 1,200 a 1,500 mm anuales. La temporada de lluvias se encuentra entre los meses de mayo a octubre, los demás meses solo se registran lluvias esporádicas y aisladas, la precipitación pluvial en Cuajimalpa se puede dividir por zonas: en las zonas boscosas y con una altura de 3600 m.s.n.m., las precipitaciones son mayores de 1,200 mm/año; por debajo de la cota de los 2700 m.s.n.m. las precipitaciones son menores a 1,000 mm/año.

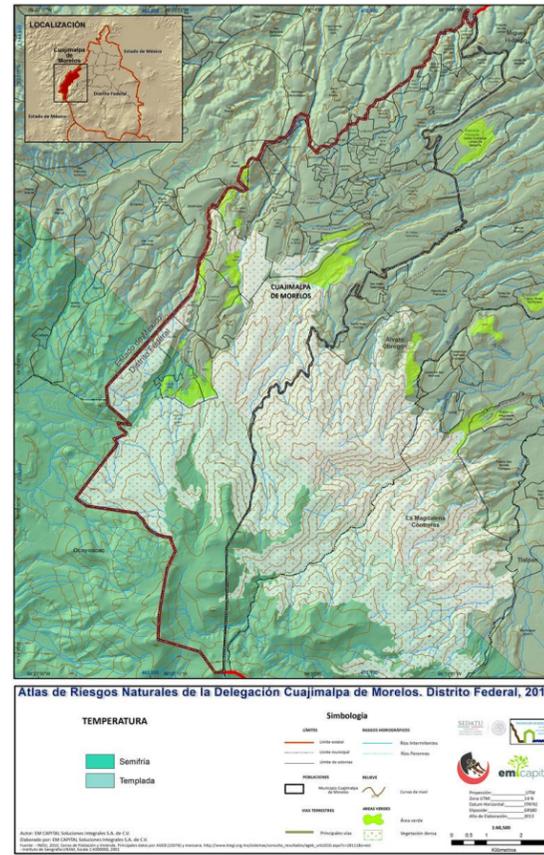
La característica de ser un clima con poca oscilación térmica es debido a la cobertura de la vegetación arbórea que aún se presenta dentro del suelo de conservación. La Delegación se divide en dos zonas, templado en la parte central hacia el norte y la zona semifrío del centro hacia el sur, siendo la vegetación un factor importante para esta variación.

**Tabla 3.5. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área	Porcentaje
<i>Climas</i>		
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.	29 852 300 m <sup>2</sup>	42%
Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.	41 561 200 m <sup>2</sup>	58%



**Fig. 3.7a. Mapa de climas.**



**Fig. 3.7b. Mapa de temperatura.**

### 3.8. Uso de suelo y vegetación

La delegación está cuantificada en áreas protegidas de las cuales 1,622.00 ha. (20%) corresponden al Suelo Urbano y 6,473.00 ha. (80.0%) corresponden al Suelo de Conservación. La Delegación Cuajimalpa ofrece una variedad de uso de suelo con importantes reserva de conservación ecológica, así como suelos de uso agropecuario, silvícola y ecoturística.

Para el uso de suelo agrícola se encuentran los poblados San Pablo Chimalpa y San Lorenzo Acopilco, así como al oriente del poblado San Mateo Tlaltenango y en la Zona periférica de Santa Rosa Xochiac, en el paraje conocido como Loma de Doña Juana, suelos propios para el cultivo de maíz, frijol, sorgo y caña de azúcar. Las zonas poniente y centro de la delegación tienen una vegetación pinacea con un alto grado de conservación; parte de ella constituye el Parque Nacional Desierto de los Leones; hacia el sur se localiza una extensa zona de matorral y presencia de zonas deforestadas.

En descripciones de distintos documentos clasifican el uso de suelo como Agroecológico, Agroforestal, Áreas Naturales Protegidas, Forestal y Poblados rurales.

A continuación se describen brevemente los principales usos de suelo y tipos de vegetación con que cuenta la delegación, cabe mencionar que esta categorización establece dos criterios, por un lado el uso de suelo, y en el caso de la vegetación el estado sucesional en el que se encuentra.

## Usos de suelo

El principal uso de suelo en la delegación de Cuajimalpa es la **Zona Urbana** (poblaciones mayores a 2500 o cabeceras municipales) (Villalvazo-Peña, 2002), los cuales son diferentes de los Asentamientos humanos que INEGI, 2010 define como: “Un conglomerado demográfico con el conjunto de sus sistemas de convivencias, en un área físicamente localizada, considerando dentro de las mismas los elementos naturales y obras materiales que la integran”.

La **agricultura de temporal anual y permanente** hace referencia a que la actividad agrícola está regido por el periodo de lluvias, anual cuando los ciclos de los cultivos son menores a un año, como por ejemplo el maíz y el trigo y permanente cuando los ciclos de los cultivos son de 10 años o más (INEGI, 2009).

En orden de importancia por extensión en la delegación de Cuajimalpa sigue el **Pastizal Inducido**, estos son parches deforestados de bosques de encino, pino u oyamel que se utilizan principalmente para actividades ganaderas.

El **bosque cultivado** es aquel que se establece mediante la plantación de diferentes especies arboladas realizadas por el hombre, sobre todo en aquellas áreas que presentan una perturbación debido a las actividades humanas. Estas poblaciones se pueden considerar como bosques artificiales, ya que son consecuencia de una reforestación con árboles de distintos géneros, por lo general, con especies exóticas. Los fines de estas plantaciones son el recreativo, ornamental y forestal, además de conservar medio ambiente, así como evitar la erosión del suelo. Según la adaptabilidad, éstas son algunas de las especies que más se cultivan: pino (*Pinus* spp.), eucalipto (*Eucalyptus* spp.), cedro (*Cupressus* spp.), casuarina (*Casuarina* sp.), pirul (*Schinus molle*), álamo o chopo (*Populus* spp.), fresno (*Fraxinus* sp.), aïle (*Alnus* sp.), entre otros (INEGI, 2009).

### *Tipos de vegetación.*

El **bosque de oyamel** es por extensión el principal tipo de vegetación en la delegación, este tipo de comunidades vegetales se caracterizan por la presencia y dominancia de árboles del género *Abies*.

Los principales factores ambientales asociados a la presencia de los bosques de oyamel son las elevadas altitudes (2400 y 3600 msnm), están regularmente sobre laderas de cerros y en raras ocasiones sobre terrenos planos, requieren condiciones de humedad elevada (media anual mayor a 1000 mm), temperaturas de entre 7 y 15 grados centígrados (Rzdowsky, 2006). En la delegación de Cuajimalpa este tipo de bosques se presentan sobre sustratos geológicos de origen volcánico con suelos profundos, bien drenados y húmedos todo el año, presentan perfiles ABC predominando coloraciones café oscuras, texturas de migajón-arenoso y francas y estructuras en bloque, con pH ácidos (5-7) (Rzdowsky, 2006). En México este tipo de vegetación representa un 0.16%, un factor que se debe de considerar para su protección, los desmontes y la tala inmoderada constituyen la principal amenaza de estos bosques (Rzdowsky, 2006).

Los **bosques de pino**, son comunidades vegetales en los que se predominan arboles del genero *Pinus*. Se caracterizan por tener hojas aciculares (en forma de aguja), estos bosques constantemente aparecen asociados a bosques de encinos y en ocasiones forman intrincados mosaicos. En México este tipo de bosques están representados en casi todos los estados y tienen una extensión aproximada del 5% del territorio nacional, en general se presenta en altitudes de entre 1500 y 3000 msnm sin embargo en el centro de México se ubica aproximadamente a unos 4000 msnm, de manera local sobrepasando 4100 msnm (Rzdowsky, 2006). La temperatura en la que se presentan estos bosques es de entre 10 y 20 grados centígrados y con intervalos de lluvia anual de entre 600 y 1000 mm, lo que corresponde a un clima C(w) (Rzdowsky, 2006). Se ha observado una preferencia de establecerse en sustratos geológicos por áreas cubiertas por rocas ígneas, suelos podsólicos y negros o muy oscuros especialmente a altitudes mayores a 3000 msnm como es el caso de Cuajimalpa, el pH de los suelos en los que se establecen los bosques de pino en general son ácidos (5-7) (Rzdowsky, 2006).

Sus principales amenazas son la tala clandestina y el desmonte para actividades agrícolas, ganaderas o urbanización. Otro factor importante que amenaza estos bosques y en especial en la delegación de Cuajimalpa son los incendios forestales, muestra de esto es el predio denominado “El cementerio”.

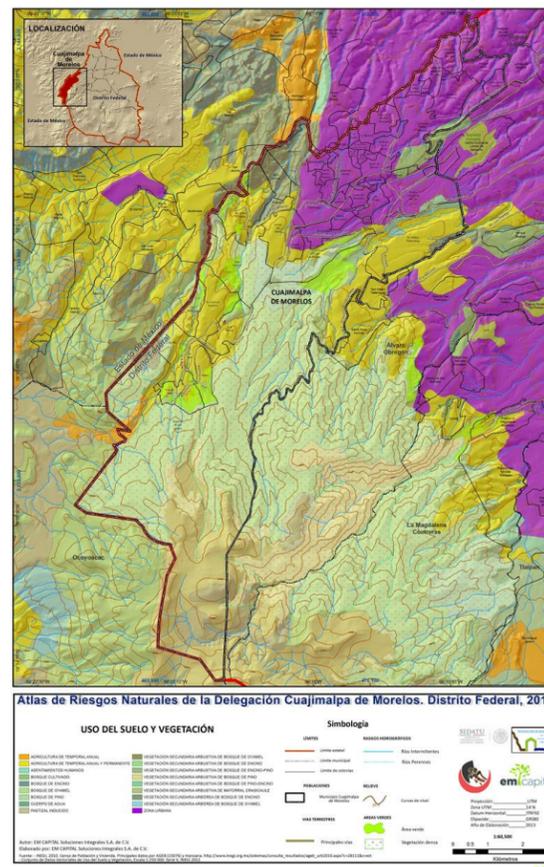
Los **bosques de encino**, son comunidades vegetales dominadas principalmente por árboles del género *Quercus*, de la misma forma que los pinos, este tipo de bosques se presentan en casi todo el territorio nacional a excepción de algunas regiones en la península de Yucatán (Rzdowsky, 2006).

Los bosques de encino se encuentran desde los 0 a los 3100 msnm, pero en el 95% de su extensión se halla en altitudes de entre 1200 y 1800 msnm. Los bosques de encino en México ocupan aproximadamente un 6% del territorio nacional y se establece en sustratos geológicos de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (Rzdowsky, 2006).

Los bosques de encino se presentan casi exclusivamente en suelos bien drenados, sin embargo es posible que se establezcan en orillas de cuerpos o corrientes de agua, los suelos donde se presentan suelen ser ácidos moderados (5-6.5) y con consistencias desde arcillosas a arenosas, frecuentemente el color de los suelos son rojos, pero puede presentarse en suelos amarillos, negros, café o grises. Los encinares se presentan en isoyetas de 600 a 1200 mm con temperaturas de 10 a 26 grados centígrados (Rzdowsky, 2006). Los bosques de encino han sido explotados insustentablemente desde tiempos inmemoriales, el desmonte se ha practicado para la expansión de la frontera agropecuaria y la urbanización, además la madera de estas especies se utiliza en la industria de la construcción y como combustible, ya sea de manera directa o como carbón.

**Tabla 3.6. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
<b>Mapa</b>	<b>Área</b>	<b>Porcentaje</b>
<b><i>Uso de suelo y vegetación</i></b>		
Agricultura de temporal anual	432307	1%
Agricultura de temporal anual y permanente	13187160	18%
Asentamientos humanos	625395	1%
Bosque cultivado	826793	1%
Bosque de oyamel	23057360	32%
Bosque de pino	3421210	5%
Pastizal inducido	1554115	2%
Vegetación secundaria arbórea de bosque de encino	3253345	5%
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de oyamel	8720886	12%
Zona urbana	16334900	23%



**Fig. 3.8. Mapa de uso de suelo y vegetación.**

### 3.9. Áreas naturales protegidas

Cuajimalpa de Morelos es una delegación privilegiada en cuanto a recursos naturales, biodiversidad y por tener dentro de sus límites geográficos dos áreas naturales protegidas federales, el Parque Nacional Desierto de los Leones y el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla. El Parque Nacional Desierto de los Leones en particular tiene especial relevancia por ser la primer iniciativa de conservación de un área biológicamente relevante ya que en 1876 se designó al Desierto de los Leones como área importante para la conservación de 14 manantiales de abastecimiento de agua a la Ciudad de México, posteriormente se decretó como la primer Área Natural Protegida de México, fue decretada el 27 de noviembre de 1917 por el presidente Venustiano Carranza por *“tanto la belleza natural de sus paisajes como por el alto interés histórico de las ruinas que en él se encuentran, con tanta mayor razón cuanto que dada su aproximación a la Capital de la República puede hacerse un centro de recreo al transformarlo en Parque Nacional”* (CONANP, 2013). El parque Nacional Desierto de los Leones pertenece a la región CONANP Centro y Eje Neovolcánico, cuenta con una superficie territorial aproximada de 1529 ha, sus principales tipos de vegetación son Bosques de coníferas y vegetación inducida, la delegación Álvaro Obregón también comparte esta Área Natural Protegida.

Las principales amenazas del Parque Nacional Desierto de los Leones son; el desarrollo urbano, la cacería ilegal, los incendios forestales, las especies invasoras y plagas, introducción de especies exóticas terrestres y/o acuáticas, erosión y degradación de suelos, presión por malas prácticas turísticas, contaminación de agua, aire y suelo, sobre explotación de los matos hídricos y mantos acuíferos (CONANP, 2013).

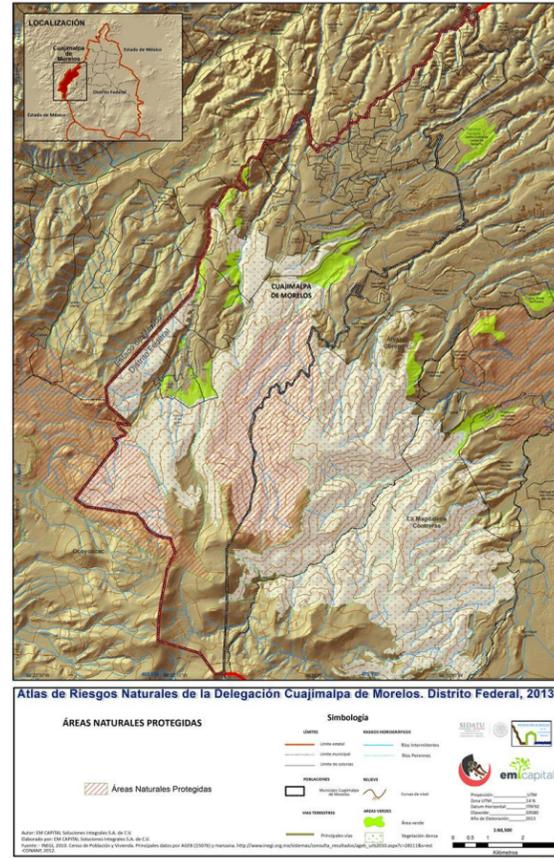
La CONANP manifiesta que el Parque Nacional Desierto de los Leones cuenta con un plan de manejo, sin embargo no está disponible en la página para descargarse libremente.

Por otro lado el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla tiene una superficie aproximada de 1580 ha, de la misma forma que el Parque Nacional Desierto de los Leones la vegetación son bosques de coníferas y vegetación inducida, esta ANP tiene representación en Huixquilucan, Ocoyoacac, ambos municipios pertenecientes al Estado de México (CONANP, 2013).

En la página de CONANP, se menciona que sobre esta área en particular “no hay información disponible”, por lo que se sugiere hacer una revisión extensa sobre sus recursos naturales, su estado de conservación con el objetivo de promover estrategias sustentables para su conservación y aprovechamiento.

**Tabla 3.7. Áreas y porcentajes**

Área de la delegación	71,993,700 m <sup>2</sup>	100 %
Mapa	Área (m <sup>2</sup> )	Porcentaje
<b>Áreas Naturales Protegidas</b>		
Desierto de los Leones 27/11/1917	7 838 950	11%
Insur. Miguel Hidalgo y Costilla 18/09/1936	5 250 480	7%



**Fig. 3.9. Mapa de áreas naturales protegidas.**

### 3.10. Problemática ambiental

Derivado del análisis de campo y de los datos obtenidos por parte de Protección Civil delegacional, se pudo observar de manera general cuales son las afectaciones ambientales propiciadas por la presencia de asentamientos humanos irregulares. Es cierto que cada vez que el hombre transforma la naturaleza, también la contamina.

Gran parte de los asentamientos humanos que actualmente se localizan en la Delegación Cuajimalpa, se encuentran en condiciones de marginación y alto riesgo, ocupados en su mayoría por los estratos más bajos de la población, a los que la escasez de recursos orilla a establecerse en zonas no aptas para el desarrollo urbano o bien en edificaciones dañadas estructuralmente que además carecen de servicios públicos, principalmente deposición final de residuos sólidos, falta de canalización de aguas negras, y falta agua potable entre otros. Si bien es cierto que las condiciones de inestabilidad producto de la geología de la delegación han existido siempre, estas condiciones suelen empeorar, ante la presencia de asentamientos humanos irregulares, que llevan a cabo acciones como la deforestación y cortes de laderas, que les permitan ganar terreno para ampliar las construcciones. Con estas acciones los habitantes ocasionan el reblandecimiento del terreno natural, acelerándose el proceso de intemperización dando origen a los problemas de inestabilidad. La escala del impacto ambiental depende entonces de la dimensión, ubicación y número de habitantes de los asentamientos humanos irregulares, siendo los principales problemas identificados los siguientes:

- 1.- Cambio de uso de suelo: Cuya consecuencia es la fragmentación de las áreas verdes.
- 2.- Modificación del relieve de las laderas y cauces: Cuyo resultado es la presencia de zonas inestables que van erosionándose y/o sobresaturándose de agua.
- 3.- Alteración y eliminación de la comunidad vegetal original: Este modifica en muchos casos la fisonomía vegetal de dichas áreas por lo que la vegetación original fue eliminada.

- 4.- Erosión del suelo: Reduce la fertilidad de los mismos ya que los nutrimentos esenciales y la materia orgánica son removidos totalmente del lugar original.
- 5.- Descarga de aguas residuales: Lo anterior trae como consecuencia la contaminación de los afluentes de los ríos que pasan por dichas zonas, los cuales para su utilización deben ser tratadas, teniendo un costo económico alto.
- 6.- Sobreexplotación de los mantos acuíferos y alteración del ciclo hidrológico de la cuenca: Ocasiona la pérdida de humedad en el estrato orgánico necesario para los procesos productivos.
- 7.- Degradación del paisaje: Afecta las condiciones de vida y las funciones vitales de los seres vivos.

La delegación Cuajimalpa forma parte de las demarcaciones clasificadas con un alto porcentaje de suelos de conservación, según la clasificación del suelo para el Distrito federal que comprende dos categorías (suelo urbano y suelo de conservación). El suelo de conservación y las barrancas de la delegación, albergan ecosistemas naturales. Del total de las barrancas localizadas en la delegación cinco de ellas se han decretado hasta el 2010 como áreas de valor ambiental (el Zapote, Vista Hermosa, Rio Becerra "Tepecuache", la Diferencia Tarango) y otras siete están en estatus de revisión para obtener el mismo decreto. Asimismo en las barrancas se desarrollan procesos naturales, a través de los cuales se proporcionan diversos bienes y servicios estratégicos ambientales tales como:

- 1.- Recarga de acuíferos: A partir de las barrancas se obtiene el 71% de la disponibilidad del agua potable.
- 2.- Disminución de la contaminación atmosférica: A partir de la retención de partículas suspendidas, contrarrestando los índices de contaminación.
- 3.- Modificación de la velocidad del viento: Conservación de la diversidad biológica de especies endémicas de flora y fauna.
- 4.- Zonas de recreo, esparcimiento, valor escénico y desarrollo de dinámicas culturales: al poder desarrollar actividades ecoturísticas.
- 5.- Amortiguamiento del impacto de las ondas sonoras: Reduciendo el nivel del ruido producido en su entorno.
- 6.- Captura de bióxido de carbono: Las áreas verdes del suelo de conservación y de las barrancas se confieren como áreas importantes de captación de este contaminante.

Los usos a los que están siendo sujetas la barrancas donde habitan estas poblaciones deterioran los atributos ecológicos de estas áreas, lo que conlleva a la erosión y pérdida del suelo, afectando los servicios ambientales de estas zonas, además de verse afectadas por la descarga de aguas residuales y al almacenamiento de grandes cantidades de residuos sólidos, llegando a conformarse amplias zonas de barrancas como tiraderos a cielo abierto, lo que origina contaminación y fauna nociva.

Medidas simples pero constantes y continuas para la mitigación y remediación son las que la delegación deberá aplicar. Inicialmente deberá:

- implementar acciones, que le permita conocer el estatus de contaminación y pérdida de suelos, así como niveles y tipos de contaminación de los recursos hídricos.
- Mejorar los servicios de limpia, e incentivar los procesos de reciclaje y reutilización de materiales de desecho.
- Implementar y mejorar sitios de deposición final de residuos peligrosos y urbanos.

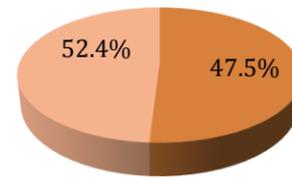
Como se explica en este apartado, la problemática ecológico-ambiental de la delegación Cuajimalpa, está fuertemente asociado a las zonas de alto riesgo, habitadas por población con un nivel educativo deficiente, por lo que la primera línea de respuesta en la cual deberá trabajar la demarcación, es en solventar dichas deficiencias, ofreciendo a la población herramientas como talleres, cursos y pláticas en materia Ecológico-Ambiental y del cuidado de los recursos naturales.

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

### 4.1. Elementos demográficos: dinámica demográfica, distribución de población, pirámide de edades, mortalidad, densidad de población.

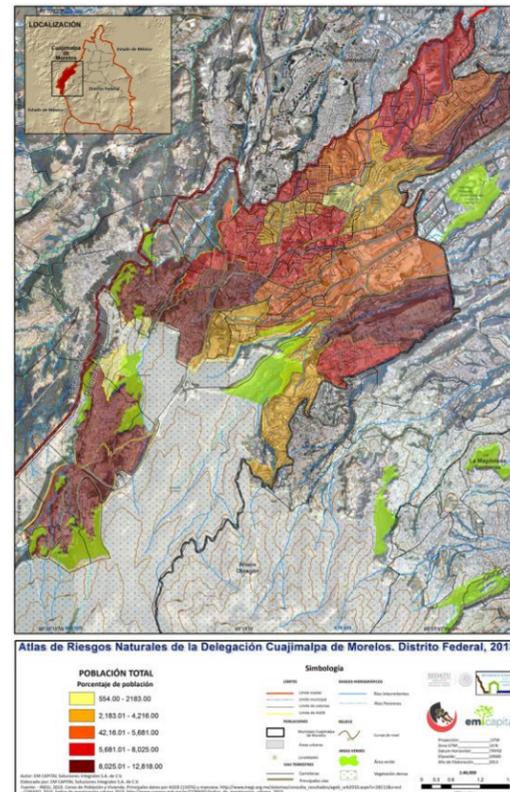
En la Delegación de Cuajimalpa, habitan un total de 186,391 personas, de acuerdo con el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, de los cuales el 47.55% son hombres en cifras corresponde a 88,642 y el 52.44% corresponde a población femenina, es decir 97,749 (Fig. 4.1).

■ Población femenina ■ Población masculina



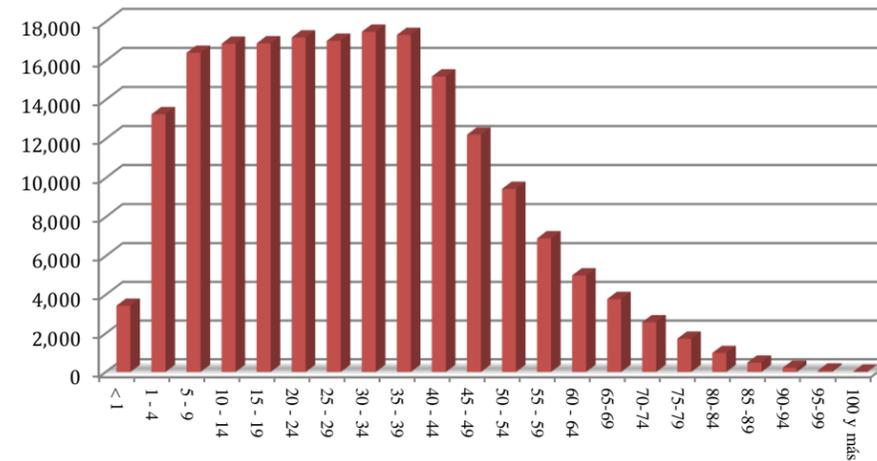
**Figura 4. 1 Población según género. Delegación Cuajimalpa**

En el siguiente mapa (Fig. 4.2) se encuentra la distribución de la población total por cada una de las áreas geostatísticas básicas (AGEB) que integran a la delegación Cuajimalpa.



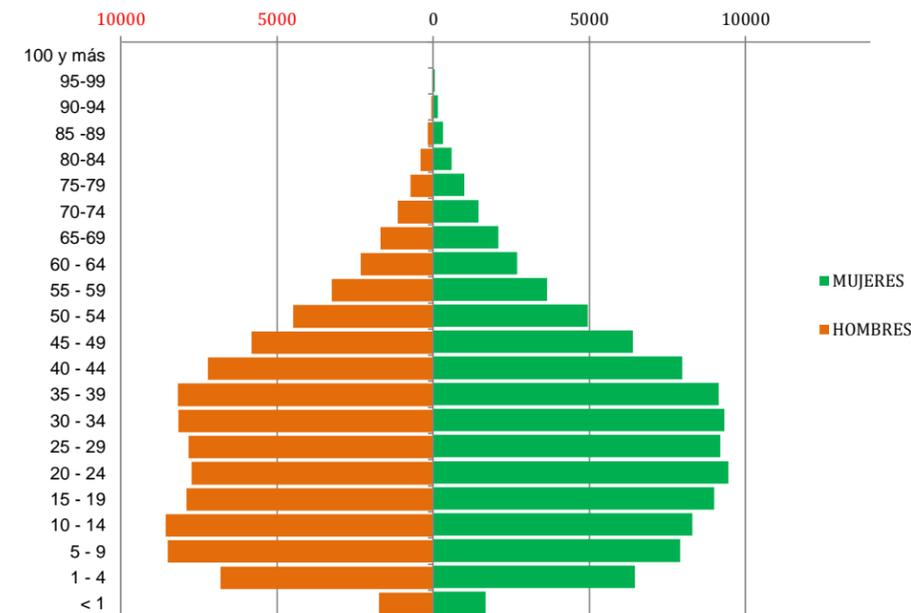
**Figura 4. 2. Distribución de la población por AGEb.**

La división en grupos quinquenales de población de acuerdo a las cifras publicadas por el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, muestran que la mayor población se concentra entre las edades de 5 a 39 años, es decir que la mayor parte de la población es joven. De acuerdo con el INEGI el promedio de edad de la mayoría de la población que vive en la delegación Cuajimalpa es de 27 años. En la gráfica de la figura 4.3 se puede observar que la población va disminuyendo a partir de los grupos de edades mayores a los 40 años.



**Figura 4. 3 Distribución de la población total por grupos quinquenales de edad**

La estructura poblacional por edades en un rango quinquenal y por género se presenta en la pirámide poblacional (Fig. 4.4). De acuerdo con los resultados del censo poblacional 2010, la relación hombres-mujeres es de 90.7 es decir que por cada 100 mujeres hay 91 hombres.



**Figura 4. 4 Pirámide Poblacional por grupo de edad y género.**

Las localidades de la delegación Cuajimalpa en las que se concentra la mayor cantidad de población son tres: Cuajimalpa de Morelos, San Lorenzo Acopilco y Cruz Blanca, siendo las dos primeras comunidades mayores a 2,500 habitantes. La localidad Cuajimalpa de Morelos concentra poco más del 85% del total de la población delegacional (Tabla 4.1).

**Tabla 4. 1 Distribución poblacional de las localidades con mayor población.**

Localidad	Población	Porcentaje del total
Cuajimalpa de Morelos	160,491	86.1
San Lorenzo Acopilco	23,037	12.35
Cruz Blanca	581	0.31

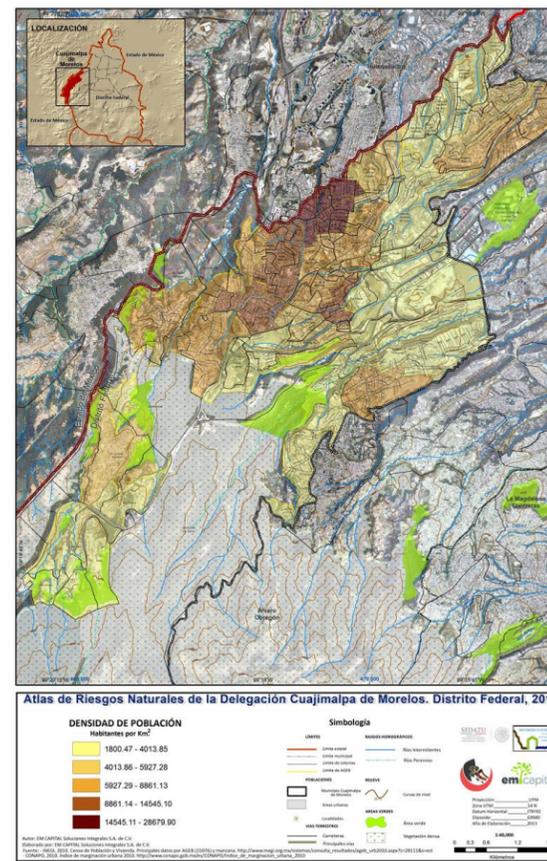
La densidad poblacional de Cuajimalpa a nivel delegacional es de 2,617.9 [hab/km<sup>2</sup>], mientras que por área geoestadística básica se tienen los siguientes valores de densidad poblacional (Tabla 4.2).

**Tabla 4. 2 Densidad de población por área geoestadística básica.**

Ageb	Densidad de población (Hab/Km <sup>2</sup> )
0180	5927.28
0195	6585.04
0369	1800.47
0123	4818.56
0212	12115.10
0392	5665.31
0104	8637.46
0138	6815.76
0119	2995.26
0049	2567.48
0208	7289.09
0053	23673.40
0405	4577.88
002A	24762.70
0301	13448.50
0299	11473.10
0354	8861.13
041A	7352.10
027A	22607.20
034A	28679.90
0072	28366.90
0231	7223.26
0320	4013.85

0091	14545.10
0176	3484.60
0227	6400.89
0373	3440.22
0250	3127.89
0246	4534.10
0388	3519.63
0316	3896.40

El siguiente mapa, presenta la densidad poblacional (hab/km<sup>2</sup>), que se tienen en cada área geoestadística básica de la delegación (Fig. 4.5).



**Figura 4. 5 Densidad de Población por AGEB.**

### Natalidad y mortalidad

Respecto al tema de la natalidad en el 2011 se registraron 3,756 nacimientos, de los cuales 1,888 fueron varones y 1,868 fueron mujeres, en el caso de la mortalidad en el 2012 se registraron 856 muertes, de las cuales 462 fueron hombres y 392 mujeres. Se registraron 45 muertes de menores de un año. La Figura 4. 6 muestra una estadística de hijos fallecidos de mujeres de 15 a 49 años con datos del 2010.

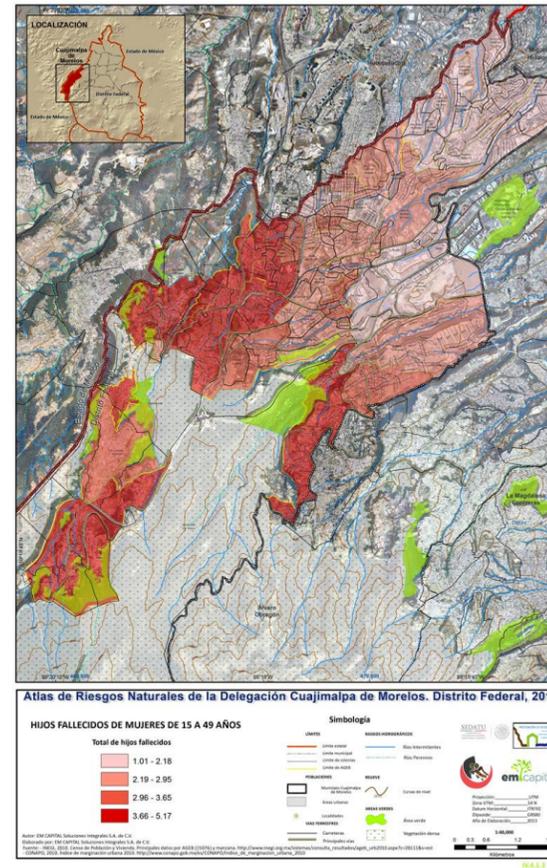


Figura 4. 6 Hijos fallecidos de mujeres de 15 a 49 años.

#### 4.2. Características sociales (escolaridad, hacinamiento, población con discapacidad, marginación, pobreza)

##### Educación

En la delegación se cuenta con un total 250 escuelas para la impartición en educación preescolar se cuenta con 96, para escuela primaria 84, para secundaria 46, para profesionales técnico 2, para bachillerato 22 y formación de trabajo 9.

La tasa de alfabetización de las personas de 15 a 24 años, es de un promedio de 99.5%. El índice de aprovechamiento a nivel primaria fue del 98.9%, a nivel secundaria del 88.9% y de bachillerato del 52.3%. Los índices de retención para primaria, fue del 98.4, para secundaria de 94.7 y para bachillerato del 94.9% (Fig. 4.7).

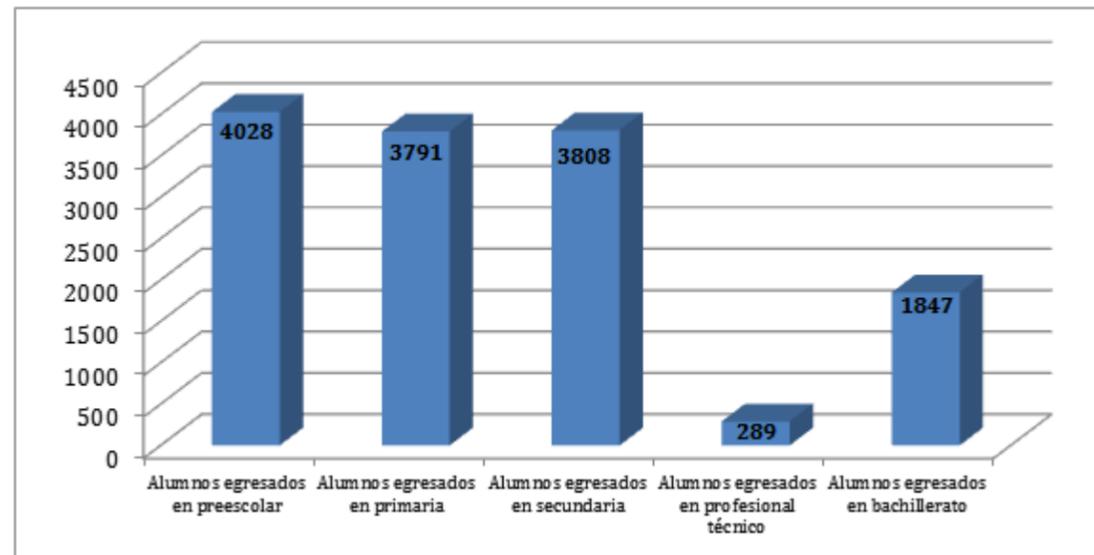
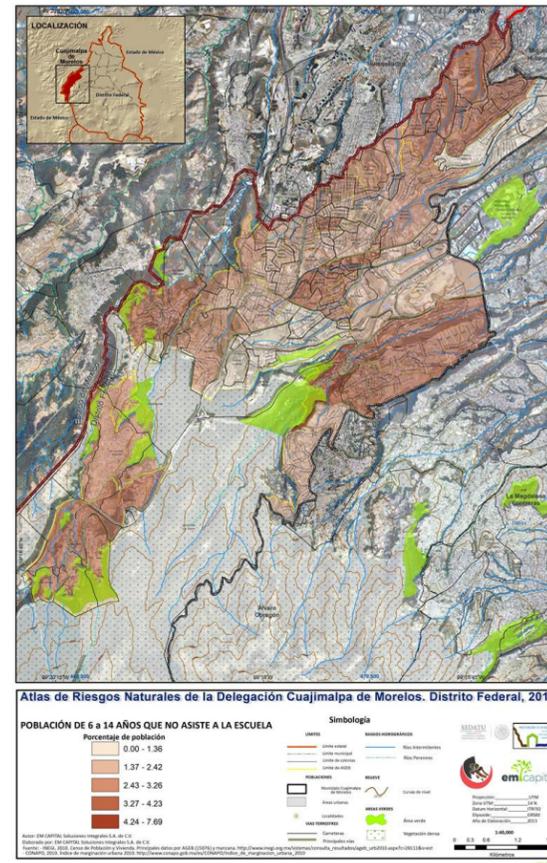


Figura 4. 7. Alumnos egresados por nivel educativo en el 2010.

En la figura 4.8 se tiene el mapa que representa la distribución de porcentaje de población entre los 6 y 14 años que no asiste a la escuela.



**Figura 4. 8. Población de 6 a 14 años que no asiste a la escuela, por AGEB.**

La figura 4.9 presenta el porcentaje de población de 15 años o más que no concluyó la secundaria. Los datos presentados en ambos mapas es información obtenida del último censo poblacional del INEGI llevado a cabo en el 2010, se presenta por área geoestadística básica.

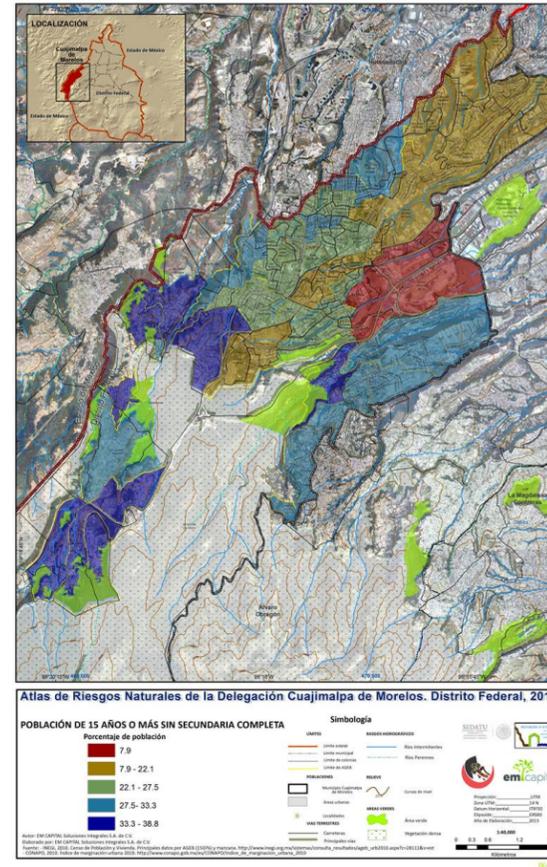
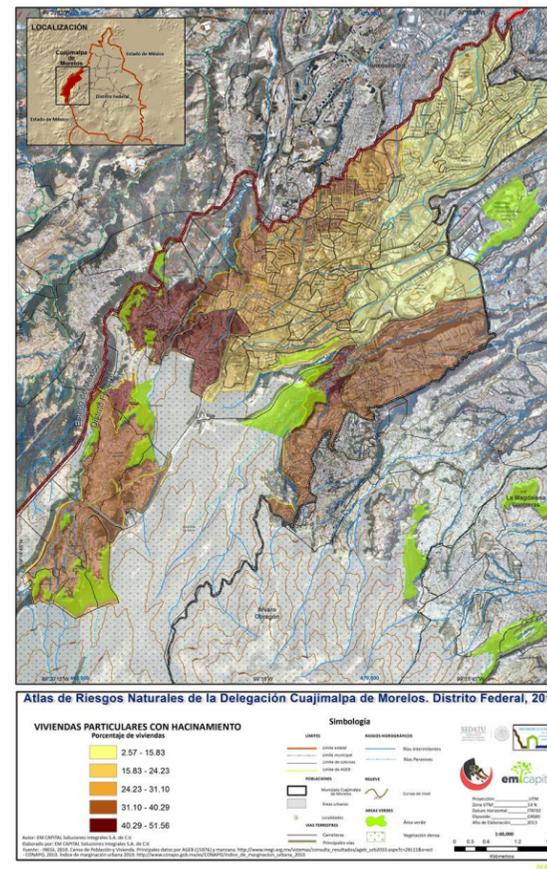


Figura 4. 9. Población de 15 años o más sin secundaria concluida, por AGEB.

### Hacinamiento

En el siguiente mapa (Fig. 4.10) se presenta el porcentaje de viviendas por área geoestadística básica con hacinamiento.

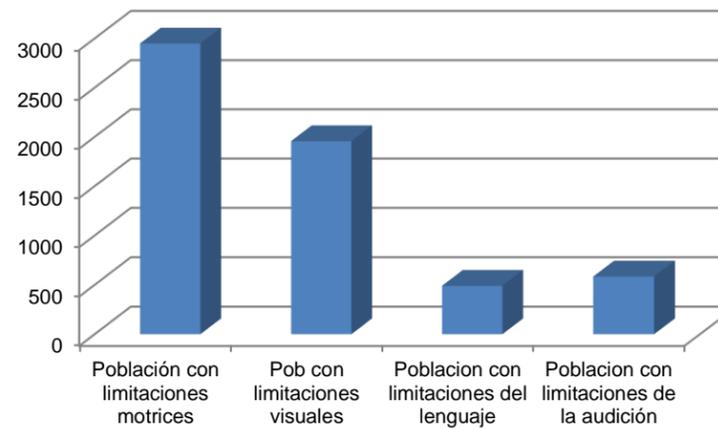


**Figura 4. 10. Viviendas con hacinamiento.**

### Discapacidad

De acuerdo con la información publicada en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI, en la delegación Cuajimalpa hay 6010 personas con algún tipo de limitación, representando un 4.5% del total de la población municipal, es decir de cada 100 habitantes 5 reportan alguna limitación física o mental

Entre las principales limitaciones que presenta la población está la dificultad para caminar, moverse o subir y bajar, se indica que hay 2948 con esa limitación, 1956 personas indicaron tener limitación para ver y usan lentes, 490 están limitadas para hablar y 584 para escuchar (Fig. 4.11).



**Figura 4. 11. Distribución de las principales limitaciones de la población.**

En la siguiente tabla se presenta las cifras de población con discapacidad por área geostatística básica, donde se puede encontrar la población total con algún tipo de limitación, así como las cifras por tipo de limitación (Tabla 4.3).

**Tabla 4. 3 Población con discapacidad por AGEB.**

AGEB	POBLACIÓN CON LIMITACIÓN	LIMITACION MOTRIZ	LIMITACION VISUAL	LIMITACION DEL LENGUAJE	LIMITACION AUDITIVA
002A	570	123	424	17	15
0049	71	40	15	6	13
0053	375	89	241	12	24
0072	103	69	17	9	8
0091	402	201	99	45	58
0104	156	95	35	15	23
0119	129	72	43	12	24
0123	155	84	51	9	18
0138	278	141	90	25	23
0176	144	84	40	19	21
0180	116	70	21	6	12
0195	201	123	43	16	14
0208	181	96	43	21	25
0212	146	82	37	3	14
0227	289	190	39	23	22
0231	245	132	52	28	30
0250	97	42	14	5	6
027A	170	108	52	16	12

0299	286	165	77	21	32
0301	139	67	26	11	17
0320	48	28	4	6	3
034A	92	44	29	4	13
0354	341	164	122	26	41
0369	26	19	*	3	3
0373	261	104	89	39	23
0392	13	8	*	0	*
0405	152	92	45	12	15
041A	86	39	33	14	10
0246	254	146	59	20	24
0316	363	178	79	32	21
0388	38	14	12	9	8

### Marginación

De acuerdo con datos publicados por la CONAPO, de las 31 áreas geostatísticas básicas en las que se divide la delegación Cuajimalpa de Morelos, 7 tienen un nivel de marginación alto, hablando en número de habitantes son 38,900, 2 Ageb se encuentran en un nivel de marginación medio, dentro de las cuales hay 66,141 habitantes y 14 Agebs fueron clasificada con un nivel de marginación bajo o muy bajo, en cifras de habitantes se trata de 78,487. En las siguientes tablas y figura (Tablas 4.4. y 4.5; Fig. 4.12) se presentan los indicadores considerados en la estimación del nivel de marginación, los índices se encuentran por AGEB y fueron publicados por la CONAPO, de acuerdo a las cifras publicadas en el Censo de Población y Vivienda 2010 del INEGI.

**Tabla 4.4. Indicadores de Marginación por AGEB**

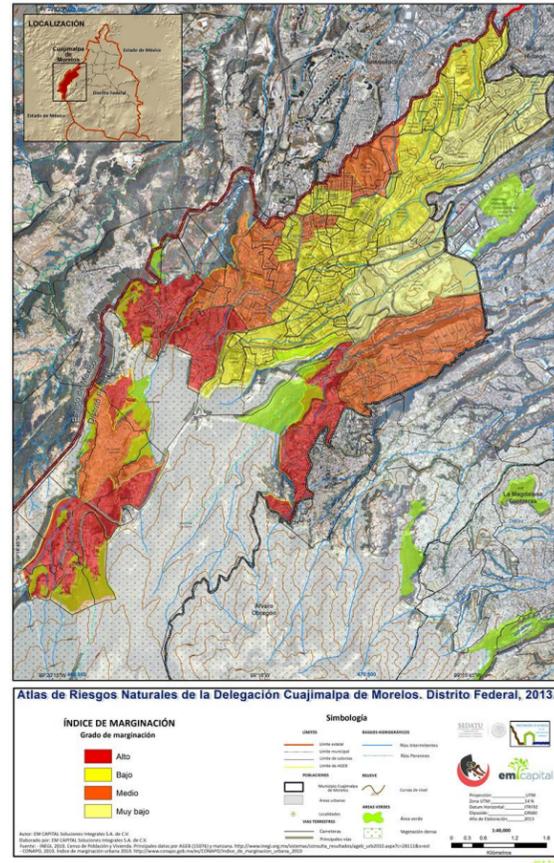
Clave de AGEB	% Pob de 6 a 14 años que no asiste a la escuela	% Pob de 15 años o más sin secundaria completa	% Pob sin derecho-habienencia a servicios de salud	% Hijos fallecidos de las mujeres de 15 a 49 años	% Viviendas particulares sin agua entubada dentro de la vivienda	% Viviendas particulares sin drenaje conectado a la red pública	% Viviendas particulares sin excusado con conexión de agua	% Viviendas particulares con piso de tierra	% Viviendas particulares con algún nivel de hacinamiento	% Viviendas particulares sin refrigerador
0900400010049	2.873	17.358	26.862	2.925	11.347	9.810	12.619	2.239	12.251	4.666
0900400010053	2.651	27.517	34.336	1.996	1.978	0.233	3.260	1.709	29.780	7.620
0900400010072	2.953	33.241	29.288	2.387	23.144	0.000	17.031	0.218	38.361	11.900
0900400010091	2.195	27.156	31.957	3.938	15.771	0.241	17.264	1.205	31.108	11.069
0900400010104	3.414	20.727	25.573	2.862	6.127	0.405	6.659	1.972	17.321	4.524
0900400010119	0.849	22.153	32.638	3.314	12.075	0.235	11.150	0.471	19.812	6.573
0900400010123	1.203	23.704	31.520	2.762	12.621	0.297	11.607	1.856	23.944	7.709
0900400010138	3.918	29.905	30.894	3.649	23.292	1.516	23.963	1.984	34.810	14.702
0900400010176	3.437	20.675	25.858	1.983	6.298	4.169	6.645	0.780	15.838	4.593
0900400010180	4.234	18.966	20.824	1.747	6.319	0.809	6.466	0.367	14.916	5.255
0900400010195	1.363	21.484	25.295	2.179	5.725	0.466	2.458	0.741	15.101	2.213
0900400010208	2.873	31.434	34.840	4.019	26.571	3.209	29.862	1.766	35.901	15.848

0900400010212	2.725	24.067	27.661	3.491	11.676	0.500	14.143	1.750	25.249	5.779
0900400010227	3.923	37.714	44.584	4.068	52.871	3.371	52.052	2.043	49.027	26.401
0900400010231	2.951	38.768	36.022	4.426	33.622	2.374	41.922	1.641	44.110	22.887
0900400010250	2.381	30.278	34.554	4.075	54.821	5.320	45.000	2.162	37.419	15.401
0900400010299	2.324	24.867	34.875	4.099	11.569	0.190	13.070	0.379	29.924	9.095
0900400010301	1.955	23.948	28.674	3.426	12.478	0.087	16.739	0.867	26.950	7.879
0900400010320	7.692	36.683	38.552	5.175	44.130	5.248	41.018	6.206	47.109	30.540
0900400010354	2.365	24.710	30.159	2.492	3.047	0.111	4.326	0.997	24.239	6.437
0900400010369	2.108	7.948	15.312	1.009	0.914	1.022	0.766	1.320	2.571	0.377
0900400010373	3.776	32.009	36.952	2.852	21.278	3.383	22.482	1.719	37.639	15.862
0900400010392	0.000	33.333	43.761	2.952	63.566	3.876	51.163	2.326	51.563	24.031
0900400010405	3.257	32.571	30.105	2.856	10.062	6.256	11.282	0.206	30.674	7.495
0900400200246	2.753	30.502	29.145	3.420	26.642	6.473	28.856	1.498	36.645	17.487
0900400200316	3.335	35.295	34.837	4.733	29.032	6.829	33.188	1.679	40.296	23.479
0900400200388	2.941	38.889	43.684	4.364	39.033	4.089	45.353	5.204	44.981	18.587
090040001002A	3.003	32.280	32.979	2.727	1.905	0.000	5.887	1.662	34.868	8.183
090040001027A	1.997	25.467	38.383	2.886	4.986	0.070	4.785	0.421	26.723	8.545
090040001034A	3.632	29.612	36.790	3.602	3.891	0.000	5.476	1.823	34.452	10.724
090040001041A	2.424	21.438	29.859	1.816	1.521	0.190	5.344	0.945	19.093	5.534

**Tabla 4. 5 Índices y grado de marginación y lugar ocupado de cada área geoestadística básica a nivel estatal y nacional**

Ageb	Población total	Grado de marginación urbana 2010	Lugar que ocupa en el contexto estatal	Lugar que ocupa en el contexto nacional
49	4 089	Bajo	1 358	33 350
53	6 692	Bajo	1 198	31 711
72	3 412	Medio	662	25 504
91	11 430	Medio	750	26 859
104	6 314	Bajo	1 441	34 543
119	3 341	Bajo	1 319	32 937
123	5 350	Bajo	1 204	31 757
138	6 765	Medio	492	22 776
176	8 025	Bajo	1 495	35 268
180	5 609	Muy bajo	1 609	36 694
195	10 358	Muy bajo	1 688	37 779
208	6 461	Medio	384	20 835
212	4 704	Bajo	1 088	30 617

227	8 879	Alto	119	12 204
231	8 958	Alto	213	15 817
250	3 756	Alto	256	17 085
299	8 015	Medio	882	28 352
301	4 216	Bajo	1 051	30 296
320	2 792	Alto	97	11 089
354	7 010	Bajo	1 374	33 560
369	5 681	Muy bajo	2 332	42 973
373	8 672	Medio	446	21 957
392	554	Alto	157	13 873
405	4 411	Medio	844	27 977
246	9 076	Medio	428	21 526
316	12 818	Alto	245	16 873
388	1 143	Alto	169	14 164
002A	4 727	Medio	930	29 004
027A	4 915	Bajo	1 161	31 326
034A	3 172	Medio	772	27 164
041A	2 183	Bajo	1 536	35 804

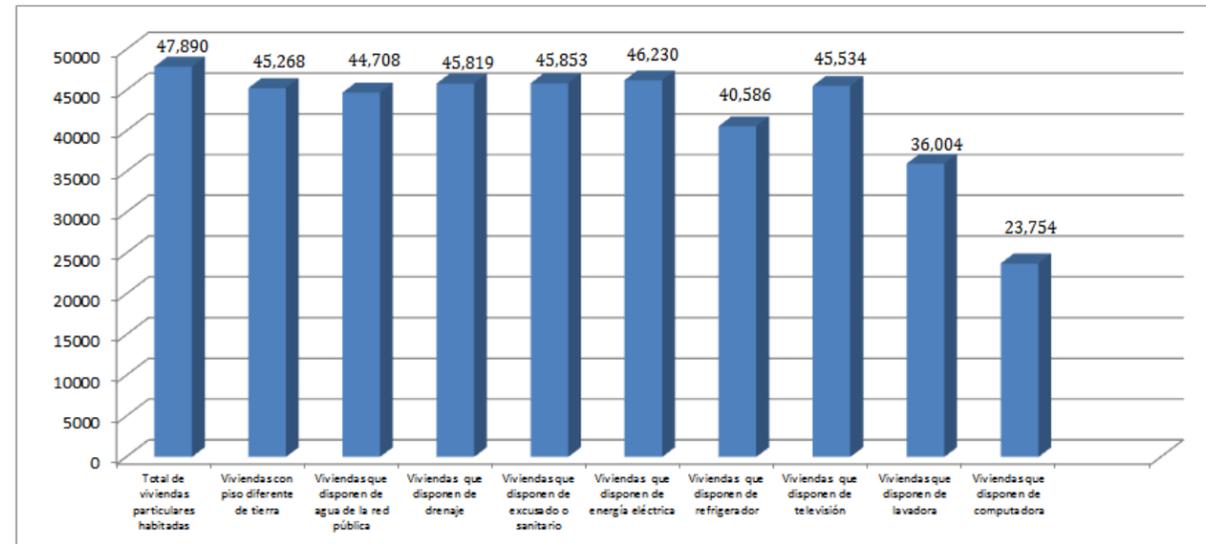


**Figura 4. 12 Índice de marginación por AGEB.**

## Pobreza

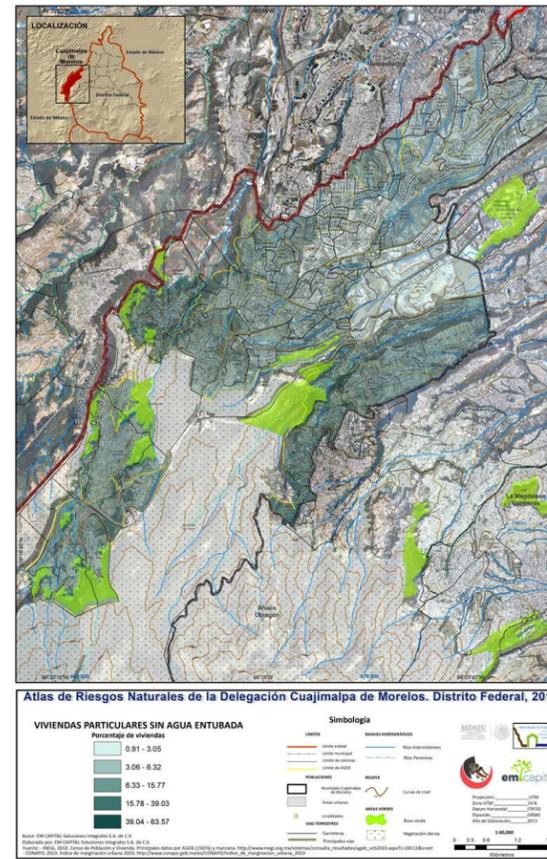
### Hogares, vivienda y urbanización

En el 2010 se contabilizaron 46,438 hogares, el tamaño promedio de los hogares era de 3.9, el 76.7% de los hogares tienen jefatura masculina mientras que el 23.2% son hogares con jefatura femenina. La cantidad de viviendas particulares habitadas contabilizadas en el censo de población y vivienda del 2010, fue de 47,890, con un promedio de ocupantes de 3.9 (Figura 4.13).



**Figura 4. 13 Cantidad de viviendas particulares por servicios.**

En los siguientes mapas (Figuras 4.14, 4.15, 4.16 y 4.17) se presenta la distribución porcentual de viviendas particulares que no cuentan con los servicio de agua entubada, con servicio de drenaje y que no tienen excusado, de viviendas que tienen piso de tierra y de viviendas particulares sin refrigerador, los cuales son indicadores para establecer la pobreza y marginación en la que se encuentran los habitantes de estas viviendas.



**Figura 4. 14. Viviendas sin agua entubada.**

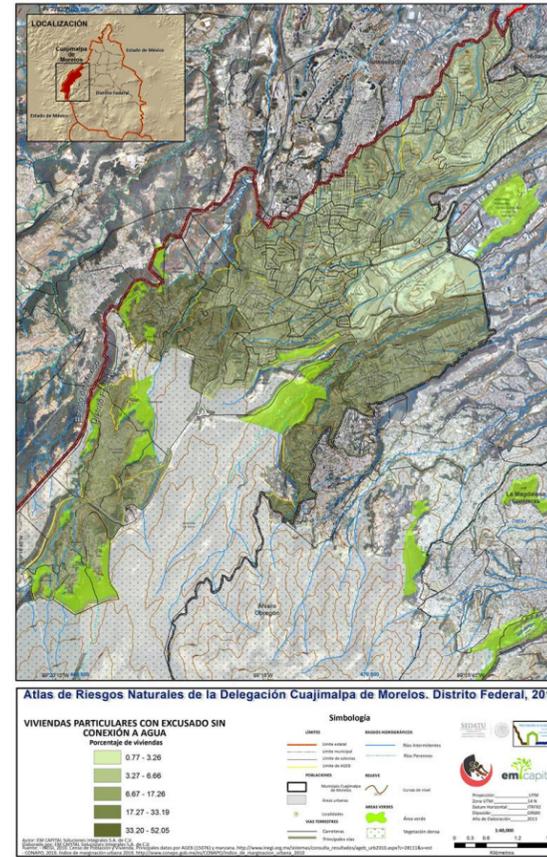


Figura 4. 15. Viviendas sin excusado.

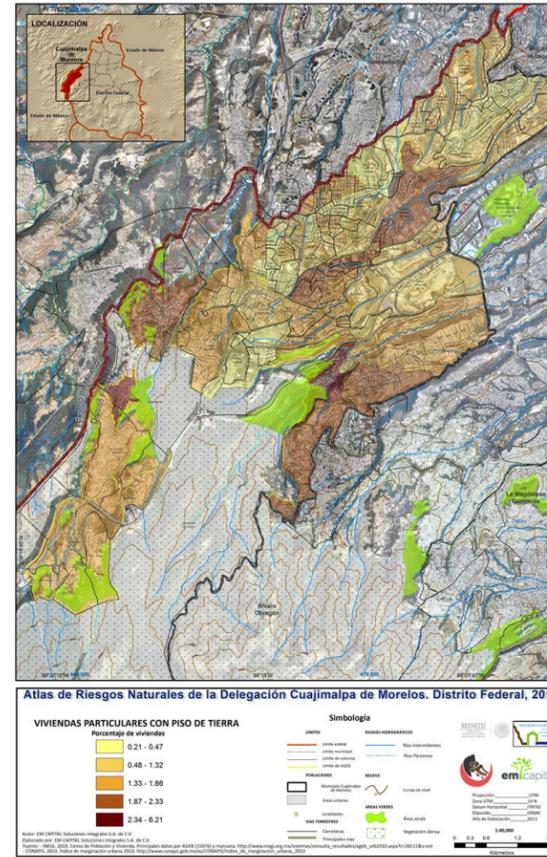
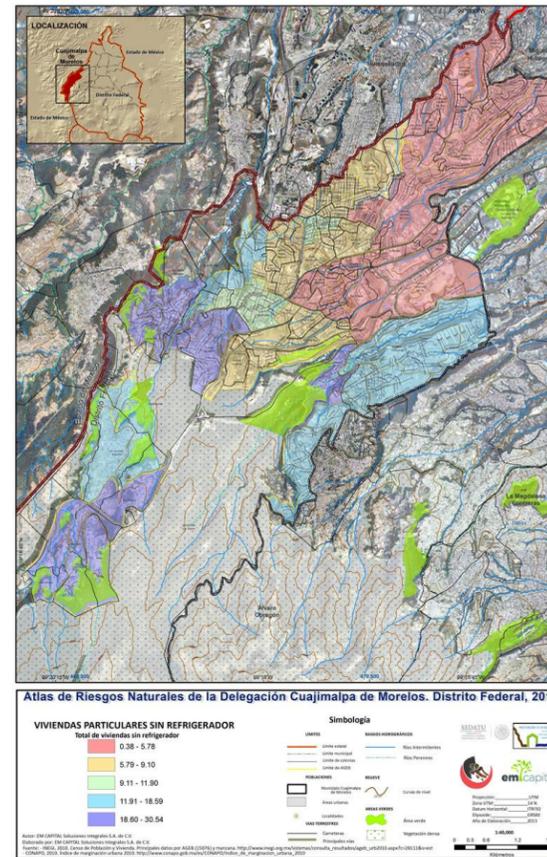


Figura 4. 16 Viviendas con piso de tierra.



**Figura 4. 17 Viviendas sin refrigerador.**

## Salud

En total 123,175 habitantes son derechohabientes a algún servicio de salud, de los cuales reciben 57,978 servicio en el IMSS, 14,209 habitantes se encuentran afiliados al ISSSTE. La población sin derecho habiencia es de 57,829. Se han registrado 8,070 familias beneficiadas por el seguro popular. El total de personal médico disponible en la delegación durante el 2010 era de 121 de los cuales 8 pertenecen al ISSSTE, 4 del IMMS-Oportunidades, 109 Secretaria de Salud del Estado En el 2010 se tenían 18 unidades médicas, y el promedio de consultas por médico fue de 8,362.4

El siguiente mapa (Fig. 4.18) presenta la distribución porcentual de la población por área geoestadística básica que no se encuentra afiliada a algún tipo de servicio de salud público (población sin derechohabiencia).

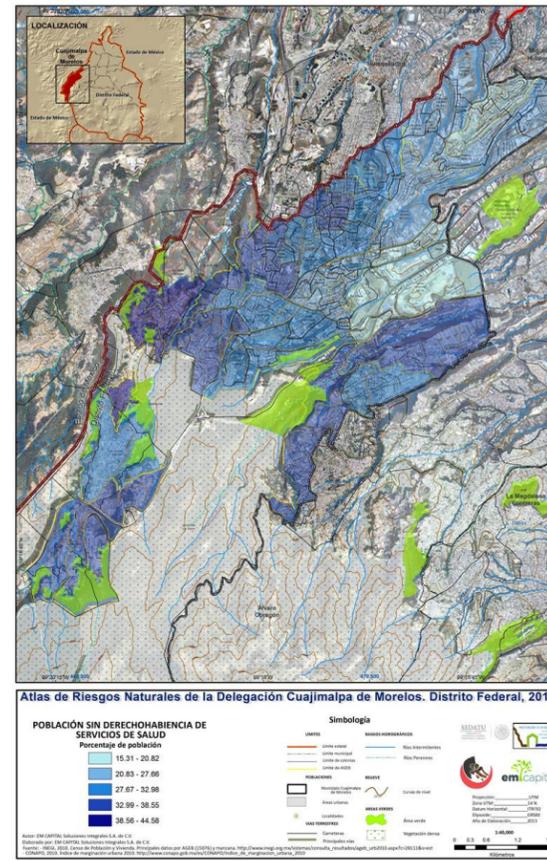


Figura 4. 18 Población sin derecho a salud.

#### 4.3. Principales actividades económicas en la zona

Durante el primer cuarto del siglo XX, se basó en la explotación de los bosques, ya sea en forma de maderas de pino para la construcción o como combustible, el cual era vendido en las poblaciones de Tacubaya y San Ángel, de manera un poco marginal se realizaban actividades de crianza de borregos y agricultura temporal.

Actualmente el 91.4% del personal ocupado se encuentra en los sectores de servicios y comercio, de los empleos que se generan en la industria, la rama económica que mayor participación tiene es la fabricación de productos farmacéuticos con 24.8%, en el sector comercio, las tiendas departamentales representan el 24% y en el de servicios la principal rama corresponde a los servicios de empleo con un 39.7%.

El sector comercio que ocupa la mayor proporción de establecimientos contribuye con el 1.2%, los servicios con el 1.1% y la industria manufacturera y los transportes, correos y almacenamiento con el 1%, respectivamente.

Actualmente la delegación ofrece trabajo sobre todo en el área de servicios, en los corporativos, conjuntos habitacionales y centros comerciales ubicados en su territorio.

En Cuajimalpa se ubica Santa Fe que es un desarrollo urbano ubicado en el Distrito Federal el cual se ha convertido en los últimos años en el más importante en términos financieros y de ubicación de corporativos en el país. La zona se encuentra dividida en cuatro tipos de uso de suelo (corporativos, comercial, escolar y viviendas), en ella se encuentran edificios donde se alberga la sede de importantes compañías tanto nacionales como extranjeras.

#### 4.4. Características de la población económicamente activa

La población económicamente activa de acuerdo con el Censo de población y vivienda 2010 del INEGI, es de 84,664 habitantes, de los cuales 34,617 son mujeres mientras que 50,047 son hombres. Se contabilizaron 58,618 personas consideradas como económicamente inactivas.

De la población económicamente activa, 81,494 habitantes están ocupados, 33,745 son mujeres y el 47,749 % son hombres. Mientras que 3,170 personas están desocupadas.

De cada 100 personas de 12 años y más, 59 participan en las actividades económicas, de cada 100 de estas personas, 96 tienen alguna ocupación. Por cada 100 personas de 12 años y más, 41 no participan en actividades económicas.

La distribución de la población de 12 años y más consideradas como económicamente no activas y que se dedican a otras actividades es la siguiente:

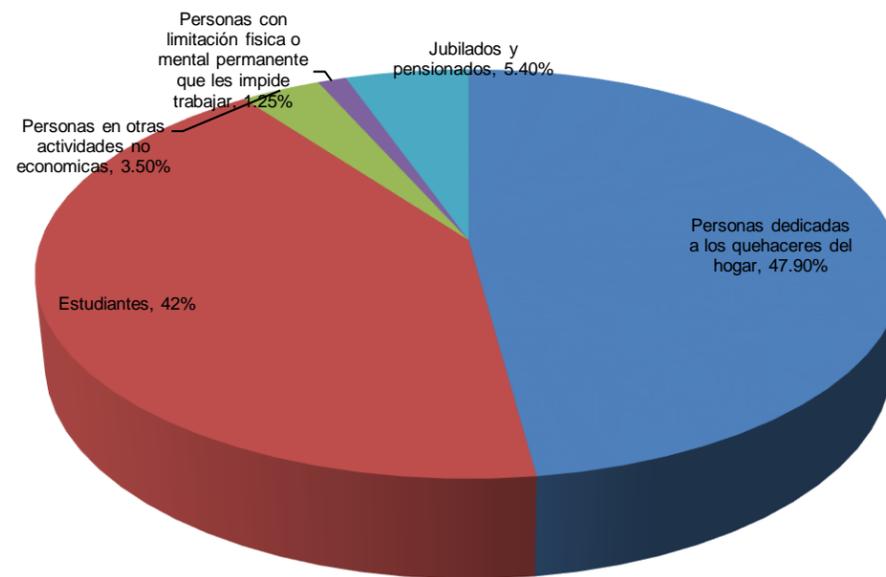


Figura 4. 19 Actividades de la población.

#### 4.5. Reserva territorial

##### Reserva Territorial y Asentamientos Irregulares

Se han detectado 50 asentamientos irregulares recientes dispersos en una superficie de 650 Ha., con una población estimada en 1,829 familias. Dos de estos asentamientos, Mina Vieja y El Carmen, se encuentran colindantes a los poblados rurales de San Lorenzo Acopilco y San Pablo Chimalpa respectivamente, mientras que 18 asentamientos, Cruz Blanca, La Pila, Los Ciruelos (Casa del Árbol), Cola de Pato, La Zanja, Valle de las Monjas, Doña Juana, Texcaltitla, Ahuatenco, La Venta, Hacienda Buenavista, Panazolco, El Rosal, Lomas de Tepozcuautila, Ampliación Contadero, Tlacuitlar, Tres Cruces y Loma Linda (Dos manzanas) presentan condiciones para ser consolidados con políticas de control, por otro lado, existen otros 17 asentamientos ubicados en zonas de riesgo por ser fuertes pendientes, zonas federales de escurrimientos o líneas de alta tensión, como son Barranca del Diablo-Loma de Pachuquilla, Camino de Hila, La Monera, La Plantación, Almeya, La Zopilotea, Altiburritos, El Mirador, Punta Ahuatenco, Parte Baja Ahuatenco, Camino a Oyamel (Ampliación Xalpa), Quizazotle, El Batán, El Vacilón, Río Borracho, Agua Bendita, Ladera de Zentlápatl y Panazolco.

Por otra parte, existen los asentamientos dispersos poco consolidados más allá de los límites oficializados, con una superficie estimada de 103 Ha. y donde se calcula viven 243 familias. Estos asentamientos presentan una dinámica de expansión constante de invasión que representa un peligro hacia las zonas naturales boscosas y son: Llano Conejo, Teopazolco, Moneruco, Miapa, Los Manantiales, La Reposadera, Camino a Chimalpa, Los Pantanos, Camino a los Manantiales, Ampliación Cruz Blanca, Acazulco y Las Lajas.

##### Asentamientos irregulares:

Las barrancas se definen como una depresión natural originada por el fracturamiento del terreno o por la erosión provocada por los ríos y escurrimientos. Sin embargo se presentan barrancas que no corresponden a esta definición y en las que se presentan condiciones físicas y biológicas muy específicas.

Las barrancas cumplen con una función importante, por el tipo y la cantidad de especies vegetales y animales que integran, funcionan como corredores biológicos para la dispersión de especies, además de captar el agua de lluvias para recargar el acuífero, del cual se extrae aproximadamente, el 70% del agua suministrada y son reguladoras del clima de la Ciudad de México. Además potencial forestal.

En las barrancas, los efectos negativos por modificación, erosión y contaminación han generado:

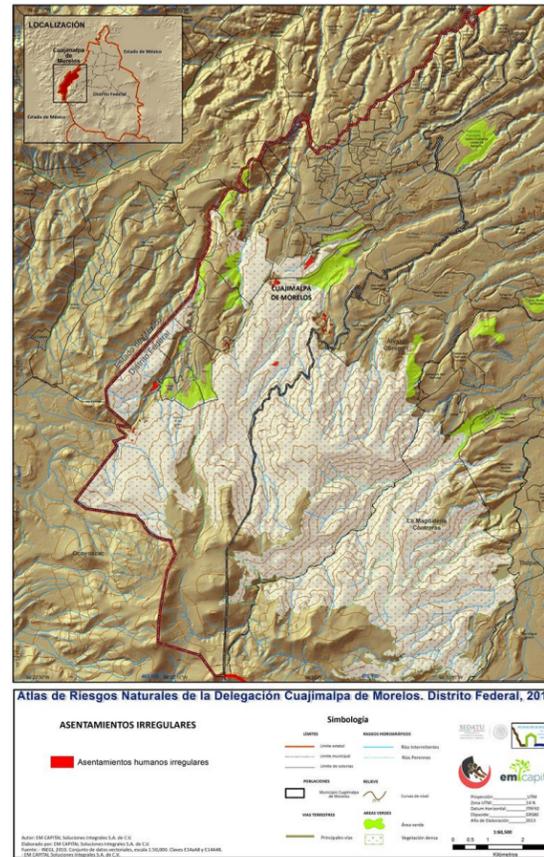
- Que los escurrimientos pluviales al no encontrar una masa forestal que amortigüe su velocidad, produzca impactos destructivos en las edificaciones construidas en los lechos y taludes adyacentes a las barrancas.
- Que el porcentaje de infiltración de agua pluvial a los acuíferos sea muy reducido
- La pérdida de especies de flora y fauna silvestre endémicas.
- La modificación del clima de la ciudad de México.
- La pérdida de suelos orgánicos importantes para el desarrollo de la flora y la fauna silvestre.

El 12% de las viviendas con riesgos altos y muy altos están ubicadas en la delegación Cuajimalpa de las cuales el 1% total de las viviendas asentadas en barrancas se encuentran en muy alto riesgo, el 12% con alto riesgo y el 87% con riesgo medio.

Los asentamientos irregulares son las acciones de mayor impacto sobre las barrancas, los cuales tienen orígenes diversos y responden a problemáticas específicas:

En la delegación Cuajimalpa el número de barrancas es de 14 y la longitud de barrancas es de 37.0 km

Cuajimalpa ocupa el segundo lugar con 207 viviendas que representan el 15% del total, ya que tiene el mayor número de viviendas en condiciones de alto riesgo, con 28 viviendas en esta circunstancia, lo que representa el 80% del total de viviendas en esta situación.



**Figura 4. 20 Asentamientos irregulares.**

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

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

#### 5.1.1. Erupciones volcánicas

El peligro volcánico para el territorio de la delegación Cuajimalpa, está representado por la Sierra de las Cruces, Sierra Chichinautzin, y los volcanes Nevado de Toluca y Popocatepetl. Estas formaciones volcánicas se encuentran a distancias de entre 0 y 78 km de la Delegación, dentro de un radio de 100 km, que es la zona de influencia volcánica requerida para determinar si algún volcán en el área de estudio representa alguna amenaza, a corto o largo plazo (Martínez-Bringas, et al., 2006a).

Se considera que un volcán es activo o peligroso, es decir que todavía tiene el potencial de producir nuevas erupciones, cuando ha mostrado algún tipo de actividad en aproximadamente los últimos 10,000 años. Asimismo, el peligro alrededor de un volcán se representa con base en el principio de que un volcán activo es capaz de repetir o exceder lo que ha hecho en el pasado. Por lo que se requiere conocer los estudios geológicos de los depósitos de materiales arrojados en erupciones previas (que es un indicador del nivel de peligro que el volcán ha sido capaz de generar en el pasado) en el entorno del volcán. Los resultados de estos estudios se representan en mapas, en donde se muestran las dimensiones y los alcances más probables de las diferentes manifestaciones volcánicas. El daño causado por una erupción volcánica depende en primer lugar del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia y vulnerabilidad del elemento en riesgo, de la fuente generadora, de la topografía, del viento y otras variables meteorológicas.

#### - Sierra de las Cruces

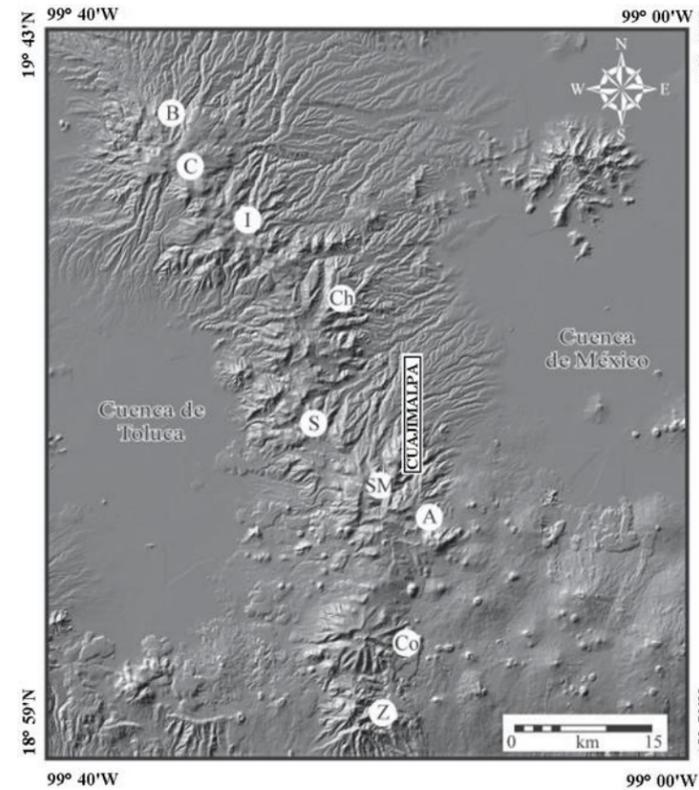
La Delegación Cuajimalpa se ubica en las faldas de la Sierra de las Cruces, que está compuesta por ocho estratovolcanes traslapados: de Sur a Norte es el Zempoala (3,690 msnm), La Corona (3,770 msnm); San Miguel (3,870 msnm) con una edad que varía entre 0.68 a 1.79 Ma (millones de años); Salazar (3,660 msnm); Chimalpa (3,420 msnm), con una edad de  $2.8 \pm 0.15$  a  $3.04 \pm 0.25$  Ma; Iturbide (3,620 msnm) con edades entre  $38,590 \pm 3,210$  años y  $2.90 \pm 0.40$  Ma; La Bufo (3,460 msnm); La Catedral (3,780 msnm) que es el más antiguo con  $3.71 \pm 0.40$  Ma, y otros de menor dimensión como el volcán Ajusco (Figura 5.1.1.1). Las edades están basadas en estudios geocronológicos publicadas por diferentes autores (Mooser et al., 1974; Nixon, 1987, 1988; Mora-Álvarez et al., 1991; Osete et al., 2000; Romero-Terán, 2001; Mejía et al., 2005) e indican una importante actividad durante el Plioceno y Pleistoceno (3.6 Ma - 10,000 años), representada por extensos derrames de lava y domos de composición andesítico-dacítica (Gunn y Mooser, 1970). Se alternan con flujos piroclásticos de bloques y cenizas, flujos de pómez, oleadas piroclásticas, depósitos de caída, flujos de detritos y lodo, así como repetidos colapsos que originaron depósitos de avalanchas de escombros (García-Palomo *et al.*, 2008).

Cada volcán está formado por flujos piroclásticos y depósitos de caída, flujos de lava, y las secuencias gruesas de lahares y depósitos de avalancha asociados en ocasiones con estructuras de colapso. La edad de la Sierra de las Cruces es considerablemente variable, de 13 a 6 Ma en el parte norte (Aguirre-Díaz y Carrasco-Hernández, 1999), de 7 a 5 Ma en la caldera Catedral (Aguirre-Díaz et al., 1999), 2.87 a 0.39 Ma en el sur (Mora-Álvarez et al., 1991), y de 3.4 a 0.6 Ma en el volcán Ajusco (Romero-Terán, 1998).

Se ha considerado que la Sierra de Las Cruces fue emplazada sobre fallas N-S, las cuales tuvieron una tasa de deformación menor con respecto a las fallas E-W, donde se emplazó el vulcanismo monogenético (Alaniz Álvarez et al., 1998). Las tres principales direcciones de fallas son N-S, NE-SW y E-W, cuya interacción, al menos desde el Pleistoceno, provocaron levantamientos, hundimientos, escalonamiento y basculamiento de bloques.

Morfológicamente la Sierra está conformada por tres grandes bloques denominados bloque norte, centro y sur, definidos con base en sus características morfotectónicas, en las diferencias en patrones de drenaje, por el vulcanismo, la edad y la deformación presentada, así como por la presencia de fallas (García-Palomo et al., 2008; Mora Álvarez et al., 1991; Osete et al., 2000).

El bloque del norte lo constituyen los volcanes La Bufo, Iturbide y La Catedral, que en general tienen una orientación NW, y presentan importantes colapsos de los edificios volcánicos hacia el SE y una alineación de domos al NW (García-Palomo et al., 2008; Velasco-Tapia et al., 2013). El bloque central lo integran los volcanes Chimalpa, Salazar y parte del complejo San Miguel, y presenta importantes estructuras de domos alineados N-S y NE. Se caracteriza por la presencia de rocas piroclásticas, lahares, flujos de lava y piroclásticos; estructuras volcánicas menores y fallas; abanicos de gran espesor formados por flujos de detritos y de lodo, y en menor cantidad flujos de pómez y bloques y cenizas (Mooser et al., 1974; Romero-Terán, 2001). El bloque del sur está compuesto por los volcanes la Corona y Zempoala (Fries, 1960) y el complejo volcánico San Miguel (Mooser et al., 1974; Romero-Terán, 2001), orientados en dirección N-S y caracterizados por colapsos de gran extensión dirigidos hacia el sur (Macías, 2006). El flanco occidental del volcán San Miguel se caracteriza por la presencia de domos, derrames de lava, conos de escoria y derrames de lava de la Sierra Chichinautzin. La Sierra de las Cruces está limitada por la Sierra Chichinautzin, y descansa discordantemente sobre la Formación Tepoztlán.



**Figura 5.1.1.1 Sierra de las Cruces, los círculos blancos indican la localización de los volcanes A: Ajusco, B: La Bufa, C: La Catedral, Ch: Chimalpa, Co: La Corona, I: Iturbide, SM: San Miguel, S: Salazar, Z: Zempoala**

Debido a la edad de las formaciones volcánicas de la Sierra de las Cruces que se reportan de 13 Ma a 10,000 años, no se puede descartar que pudieran llegar a presentar algún tipo de actividad en el futuro. Sin embargo, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que, de acuerdo con la información existente hasta esta fecha, no se considera que representen algún tipo de peligro a corto plazo para la Delegación Cuajimalpa.

#### - Sierra Chichinautzin

A menos de 20 km al SSE de Cuajimalpa se encuentra la Sierra Chichinautzin. Está compuesta por más de 201 centros monogenéticos cuyas rocas varían de basaltos a dacitas. Esta Sierra ocupa una superficie de aproximadamente 2,400 km<sup>2</sup> (Márquez et al., 1999) y se ha clasificado como un campo de conos cineríticos tipo plataforma, que se caracterizan por ser terrenos volcánicos con una topografía relativamente plana en asociación con extensos flujos de lava (Settle, 1979). En la Sierra se han clasificado 221 volcanes monogenéticos (Figura 5.1.1.2) distribuidos en el Distrito Federal y en los estados de México y Morelos.

La actividad volcánica de la Sierra se caracteriza por conos de escoria con flujos de lava asociados, volcanes tipo escudo y domos de lava (Martín del Pozzo et al., 1982; Márquez et al., 1999). Más de 180 de los 201 estructuras volcánicas que constituyen a la Sierra Chichinautzin son conos cineríticos producidos por erupciones estrombolianas moderadas o violentas.

Alrededor de diez aparatos volcánicos son del tipo volcán escudo. Estos volcanes están constituidos por flujos de lava en cuya cima se localiza usualmente un cono de ceniza.

Los flujos de lava asociados se consideran producto de un vulcanismo de tipo hawaiano. Algunos ejemplos típicos de los flujos de lava son observados en el volcán Xitle (Márquez et al., 1999). También se han identificado alrededor de diez domos de lava los cuales están constituidos por flujos de gran espesor, como es el domo Xicomulco (Cas y Wright, 1996). Adicionalmente, se ha reportado la presencia de depósitos hidromagmáticos asociados a varios volcanes tipo escudo y a algunos conos cineríticos. La posibilidad de erupciones hidromagmáticas aumenta el riesgo potencial en la región (Márquez et al., 1999).

En la Sierra Chichinautzin se distinguen tres etapas de manifestaciones volcánicas: 1) consiste en la emisión de andesitas y dacitas (30,000-23,000 años); 2) emisión de basaltos a dacitas (22,000-4,000 años); y 3) emisión de basaltos que inició hace aproximadamente 3,000 años y se desconoce si continúa en la actualidad (Kirianov et al., 1990).

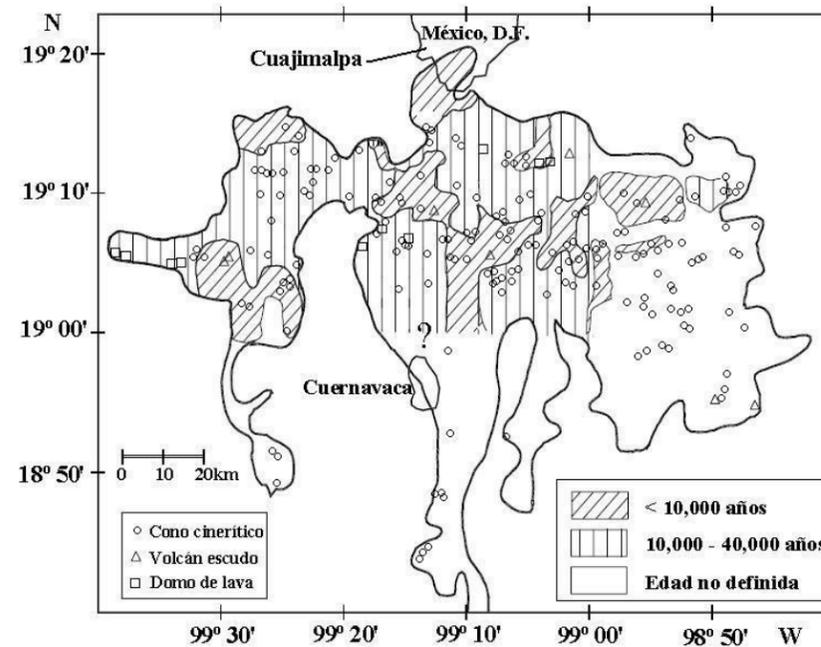


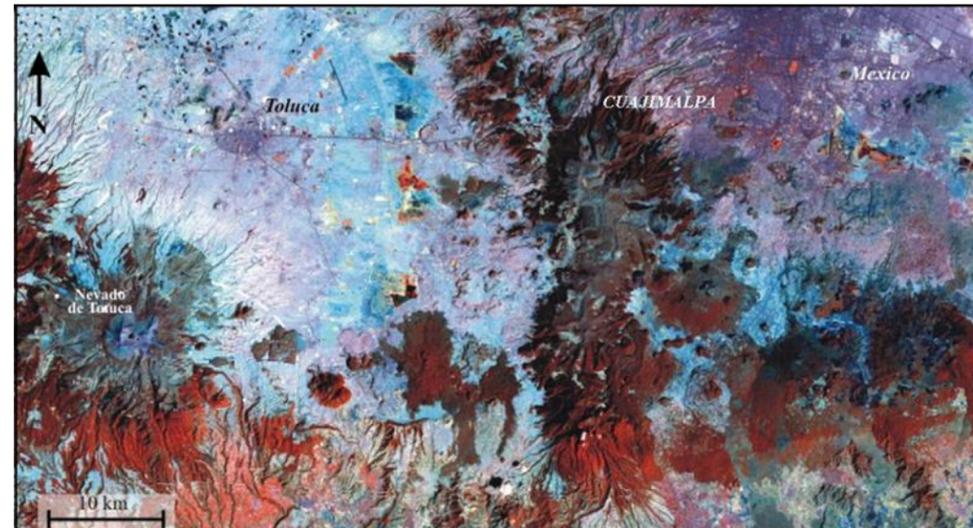
Figura 5.1.1.2 Sierra Chichinautzin (Tomado de Velasco-Tapia y Verma, 2001).

Adicionalmente se encuentran otras formaciones volcánicas que enmarcan el Valle de México y que se encuentran en la zona de influencia volcánica de la Delegación y son principalmente la Sierra Santa Catarina y la Sierra de Guadalupe, dada la juventud de todas las unidades volcánicas mencionadas anteriormente, con edades de menos de 20,000 años y en el caso de la Sierra Chichinautzin de menos de 10,000 años, son consideradas activas. Sin embargo, al igual que en el caso de la Sierra de las Cruces mencionada anteriormente, en fechas recientes no se ha encontrado ningún vestigio de actividad volcánica, por lo que no se considera que representen algún tipo de peligro a corto plazo para Cuajimalpa.

#### - Volcán Nevado de Toluca

El Nevado de Toluca o Xinantécatl se localiza a aproximadamente 55 km al suroeste de la delegación Cuajimalpa, es un estratovolcán complejo que tiene una elevación de 4,680 msnm y representa la cuarta cima más alta del país. Es un volcán de tipo compuesto de edad Pleistoceno tardío-Holoceno constituido por andesitas y dacitas calcialcalinas (Bloomfield y Valastro, 1974; Cantagrel et al., 1981; García-Palomo et al., 2002) (Figura 5.1.1.3). Está emplazado en dos cráteres antiguos en forma de anfiteatro (flancos SE y NE), relacionados con el colapso parcial del edificio.

Su cráter está truncado, su forma es elíptica con un diámetro de 2x1.5 km, con su eje mayor orientado en dirección E-W y una apertura en forma de herradura hacia el este, y fue destruido por una erupción hace  $10,445 \pm 95$  años. En el interior del cráter existen dos lagos llamados el Sol y la Luna, separados por un domo dacítico central conocido como "El Ombligo" (Macías, 2005).



**Figura 5.1.1.3 Ubicación del volcán Nevado de Toluca y Cuajimalpa.**

El Nevado de Toluca se localiza en la intersección de tres sistemas de fallas, el de Taxco-Querétaro con dirección NNW-SSE, el San Antonio dirección E-W y el sistema Tenango de dirección NE-SW (García Palomo et al. 1996; García Palomo et al., 2000).

Su actividad se ha caracterizado por erupciones muy explosivas con períodos largos de descanso. El volcán antiguo o primitivo se formó hace 1.6 - 1.3 Ma, y está compuesto de lavas andesíticas, sobre un basamento conformado por secuencias metamórficas y sedimentarias (Cantagrel et al., 1981). Durante los últimos 100,000 años el Nevado de Toluca ha tenido varios eventos paroxísmicos de tipo peleano, pliniano y algunas erupciones pequeñas de tipo freatomagmático, así como eventos de destrucción de domos y colapsos gravitacionales (Macías et al., 1997a). En estas erupciones se han presentado avalanchas, flujos de bloques y ceniza, flujos de pómez, flujos de ceniza, lahares y depósitos de caída.

Aproximadamente hace 100,000 años, se produjeron dos colapsos parciales en su flanco sur que dieron lugar a avalanchas de escombros (Macías et al., 1997a). Una erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace  $43,000 \pm 2,000$  años, y produjo el Flujo de Pómez Rosado (Macías et al., 1997a). Después de este evento eruptivo se presentaron dos eventos de destrucción de domos (VEI=4) que produjeron el depósito de flujos de bloques y ceniza, hace 37,000 - 28,925 (Bloomfield y Valastro, 1977; Macías et al., 1997a) y ocurrió el emplazamiento del domo parásito del Cerro Gordo.

Posteriormente el volcán tuvo una erupción vulcaniana (VEI=3) hace  $26,610 \pm 1,208$  años, que depositó el Flujo de Pómez Blanco (Macías et al., 1997a). Le siguió una erupción pliniana (VEI=3), que dio lugar a la Pómez Toluca, fechada en más de 24,000 años (Bloomfield et al., 1977). Posteriormente ocurrieron cinco erupciones vulcanianas (VEI=1-2), de las cuales se han fechado el flujo de pómez La Ciervita de edad  $24,000 \pm 500$  años (Aceves-Quezada et al., 2006); ceniza Las Huertas de edad  $15,340 \pm 150$  años (Newton y Metcalf, 1999) y el flujo de pómez de edad  $13,400 \pm 350$  años (Aceves-Quezada et al., 2006). Una nueva erupción pliniana (VEI=3), ocurrió hace  $12,040 \pm 92$  años y depositó la Pómez Blanca Intermedia (Cervantes de la Cruz, 2001).

Después se depositaron extensas capas de pómez de caída, la Pómez Toluca Superior, producto de una erupción ultrapliniana (VEI=5) ocurrida hace  $10,445 \pm 95$  (Arce, 1999), que dio lugar a una columna eruptiva de 35 km de altura. Esta erupción cubrió con una capa de pómez y ceniza un área aproximada de 2,000 km<sup>2</sup>, en la dirección noreste del volcán, hacia la Cuenca de Lerma, la Sierra de las Cruces y la Cuenca de México. Debido a la edad de esta erupción ( $10,445 \pm 95$ ), el volcán por mucho tiempo se consideró extinto. Sin embargo, en épocas recientes se detectó un evento volcánico, que probablemente sea el último evento eruptivo del Nevado de Toluca, y está representada por los depósitos de oleada gris y flujo de ceniza café con edad de  $3,140 \pm 195$  años (Macías et al., 1997a). La actividad volcánica concluye con el emplazamiento del domo denominado El Ombligo. Debido a esta última erupción, actualmente se considera al Nevado de Toluca como un volcán activo en estado de quietud. La Tabla 5.1.1 es un resumen de la historia eruptiva del Nevado de Toluca.

**Tabla 5.1.1.1 Historia de la actividad reciente del volcán Nevado de Toluca.**

AÑOS	TIPO DE ACTIVIDAD
1.2 -1.6 Ma	Formación del edificio volcánico
100,000	Dos colapsos parciales en el flanco sur, que produjeron avalanchas de
± 43,000	Erupción pliniana. Actividad intensa. La actividad se acompaña de avalanchas e importantes flujos de cenizas.
37,000 - 28,925	Reactivación violenta, dos eventos de destrucción de domos. Flujos de
± 26,600	Erupción vulcaniana
>24,000	Erupción pliniana
24,000 – 13,400	Cinco erupciones vulcanianas
± 12,000	Erupción Pliniana
± 10,500	Erupción Ultraplíniana. Columna eruptiva de 35 km.
± 3,100	Flujos de ceniza

Con base en los estudios estratigráficos, durante los últimos 42,000 años, el Nevado de Toluca ha presentado al menos 12 erupciones importantes a intervalos de 1,000 a 8,000 años (Capra et al., 2008). Con la información con que se cuenta hasta el momento, no ha sido posible identificar periodos de recurrencia. Capra et al. (2008) consideran que el escenario futuro más probable puede ser una pequeña explosión freatomagmática como la ocurrida hace aproximadamente 3,100 años.

De ocurrir nuevamente una erupción como la de hace 10,500 años, el territorio de la delegación Cuajimalpa se vería fuertemente afectado por material de caída. En la Figura 5.1.1.4 se muestran el resultado de simular una erupción como la de hace 10,500 años, con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) 6, en la que se observan las áreas que resultarían afectadas por la caída de pómez y ceniza, lo que alcanzaría un espesor de 10 cm (Capra et al., 2008), con los problemas que esto implicaría a la infraestructura y salud.

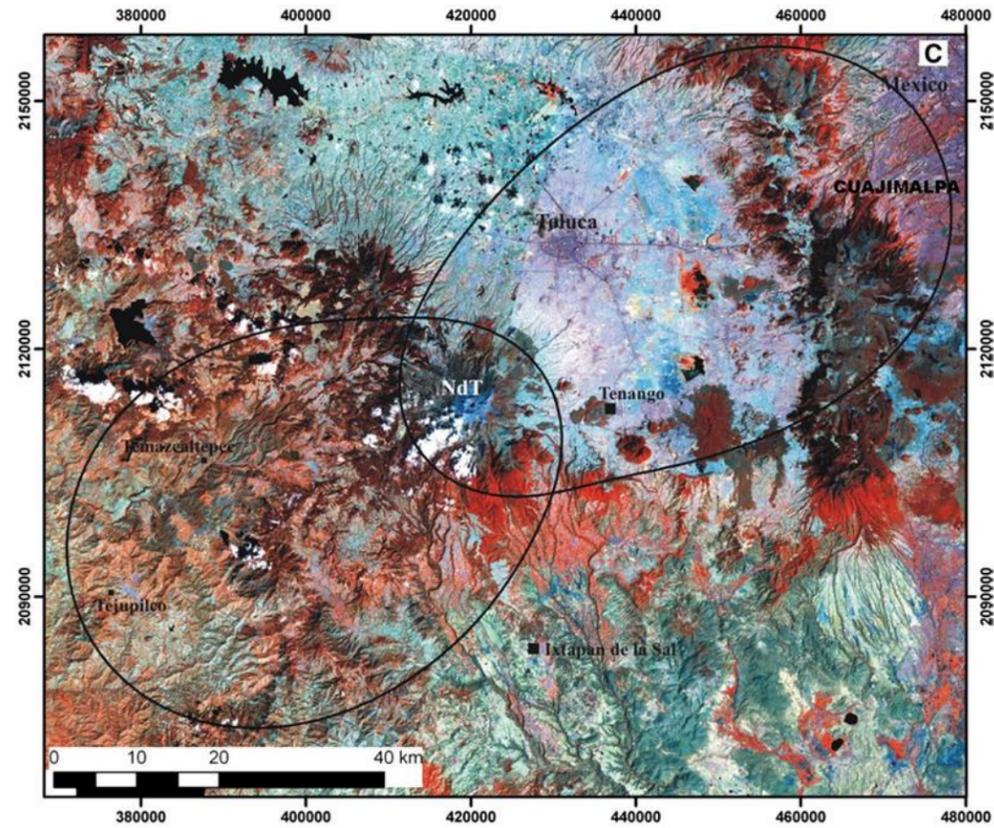


Figura 5.1.1.4 Mapa de isopaca de ceniza de 10 cm de espesor, resultado de la simulación de una erupción volcánica VEI 6 en el volcán Nevado de Toluca (NdT) (Tomado de Capra et al., 2008).

De acuerdo a la dirección preferencial del viento en las diferentes épocas del año, el peligro por caída de ceniza durante los meses de octubre a marzo, se localiza al este y al noreste del volcán; de abril a mayo al norte y de junio a septiembre al noroeste. En caso de una erupción de intensidad  $VEI > 4$ , la zona afectada incluiría a la Ciudad de México, y particularmente el área de la Delegación Cuajimalpa. La Figura 5.1.1.5 es el Mapa de Peligros del Nevado de Toluca, en donde se muestran las áreas afectadas por los diferentes peligros volcánicos por erupciones de todo tipo (Aceves-Quezada et al., 2006).

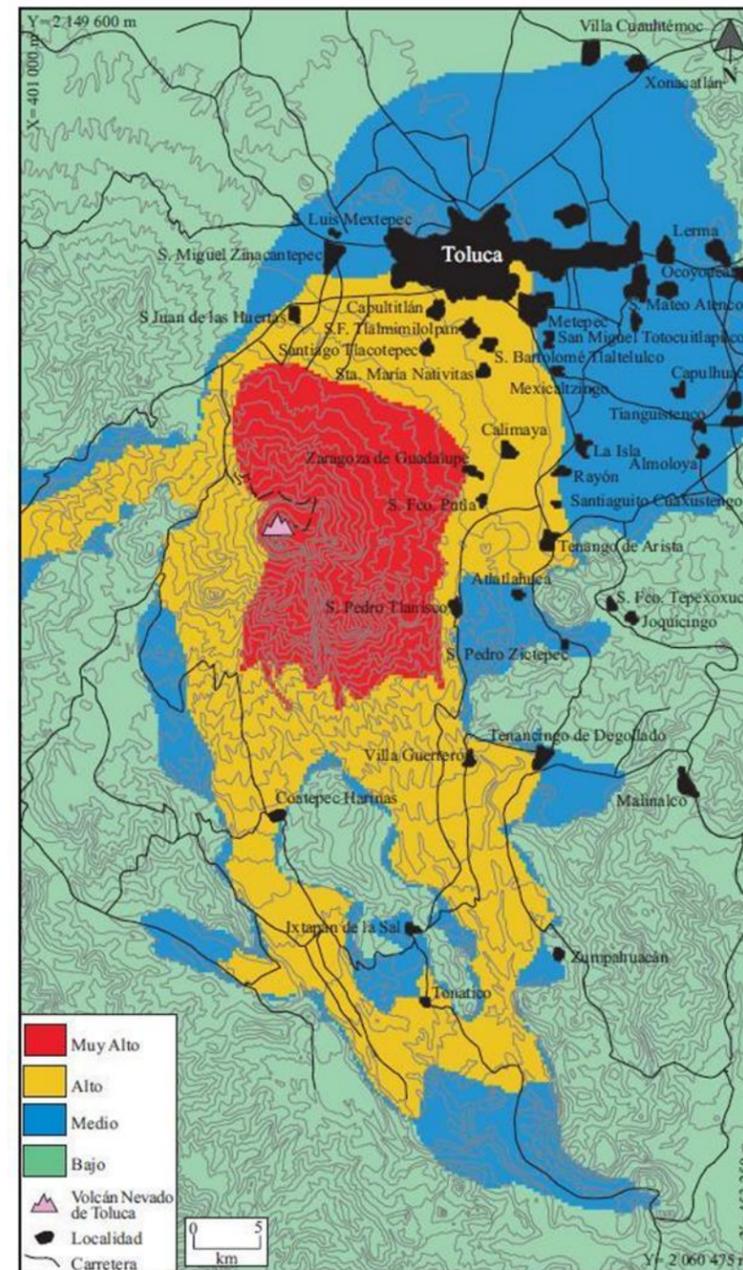
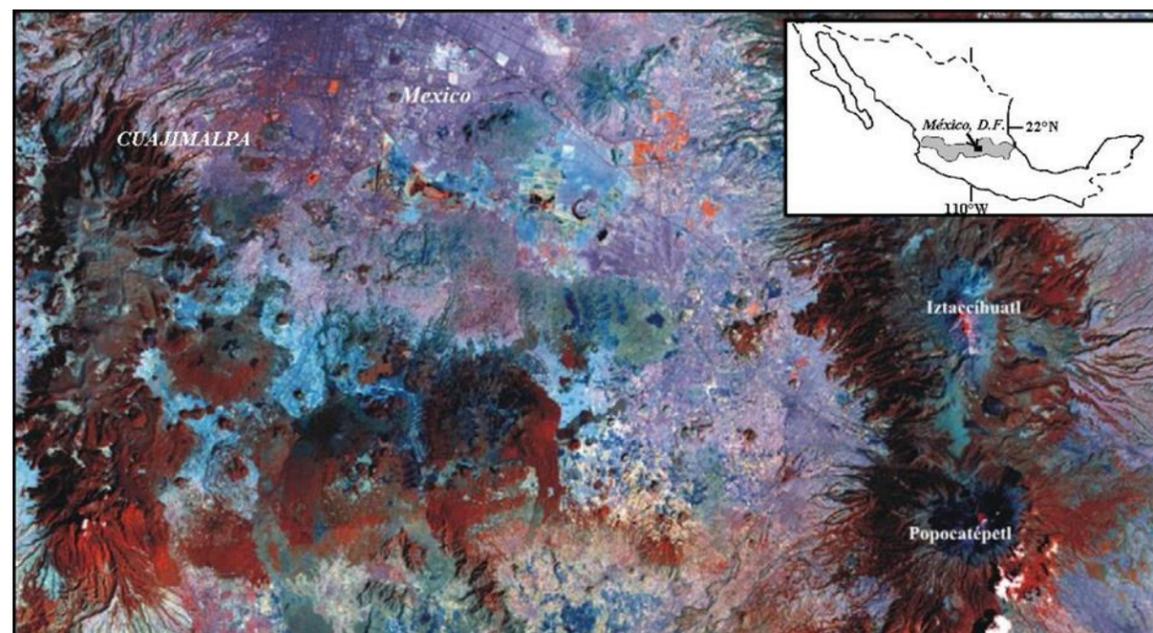


Figura 5.1.1.5 Mapa de Peligros del Nevado de Toluca (Aceves-Quezada et al., 2006).

### - Volcán Popocatépetl

La Sierra Nevada se ubica a menos de 78 km al Sureste de Cuajimalpa, está constituida principalmente por el volcán considerado extinto Iztaccihuatl y el volcán activo Popocatépetl (Figura 5.1.1.6).

El volcán Popocatépetl tiene una altura de 5450 msnm y es la segunda montaña más alta del país, después del Pico de Orizaba. Es uno de los volcanes más activos de México y representa un gran riesgo para las ciudades cercanas.



**Figura 5.1.1.6 Ubicación de Cuajimalpa y del volcán Popocatépetl.**

El primer edificio volcánico formado y que constituye la base del actual Popocatépetl fue el volcán Nexpayantla (Mooser et al., 1958; Robin, 1984), está constituido por la emisión de una serie de derrames de lavas andesíticas y dacíticas. Fue destruido por una erupción ocurrida hace 200,000 años y produjo el colapso de una parte de este volcán y la formación de una caldera. Al interior de esta caldera inició la construcción de un nuevo volcán conocido como El Fraile, formado por derrames andesíticos y dacíticos. Este volcán colapsó hace 50 000 y 30 000 años, debido a una erupción tipo Bezymiany, la cual destruyó la parte meridional del volcán (Boudal y Robin, 1989). Hace aproximadamente 23 000 años, una erupción lateral destruyó el antiguo cono e inició la construcción del actual cono del Popocatépetl, edificado por una serie de depósitos piroclásticos y coladas de lava de composición andesítica-dacítica (Macías, 2005).

El Popocatépetl a lo largo de su historia ha sido recurrentemente activo presentando gran variedad en sus formas de actividad eruptiva. Durante los últimos 20,000 años, la actividad explosiva del Popocatépetl ha presentado cuatro eventos mayores, con producción de pómez de caída y flujos de ceniza. El primero fue una erupción freato-pliniana de hace 14,000 años, generó flujos piroclásticos y oleadas (surges) en zonas proximales, y culminó con la formación de una columna pliniana, que fue dispersada por los vientos estratosféricos hacia el noroeste en dirección de la Ciudad de México (Siebe et al., 1997). Los otros tres eventos ocurrieron hace 5,000, 2,150 y 1,100 años, fueron erupciones plinianas hidromagmáticas bastante violentas, que dispersaron nubes turbulentas húmedas tipo surge a distancias mínimas de 20 km, también se produjeron flujos piroclásticos y lahares. Contemporáneamente se produjeron flujos de lava, y flujos de lava fisurales de composición andesítica (Schaaf et al., 2005). Posteriormente se presentaron cuatro eventos menores, ocurridos hace 11,000, 9,000, 7,000 y 1,800 años (Siebe et al., 1997; Siebe y Macías, 2004).

Su último episodio eruptivo inició en diciembre de 1994, después de 67 años de tranquilidad, y continúa hasta la fecha. Las emanaciones del 21 de diciembre de 1994 indicaron el inicio de este episodio, el cual consistió en erupciones freáticas y magmáticas que liberaron grandes cantidades de gases magmáticos y arrastraron partes del conducto volcánico (De la Cruz-Reyna et al., 1995). La Tabla 5.1.1.2 resume la actividad histórica reciente registrada en el volcán Popocatépetl.

De marzo de 1996 a la fecha, la actividad del volcán se ha caracterizado por la formación de domos y su posterior destrucción a través de eventos explosivos que han originado grandes columnas eruptivas. Las erupciones más sobresalientes son las desarrolladas durante los eventos de junio 1997, diciembre 2000, y enero de 2001.

El evento del 30 de junio de 1997 generó una columna que alcanzó en pocos minutos 8 km por encima del cráter del volcán. Fue reportada caída de ceniza en muchos poblados alrededor del volcán incluyendo la Ciudad de México. No se registraron daños o víctimas y la intensidad de la erupción se estima que alcanzó un índice de explosividad volcánica (VEI) de 2 a 3 (Bull. GVN, 1997). En los dos días siguientes ocurrió un lahar en dirección al poblado de Xalitzintla, llegando a 12 km al Noreste del volcán, originado por precipitación intensa.

La erupción de diciembre 2000-enero 2001, produjo varias columnas de ceniza que alcanzaron de 3 hasta 8 km de altura sobre el nivel del cráter. El volcán lanzó fragmentos y generó flujos piroclásticos que descendieron por varias cañadas hasta distancias estimadas entre 4 y 6 km. Ocurrieron episodios de tremor (vibración interna del volcán) que fueron sentidos en poblaciones ubicadas hasta 14 km de distancia. Se generaron lahares que descendieron aproximadamente 15 km, quedando a 2 km de la población de Santiago Xalitzintla, Puebla (Capra et al., 2004). A todo el período de actividad iniciado en diciembre de 2000, se le asignó un VEI = 3 (Bull. GVN, 2000).

**Tabla 5.1.1.2 Historia de la actividad reciente del volcán Popocatepetl (De la Cruz-Reyna et al., 1995).**

FECHA	TIPO DE ACTIVIDAD
1354	Actividad menor
1363	"
1509	"
1512	"
1519-1530	Grandes erupciones
1539-1540	Grandes emisiones de ceniza
1548	"
1562-1570	"
1571	"
1592-1594	"
1642	Emisiones de ceniza
1663-1665	"
1697	"
1720	Actividad menor
1720-1919	Actividad solfatarica considerable
1920-1927	Actividad explosiva
1992-1993	Actividad fumarólica
1994 a la fecha	Actividad explosiva

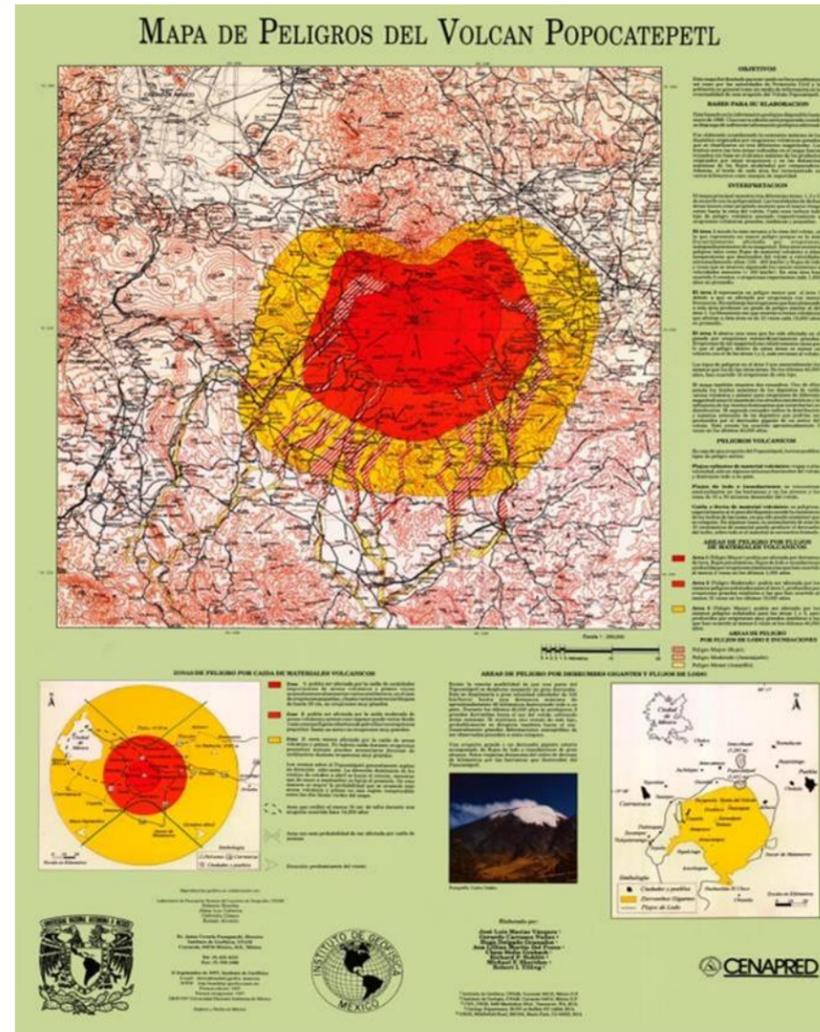


Figura 5.1.1.7 Mapa de peligros del volcán Popocatepetl (Macías et al., 1997b).

La Figura 5.1.1.7 muestra el mapa de peligros del volcán Popocatepetl, en el que se observa que el peligro volcánico potencial para la Delegación Cuajimalpa es la caída de materiales volcánicos (ceniza volcánica). Cuajimalpa se ubica dentro del Área 3, que de acuerdo con lo estipulado en el mapa, corresponde a un área que sería menos afectada por la caída de arena volcánica y pómez. No habría caída durante erupciones pequeñas pero podrían acumularse decenas de centímetros durante erupciones muy grandes (Macías, et al., 1997b). Los vientos sobre el Popocatepetl generalmente soplan en dirección este-oeste. La dirección dominante de los vientos de octubre a abril es hacia el oriente, mientras que de mayo a septiembre es hacia el poniente del volcán. La zona donde existe mayor probabilidad de que se acumule más arena volcánica y pómez, es la región comprendida entre las dos curvas delimitantes que se muestran en el mapa de peligros por caída de materiales volcánicos de la Figura 5.1.1.8 (Macías, et al., 1997b). Por lo que durante una erupción de magnitud mayor, con columnas de cenizas que rebasen los 10 km de altura, podría esperarse caída de ceniza importante, particularmente si ocurriera entre los meses de mayo a septiembre.

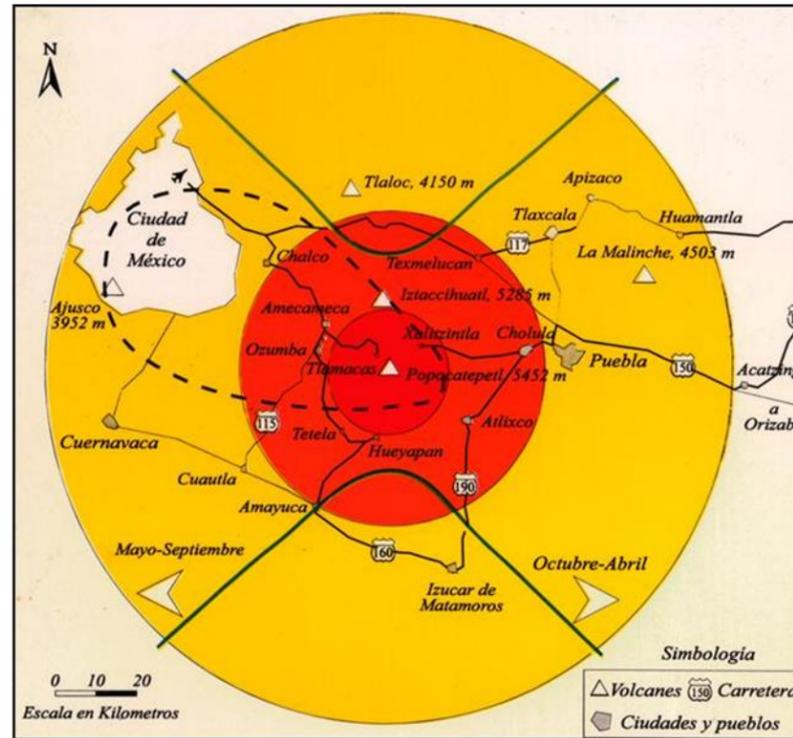
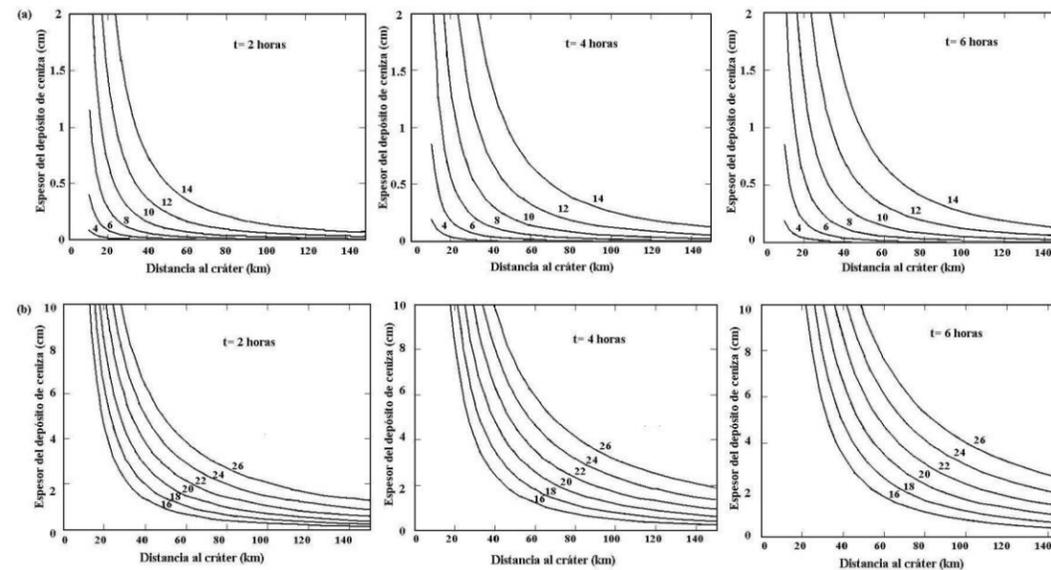


Figura 5.1.1.8 Zonas de peligro por caída de materiales volcánicos del mapa de peligros del volcán Popocatepetl (Macías et al., 1997b).

#### - Ceniza volcánica

En las gráficas de la Figura 5.1.1.9 se muestra la estimación de espesores de ceniza volcánica en función de la distancia, en escenarios eruptivos para el volcán Popocatepetl. Se consideraron erupciones con duraciones de 2, 4 y 6 horas, velocidad del viento de 50 km/h con dirección directamente a Cuajimalpa; con alturas de columnas eruptivas, para el primer caso (a) erupciones moderadas en el rango de 4 a 14 km, con una probabilidad de ocurrencia de  $10^{-3}$ ; y (b) para grandes alturas de columna en el rango de 16 a 26 km con una probabilidad de ocurrencia de  $10^{-4}$  (De la Cruz, 2002). Se observa que el espesor esperado para la región de Cuajimalpa varía de alrededor de 0.1 cm, para un evento de dos horas de duración y una columna de 4 km de altura, hasta 7 cm, para el caso de una erupción con 6 horas de duración y una columna eruptiva de 26 km de altura.



**Figura 5.1.1.9 Estimación de espesores de cenizas volcánicas en función de la distancia, para erupciones del volcán Popocatepetl, para eventos de 2, 4 y 6 horas de duración, con velocidad del viento de 50 km/h y columnas eruptivas de (a) 4, 6, 8, 10, 12 y 14 km y (b) 16, 18, 20, 22, 24, 26 km (De la Cruz, 2002).**

Se debe tomar en consideración que las cenizas volcánicas pueden afectar áreas muy extensas y por lo tanto a un gran número de personas, además que la ceniza más fina puede permanecer en el aire por varios días y hasta por algunas semanas. Las cenizas llegan a distancias de hasta varios cientos de kilómetros del volcán que las originó. Pueden provocar algunos efectos nocivos para la salud de personas y animales, afectar el clima, obstruyen las corrientes de agua, presas, alcantarillas, plantas de aguas y todo tipo de maquinaria; se amontonan en las carreteras, vías férreas obstruyendo el paso, y llega a ser resbalosa, al mezclarse con agua puede conducir la electricidad, produciendo corto-circuitos en líneas de transmisión de energía y en líneas de comunicación; también se acumulan en techos, donde 10 cm de espesor representará una carga extra de 40-70 kg/m<sup>2</sup> si está seca, y de 100-125 kg/m<sup>2</sup> si está húmeda, llegando en ocasiones a provocar el colapso de los techos, asimismo, representa un gran peligro para las aeronaves, sin embargo, en contraste con otros peligros volcánicos, los efectos de la ceniza pueden ser mitigados mediante una adecuada planificación y preparación (Martínez y Gómez, 2006). En la Tabla 5.1.1.3 se presentan algunos efectos de este peligro volcánico.

**Tabla 5.1.1.3 Resumen general de los efectos de las cenizas volcánicas (Martínez y Gómez, 2006).**

Efectos de la caída de cenizas (Varía dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La inhalación de la ceniza puede provocar el empeoramiento de enfermedades pulmonares, asma, silicosis por exposición prolongada al aire libre.</li> <li>• Puede provocar también trastornos gastrointestinales por la ingestión de agua contaminada con flúor y posiblemente con metales pesados (arsénico, mercurio, etc.) o por la ingestión de alimentos contaminados.</li> <li>• Puede causar daños oculares como conjuntivitis y abrasiones en la córnea.</li> <li>• Colapso de tejados: Capas de ceniza de 2 a 3 cm de espesor pueden causar el colapso de tejados con pendientes menores a 20°; y/o con estructuras de mala calidad.</li> <li>• La ceniza fina puede causar contaminación en ambientes interiores limpios como quirófanos, laboratorios farmacéuticos, mecánica de precisión, óptica, en la industria de la alimentación, etc.</li> <li>• Los equipos electrónicos pueden sufrir importantes daños tanto por la capacidad abrasiva de la ceniza como por su comportamiento eléctrico, ya que la ceniza humedecida es altamente conductiva pudiendo provocar cortocircuitos. Se debe tener especial cuidado con sistemas de agua, bombas, filtros y válvulas muy susceptibles a sufrir daños por la caída de cenizas.</li> <li>• Interferencias de radio y televisión, así como fallas en el suministro eléctrico.</li> <li>• Capas de 1 a 2 cm. de ceniza puede provocar daños de suma importancia en la industria con equipamiento mecánico, eléctrico o químico. La maquinaria expuesta deberá ser sometida a cuidadoso procedimiento de limpieza, para evitar posteriores problemas por efecto de la abrasión. Igualmente la limpieza debe realizarse con maquinaria especialmente</li> </ul>

Efectos de la caída de cenizas (Varía dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción)
<p>preparada para trabajar en medios muy abrasivos.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• La ceniza disminuye rápidamente la capacidad de filtración del suelo, taponando cañerías y cauces de agua, aumentando considerablemente el riesgo de inundaciones.</li><li>• Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y evidentemente del espesor de la capa de cenizas caída. Sin embargo, en climas cálidos la vegetación se recupera en muy poco tiempo.</li><li>• Este fenómeno afecta también a la ganadería, arruinando pastos y dañando considerablemente la lana de los animales.</li><li>• Los gases retenidos en las cenizas se liberan lentamente, pudiendo provocar problemas respiratorios y asfixia, especialmente en las zonas donde la acumulación de ceniza es importante. Las personas que padecen de problemas respiratorios o alergias serían las más afectadas.</li><li>• Las cenizas pueden transportar ciertos elementos que pueden ser contaminantes al ser disueltos en las aguas de los ríos y manantiales. El cloro y los sulfatos, por su alta capacidad de disolución, son los más propensos a generar esta contaminación.</li><li>• Los depósitos de ceniza pueden permanecer mucho tiempo sin solidificarse, especialmente en zonas áridas, siendo removidos fácilmente por el viento y propagándose a distancias mayores durante un largo periodo después de la erupción.</li><li>• Pueden ocasionar accidentes de automóviles (carreteras resbaladizas y escasa visibilidad). Accidentes aéreos, por ingreso de ceniza en los motores.</li></ul>

En función de la baja probabilidad que presentan, cualquiera de las fuentes volcánicas cercanas a la delegación Cuajimalpa, de generar un fenómeno volcánico de tal magnitud que pudiera, en un momento dado, afectar a la zona, esto de acuerdo a las condiciones actuales de actividad del Nevado de Toluca, Sierra de las Cruces, Sierra Chichinautzin y volcán Popocatepetl, en forma general se puede considerar que el peligro volcánico en Cuajimalpa es de nivel **BAJO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 2.

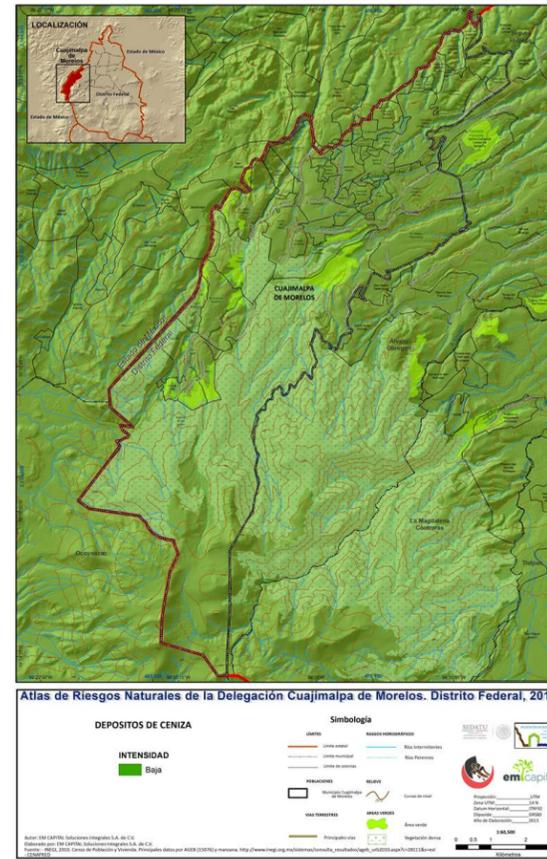
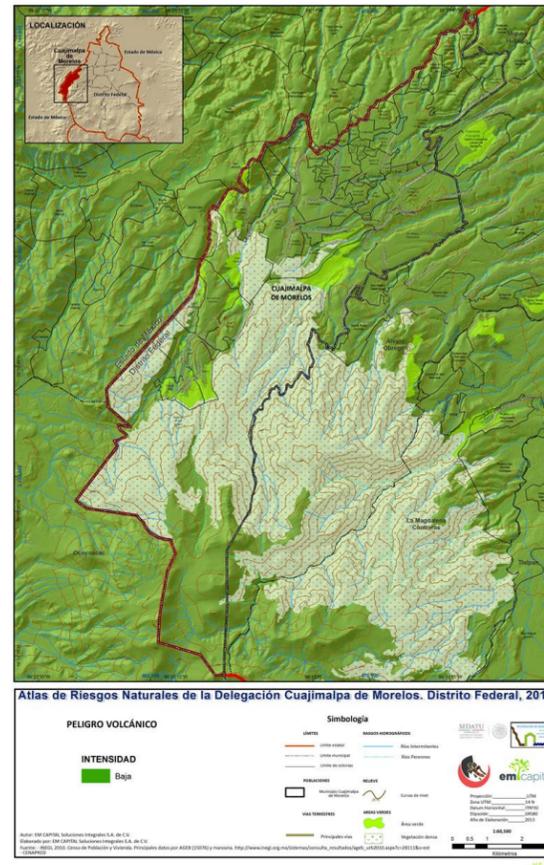


Figura 5.1.1.10. Peligro por caída de ceniza.



**Figura 5.1.1.11. Peligro volcánico.**

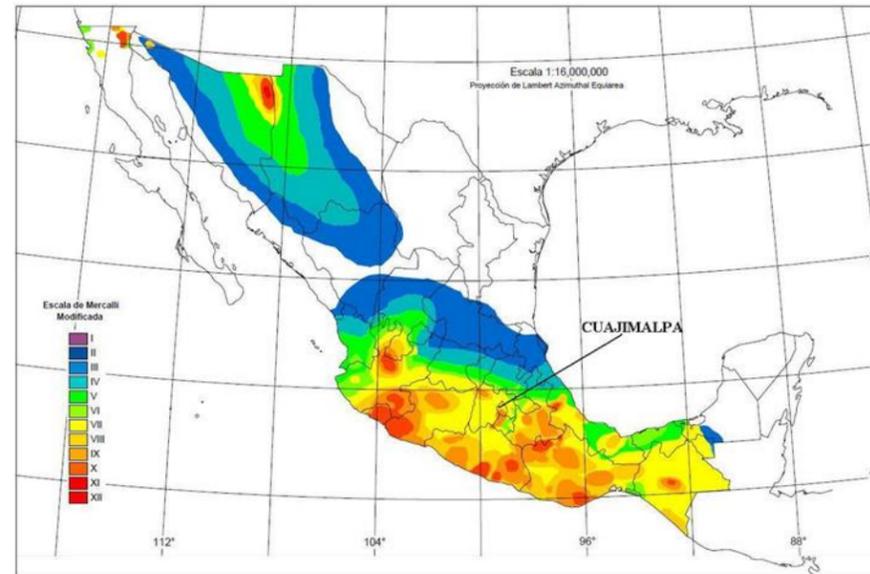
### 5.1.2. Sismos

La Ciudad de México, y en consecuencia la delegación Cuajimalpa, se encuentra ubicada en la zona B de acuerdo con la regionalización sísmica de México. La zona B es considerada una zona intermedia en la que los sismos no ocurren tan frecuentemente como en la zona D, que es la zona de mayor sismicidad en México, tanto por su frecuencia como por las magnitudes que alcanza. La zona B es una zona afectada por altas aceleraciones, pero que no sobrepasan el 70% de la aceleración del suelo (Servicio Sismológico Nacional, SSN; <http://www.ssn.unam.mx/>) (Figura 5.1.2.1).



**Figura 5.1.2.1 Regionalización sísmica de la República Mexicana (CFE, 2010). A: no se han reportado sismos en los últimos 80 años; B y C: sismos no tan frecuentes, son zonas afectadas por altas aceleraciones que no sobrepasan el 70% de la aceleración de la gravedad; D: se han reportado grandes sismos históricos, la ocurrencia de sismos es muy frecuente y las aceleraciones del suelo pueden sobrepasar el 70% de la aceleración de la gravedad.**

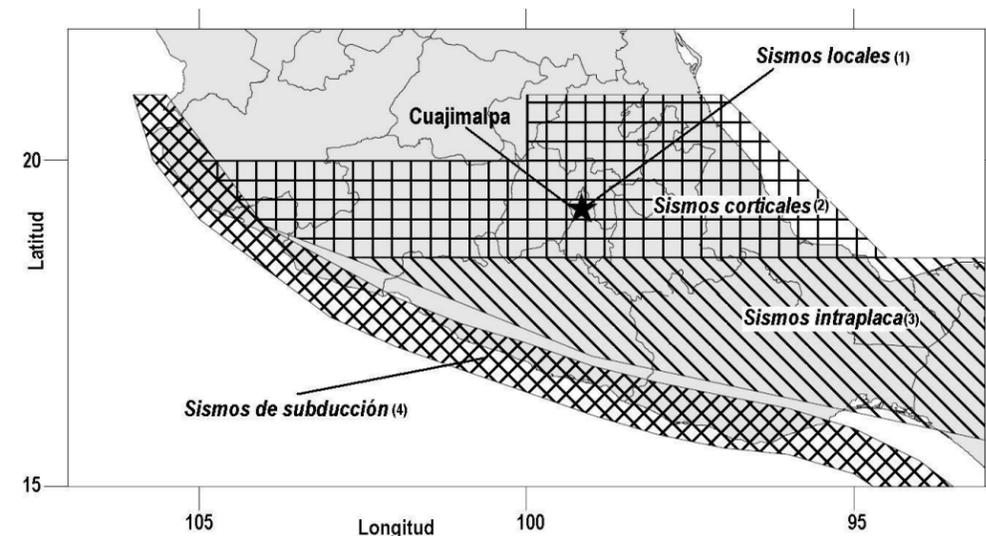
De acuerdo a la distribución general de intensidades (MM, Mercalli Modificado) de la República Mexicana, realizada con base en los sismos ocurridos de 1845 a 1985 (Figura 5.1.2.2), La delegación Cuajimalpa ha sido afectado, en forma general, con intensidades máximas del orden de VII (MM).



**Figura 5.1.2.2 Intensidades Sísmicas Máximas de México para temblores entre 1845 y 1985 (CENAPRED, 2001).**

Lo que, de acuerdo con la escala de intensidades de Mercalli Modificado implica que, todo mundo corre al exterior, daños ligeros en estructuras de diseño especialmente bueno; considerable en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; rompimiento de algunas chimeneas. Notado por algunas personas que conducen automóviles. Caída de cielos rasos, ladrillos, piedras, tejas, cornisas también antepechos no asegurados y ornamentos de arquitectura, pánico generalizado.

La identificación y caracterización de las fuentes sismogénicas que pueden afectar a un determinado lugar, constituye el primer paso en la realización de un análisis de la peligrosidad sísmica (Reiter, 1990). Las principales fuentes sísmicas que afectan a la delegación Cuajimalpa pueden clasificarse en cuatro grupos: (1) Sismos locales ( $M \leq 5.5$ ) originados dentro de la cuenca; (2) Sismos corticales, tipo Acambay ( $M \leq 7.0$ ), que se originan en la Faja Volcánica Transmexicana; (3) Sismos intraplaca de profundidad intermedia de falla normal causados por rompimientos de la placa de Cocos ya subducida con magnitudes probables de hasta  $M=7.0$ ; y (4) Sismos de subducción ( $M > 8.0$ ) (Rosenblueth et al., 1987) (Figura 5.1.2.3).



**Figura 5.1.2.3 Fuentes sismogénicas que afectan a la delegación Cuajimalpa (Ordaz et al., 2000).**

**- Sismicidad local:**

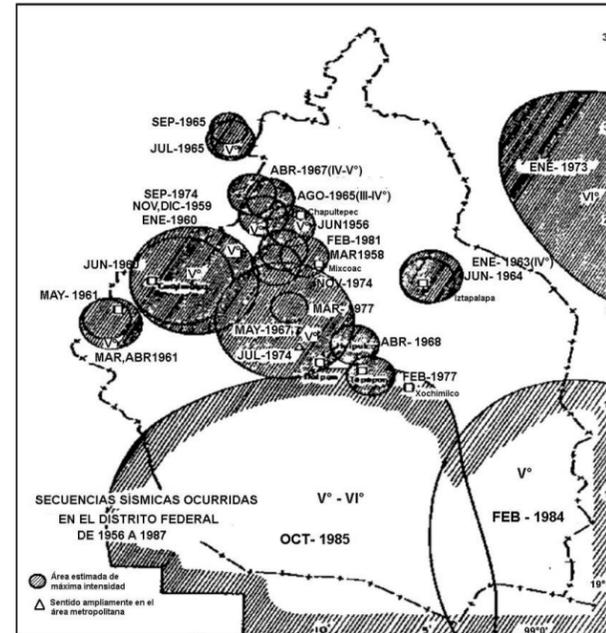
La primera fuente se refiere a la sismicidad local ( $M \leq 5.5$ ) y profundidades menores a 10 km originados dentro del territorio de la Delegación y sus alrededores. Los sismos locales se presentan como una fuerte sacudida vertical casi instantánea, seguida por vibraciones rápidas de muy corta duración. Frecuentemente, estos sismos son acompañados de un fuerte ruido subterráneo, y generalmente se presentan como una secuencia o enjambres de varios eventos en corto tiempo y posiciones epicentrales cercanas.

En la zona de Cuajimalpa no es posible conocer con detalle este tipo de sismicidad debido a la carencia de datos, relacionados con sismos de tan pequeñas magnitudes, tampoco se cuenta con documentación o registros históricos de sismos originados dentro de los terrenos de la Delegación. Sin embargo, la sismicidad dentro de la cuenca de México se concentra en cuatro zonas ya conocidas por su continua actividad (Rodríguez et al., 1984; CENAPRED, 2001; Lermo et al., 1997). La primera zona es la de Milpa Alta; la segunda se encuentra al sur del Peñón de los Baños; la tercera es la zona de Texcoco, donde con frecuencia se registran sismos provocados por la explotación (con explosivos) de material para la construcción; y la cuarta zona es la ubicada a lo largo de la Sierra de las Cruces, particularmente en Mixcoac.

Se tienen frecuentes reportes de sismos sentidos al pie de la Sierra de las cruces, principalmente en la delegación Álvaro Obregón, zona de Mixcoac, que es la más cercana a Cuajimalpa y la que pudiera de alguna forma afectar a la Delegación. En el área de Mixcoac existe un sistema de fallas (Mooser et al.1986), muchas de estas fallas están clasificadas como inactivas, sin embargo, la Red Sísmica del Valle de México (RSVM) ha registrado un buen número de eventos localizados dentro de la delegación Álvaro Obregón, lo que muestra que dentro del sistema de Fallas de la Sierra de las Cruces existe evidencia de actividad tectónica en algunas de esas fallas (Cárdenas-Soto y Reyes, 2008) (Figura 5.1.2.4).

**Tabla 5.1.2.1 Sismos y secuencias sísmicas locales históricas sentidas en el Distrito Federal (Servicio Sismológico Nacional, SSN, 1987).**

Fecha	Descripción
1475	Causó graves daños a las construcciones de la antigua ciudad; diversas fuentes históricas describen la destrucción de casas y edificios de la ciudad, así como deslaves y derrumbes de algunos cerros.
12 de mayo de 1776	Sentido fuertemente en la ciudad de México como un movimiento trepidatorio, corto pero de gran intensidad, algunos daños.
29 de junio de 1952	Se sintió con intensidad de V (MM) en las colonias de el Capulín, Belén de las Flores, Las Palmas, Observatorio, Tacubaya y San Pedro de los Pinos. Magnitud aproximada 4.0.
12 de agosto de 1959	Sismo en Santa Cruz Ayotuxco, Tlalnepantla, que derribó una casa de adobe y fue sentido con intensidad máxima de IV a V (MM). Mag. 4.2.
22 de enero de 1973	Se sintió un temblor con intensidad de VI (MM) en prácticamente toda la ciudad de México, Texcoco y Tlalnepantla. Magnitud de 3.7.
4 y 5 de febrero de 1981	Enjambre sísmico, los 5 sismos más grandes con magnitudes aproximadas de 3.0. Localizados en el Olivar del Conde. Las intensidades máximas reportadas en colonias aledañas son de grado V (MM)
7 de febrero de 1984	Sentido con una intensidad de V (MM) en los pueblos al sureste del Distrito Federal.
19 de octubre de 1985	Este temblor es parte de una secuencia de sismos locales que ocurrieron en la ciudad de México después del terremoto del 19 de septiembre. fuertemente sentido en Tlalpan, Contreras y Xochimilco.



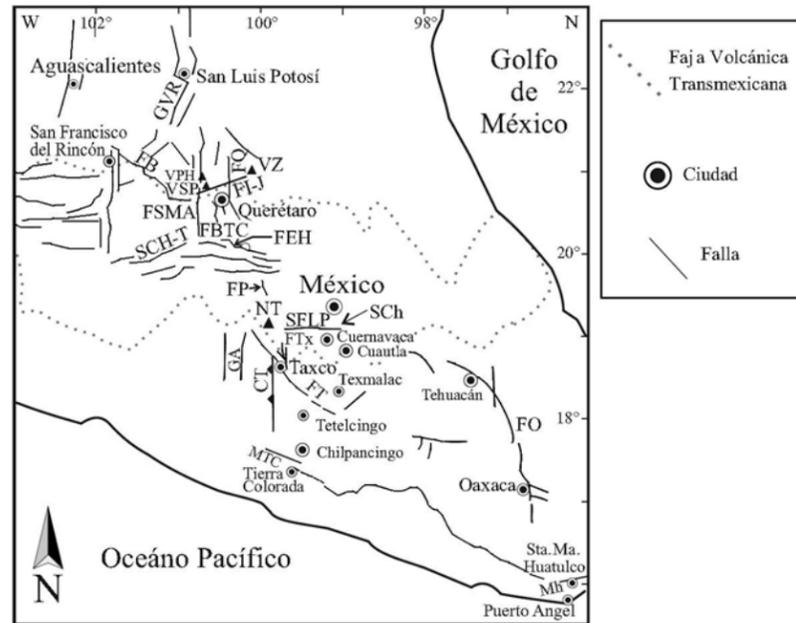
**Figura 5.1.2.4 Secuencias sísmicas registradas en el Distrito Federal de 1956 a 1987. Los círculos hachurados representan el área de máxima intensidad (Mercalli Modificada) observada en cada secuencia (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>).**

Existen reportes de sismos sentidos en la Ciudad de México, la Tabla 5.1.2.1, es un breve resumen de los más importantes sismos y secuencias sísmicas históricas registrados, que al parecer se generaron en los terrenos de la Ciudad. La Figura 5.1.2.4 muestra las zonas afectadas por los sismos originados en la Ciudad de México hasta 1987, los círculos achurados muestran las áreas afectadas por las máximas intensidades Mercalli Modificado (MM) generadas por los sismos (SSN).

**- Sismicidad cortical:**

La segunda fuente la constituye la deformación cortical debida a sistemas de fallas presentes en la región. Esta fuente da origen a sismos superficiales de magnitudes moderadas a pequeñas que producen daños locales ( $M \leq 7.0$ ), este tipo de sismos son menos frecuentes que los de a la tercera fuente.

La delegación Cuajimalpa se encuentra en la región central de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), la que se caracteriza por la presencia de sismicidad cortical (Engdahl, 1988). Esta sismicidad tiene su origen en las numerosas fallas normales con dirección E-W presentes en la región, que se caracterizan por la presencia de pronunciados escarpes, y que presentan distintos grados de actividad sísmica (Figura 5.1.2.5) (Suter et al., 1992, 1995a, 1995b). Las profundidades de estos sismos son generalmente menores a 20 km, y dependiendo de su ubicación pueden ser muy destructivos para la Ciudad de México debido a su cercanía. Como ejemplo de este tipo de sismos que han afectado a la Delegación se tiene, el de Acambay, Edo. de México, en 1912 y el de Jalapa, Veracruz en 1920. La Figura 5.1.2.6, muestra la distribución de intensidades sísmicas (mapa de isosistas) con que se manifestaron estos dos sismos.



**Figura 5.1.2.5 Ubicación de las fallas mayores de la Faja Volcánica Transmexicana (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005)**

El sismo de la región de Acambay con magnitud 6.9 (Langridge et al., 2000), produjo daños en el Distrito Federal con una intensidad de VII (MM), provocó más de 700 víctimas entre muertos y heridos en la zona de Acambay (Reinoso, 2007). En la Ciudad de México produjo derrumbes en muchas bardas y varias casas destruidas, grietas en las calles y roturas de tuberías de agua y cables; daños en los templos de S. Sebastián, La Palma y La Profesa, Palacio de Minería, Las Viscainas y Teatro Principal, entre otros. Cuajimalpa fue afectada por este sismo con una intensidad de VII (escala Mercali Modificada 1931; MM) (Figura 5.1.2.5) (Suter et al., 1996). El del 4 de enero de 1920, ocurrido en Jalapa, Ver., causó graves daños en Veracruz. En el Distrito Federal se manifestó con una intensidad de IV (MM) (Figura 5.1.2.6), fue sentido por muchas personas en los interiores, vibración de vajillas, vidrios de ventanas y puertas; crujido de muros, balanceo claro de vehículos de motor estacionados, pánico (Suter et al., 1996).

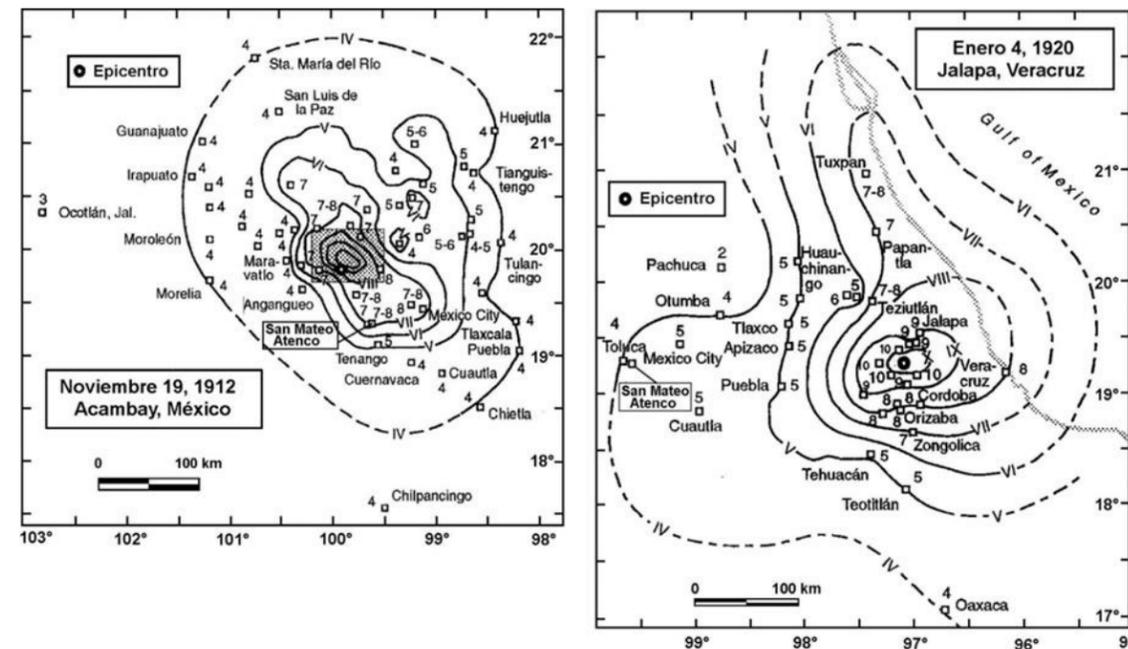


Figura 5.1.2.6 Mapas de isosistas de los sismos de Acambay, Edo de México, el 19 de noviembre de 1912 y del 4 de enero de 1920 en Jalapa, Veracruz (Suter et al., 1996).

**- Sismos intraplaca de profundidad intermedia:**

La tercera fuente sismogénica la constituye la deformación interna de la placa subducida, estos sismos presentan un mecanismo de fallamiento normal, que refleja el rompimiento de la placa oceánica que subduce. Esta fuente produce sismos de profundidad intermedia (40-100 km) y de magnitud alrededor de 7.0 y ocurren con menor frecuencia, en comparación con la cuarta fuente. Las intensidades con que se han manifestado estos sismos en la delegación Cuajimalpa son de II-VII (MM). Sismos de este tipo son como el de Huajuapán de León 1980 (M=7.0) y el más reciente ocurrido el 15 de junio de 1999 en Tehuacán, Puebla (Mw=7.0), que produjo intensidades de V (MM) en Cuajimalpa (Alcocer et al., 1999; Singh et al., 1999).

Este tipo de sismicidad si bien es menos frecuente que la originada por el proceso de subducción en la costa del Pacífico de México, es particularmente importante, ya que puede alcanzar magnitudes moderadas y grandes, y constituyen más de la cuarta parte de los grandes sismos acaecidos en el país en el siglo XX, además de que sus hipocentros se localizan generalmente bajo las áreas más densamente pobladas del país, lo que ha provocado que estos sismos hayan causado numerosas muertes y daños materiales a lo largo de los dos últimos siglos en las ciudades y pueblos del altiplano mexicano.

Estudios de diferentes autores han confirmado que, si bien los sismos intraplaca pueden ocasionar grandes daños a la Ciudad de México, principalmente a la zona de lomas o firme, si estos sismos se generan al este o sureste del volcán Popocatepetl, se presentará una fuerte atenuación de las ondas sísmicas, por lo que este volcán activo sirve como una barrera natural de protección para la Ciudad (Montalvo-Arrieta, 2002; Shapiro et al., 2000).

La Tabla 5.1.2.2, contiene algunos de los sismos intraplaca más importantes registrados, y que han sido sentidos en Cuajimalpa. Se observa que la mayoría de los sismos se han manifestado con intensidades de III a VII (MM), lo que indica desde daños menores hasta daños significativos.

**Tabla 5.1.2.2 Sismos históricos intraplaca sentidos en la delegación Cuajimalpa (Figuroa, 1963; Figuroa, 1975; Yamamoto et al., 1984; Alcocer et al., 1999).**

Fecha	Lat. N	Lon. W	Prof (km)	Mag.	Intensidad (MM)
3-octubre-1864	18.700	97.400	80	7.3	VII
17-mayo-1879	18.600	98.000	80	7.0	V
19-julio-1882	17.930	98.850	100	7.5	V
3-febrero-1911	17.850	97.630	80	7.3	IV
9-febrero-1928	17.850	97.630	84	6.5	III
16-abril-1928	17.750	97.100	80	7.7	V
15-enero-1931	16.340	96.870	40	7.8	V
24-mayo-1959	17.720	97.150	80	6.8	IV
28-agosto-1973	18.817	97.467	82	7.0	V
24-octubre-1980	18.050	98.450	65	7.0	VI
15-junio-1999	18.200	98.470	80	7.0	V
30-septiembre-1999	16.056	97.004	39	7.5	V

**- Sismos de subducción:**

La cuarta y más importante fuente sísmica que afecta a la ciudad de México y por consecuencia a la delegación Cuajimalpa es el proceso de subducción de la placa de Cocos y Rivera bajo la Norteamericana, misma que da origen a los sismos de gran magnitud ( $M > 8.0$ ) ocurridos en la República Mexicana (Suárez y Singh, 1986; Pardo y Suárez, 1995). Requiere de especial atención por la frecuencia e intensidad de estos sismos que se generan al deslizarse y friccionarse dichas placas. Con base en análisis estadísticos se les han estimado periodos de recurrencia que varían de 30 a 75 años (Singh y Ordaz, 1990). La mayor parte de los sismos que son sentidos con gran intensidad en la ciudad de México, se originan en la zona de subducción del Pacífico mexicano. Estos terremotos son relativamente lejanos, a distancias de entre 280 y 550 km, y son sentidos en la ciudad como un movimiento oscilatorio horizontal del período largo.

Los eventos originados por esta fuente han producido en Cuajimalpa intensidades del orden de II-VII (MM), causando alarma entre los pobladores, además de fuertes daños a la infraestructura. La Tabla 5.1.2.3, es un resumen de los principales sismos de subducción que han afectado a Cuajimalpa.

Estos sismos han producido los terremotos más grandes que han ocurrido en México; el de Jalisco del 3 de junio de 1932 ( $M=8.2$ ), y el de Michoacán del 19 de septiembre de 1985 ( $M=8.1$ ) y el de Colima el 9 de octubre de 1995 ( $M=8.0$ ). Se calcula que 85% de la energía sísmica que se genera en México corresponde a los temblores de subducción (Lomnitz, 1994), y son los que históricamente han causado los mayores daños.

El ocurrido el 19 de Septiembre de 1985 ( $M=8.1$ ), fue localizado en la costa de Michoacán, a una distancia aproximada de 400 km de Cuajimalpa, se manifestó con una intensidad variable que alcanzó un valor de IX (MM) en algunas partes de la Ciudad. El sismo provocó que muchos edificios sufrieran asentamientos excesivos e inclinaciones importantes, incluso el derrumbe total de algunas estructuras. Durante el evento se perdieron más de 20,000 vidas y los daños se estimaron en más de 5,000 millones de dólares. Existe una fuerte correlación entre la distribución espacial del daño asociado al evento de 1985 y la ubicación de los sedimentos lacustres de la Ciudad de México; por lo tanto, se tiene la certeza de que las características y propiedades del subsuelo de la ciudad de México desempeñaron un papel principal en tan desastroso evento (Díaz-Rodríguez, 2006).

**Tabla 5.1.2.3 Sismos de subducción con  $M > 7.0$  sentidos en la delegación Cuajimalpa de 1900 a 2013 (Servicio Sismológico Nacional, SSN, <http://www.ssn.unam.mx/>).**

FECHA	EFEKTOS EN EL D.F.	OBSERVACIONES
14-IV-1907	Derribó el colegio Salesiano, rompió cañerías y produjo grietas en las calles.	En la costa de Guerrero, cerca de Acapulco. Magnitud 7.9.
30-VII-1909	Derrumbes de casas y bardas en la ciudad. Causó daños en el Palacio Nacional.	En la Costa Grande de Guerrero. Magnitud 7.5.
7-VI-1911	Derrumbó el cuartel de San Cosme, el altar de la iglesia de San Pablo y tiró muros en varias partes de la ciudad. Flexionó rieles de tranvía y produjo grietas en las calles. Destruyó 119 casas en el Distrito Federal.	En la costa de Michoacán. Magnitud 7.8.
22-III-1928	Cuartheaduras en muchas casas y derrumbe de algunas bardas.	En la Costa de Oaxaca. Magnitud 7.7.
17-VI-1928	Grietas en el pavimento y daños numerosos.	En las costas de Oaxaca. Magnitud 8.0.

FECHA	EFEKTOS EN EL D.F.	OBSERVACIONES
4-VIII-1928	Derrumbó el Palacio Municipal de Chalco.	En las costas de Oaxaca. Magnitud 7.4
9-X-1928	Varios derrumbes de bardas y casas.	En la costa de Oaxaca de magnitud 7.8.
3-VI-1932	Numerosas grietas y casas derrumbadas. Gran cantidad de cañerías reventadas. Derrumbó varias casas y tiró muchas bardas	En las costas de Jalisco. El sismo más grande que se haya registrado este siglo en México. Magnitud 8.4.
15-IV-1941	Dañó la cúpula del cine Insurgentes. Cuarteó edificios y produjo grietas en las calles.	En las costas de Colima. Magnitud 7.9.
28-VII-1957	Destruyó varias casas y edificios en la ciudad de México. Derribó el Angel de la Independencia. Se levantó el pavimento en varios sitios.	Cerca de Acapulco. Magnitud 7.7.
14-III-1979	Daños en la colonia roma. Destruyó la Universidad Iberoamericana en la colonia Campestre Churubusco.	En Petatlán. Magnitud 7.6.
19 y 20-IX-1985	Gran destrucción en el centro de la ciudad y en las colonias Doctores, Guerrero, Tepito, Morelos, Roma, Juárez, Merced, Tlatelolco, Etcétera. Destruyó casi 2 000 edificios, levantó el pavimento y rompió las redes de tuberías en varias partes de la ciudad.	En las costas de Michoacán. Derrumbó muchas casas en Ciudad Guzmán y causó daños a edificios en Ixtapa, Zihuatanejo y Lázaro Cárdenas. Magnitud 8.1 Y 7.6.
14-IX-1995	Sentido fuertemente en la Ciudad de México. Sentido IV-V	Costa de Guerrero. Magnitud 7.3.
21-I-2003	Sentido fuertemente en la Ciudad de México. Intensidad reportada en Cuajimalpa VII (MM).	En las costas de Colima Magnitud 7.6.
20-III-2012	Sentido fuerte en la Ciudad de México.	Al Sur de Ometepec, Gro. Magnitud 7.4.

#### - Zonificación sísmica de la Ciudad de México

La zonificación sísmica, consiste en la división de un territorio urbano en zonas geográficas, donde se pronostican comportamientos diferentes ante la ocurrencia de un sismo fuerte, en otras palabras, es la identificación y caracterización de suelos cuyas respuesta dinámica frente a terremotos son semejantes. Es un elemento esencial para la reducción del riesgo sísmico, ya que el efecto del tipo de suelo sobre la amplitud y la naturaleza de las ondas sísmicas, ha sido reconocido como crucial para la estimación de la peligrosidad sísmica. En la zonificación sísmica propuesta por Marsal y Mazari (1959) de acuerdo al tipo de suelos, en el Valle de México se distinguen tres zonas (Figura 5.1.2.7):

Zona I firme o de lomas: localizada en las partes más altas de la cuenca del valle. Está formada por suelos de alta resistencia y poco compresibles.

Zona II o de transición: presenta características intermedias entre la Zonas I y III.

Zona III o de lago: localizada en las regiones donde antiguamente se encontraban lagos (lago de Texcoco, lago de Xochimilco). El tipo de suelo consiste en depósitos lacustres muy blandos y compresibles con altos contenidos de agua, lo que favorece la amplificación de las ondas sísmicas y el fenómeno de licuación de arenas.

La delegación Cuajimalpa, de acuerdo con la zonificación sísmica del Valle de México, se ubica en la Zona I de lomas o suelo firme, constituida por suelos volcánicos muy compactos y rocas volcánicas Cuaternarias y Terciarias (Figura 5.1.2.7).

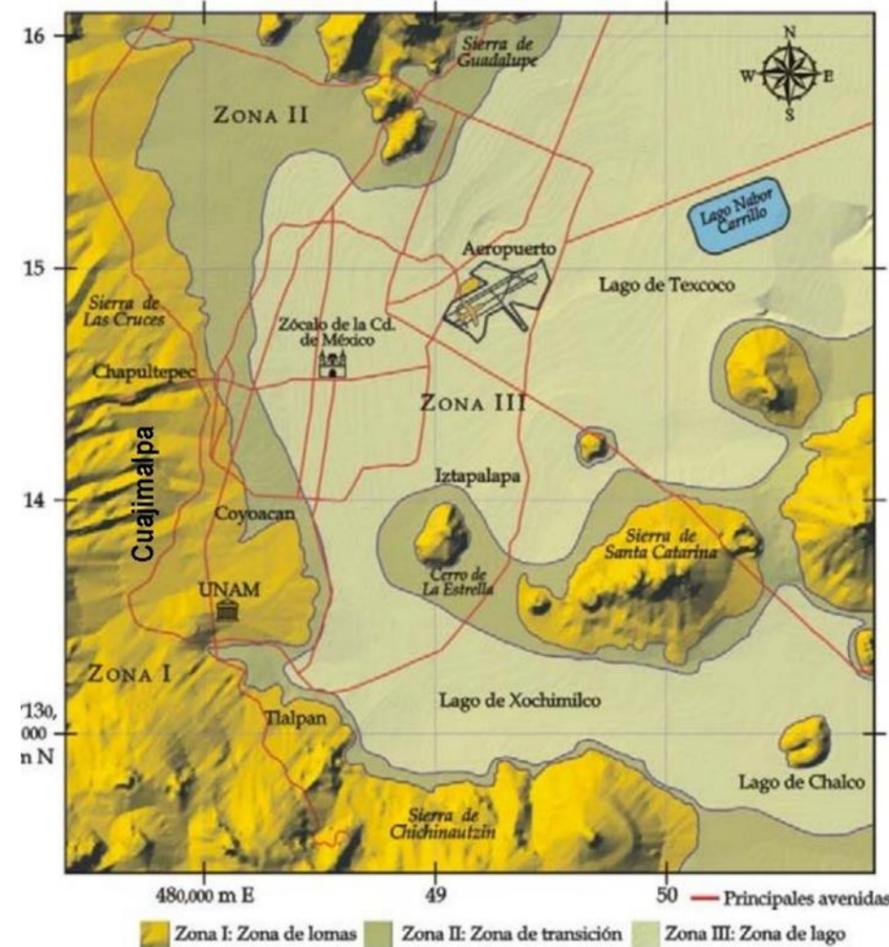


Figura 5.1.2.7 Zonas sísmicas del Valle de México (Marsal y Mazari, 1959).

Contrariamente a lo que podría esperarse, en los sitios de terreno firme dentro del Valle de México, se han observado amplificaciones espectrales importantes con respecto a los sitios ubicados más cercanos a las fuentes sísmicas o epicentros (Reinoso, 2007). En estudios de diferentes sismos se han registrado amplificaciones en promedio de 8 a 10 veces para periodos de entre 2 y 3s (Sánchez-Sesma et al., 1993), para eventos ocurridos en el estado de Guerrero, mientras que se ha observado que son sensiblemente menores para los sismos que provienen de Michoacán. Por lo que es de esperar, ante un gran sismo futuro que ocurra en las costas de Guerrero, una amplificación relativa mayor que la del terremoto de Michoacán de 1985, aun en el terreno firme en la Ciudad de México (Reinoso-Angulo, 2007).

Por otro lado dentro de la propia zona I (lomas o firme), se han observado dos diferentes tipos de amplificaciones sísmicas, en el suroeste se presenta una amplificación relativa de entre tres y cuatro veces mayor que en la parte norte-noreste de la misma zona (Montalvo-Arrieta et al., 2001). Algunos autores lo consideran que es debido a que, en la zona suroeste de la Ciudad se presentan formaciones geológicamente recientes, poco consolidadas, que varían en espesores y que se encuentra por debajo de las lavas, lo que provoca una clara amplificación de las ondas que llegan a la superficie. Lo contrario sucede la parte norte-noreste la que está formada por depósitos más antiguos y compactos (Reinoso-Angulo, 2007; Montalvo-Arrieta et al., 2001).

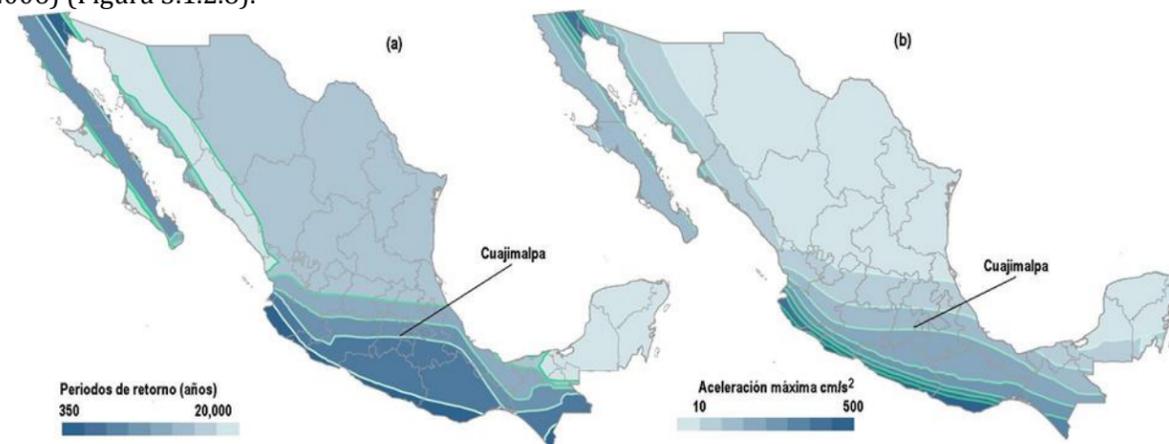
### - Peligro por sismos

El peligro sísmico al que está expuesta la delegación Cuajimalpa, como se mencionó anteriormente, es el mismo que para todo el Valle de México. Se trata principalmente, debido a la frecuencia con que ocurren, de los sismos de subducción, los cuales pueden generar movimiento sísmico energético en frecuencias altas. Sin embargo, también deben considerarse el peligro que representan las otras tres fuentes sísmicas (locales, corticales e intraplaca de profundidad intermedia) que aunque menos frecuentes, son los más peligrosos para la zona I (lomas o firme), que por su origen cercano a la zona de la Delegación, pueden producir daños importantes, como ya se mencionó, en la zona de Cuajimalpa las amplificaciones sísmicas son tres o cuatro veces mayor que en el norte de la misma zona.

Las intensidades esperadas en Cuajimalpa en función de la aceleración máxima del terreno asociada a periodos de retorno, lo que es considerado como elemento fundamental por especialistas en el diseño de la construcción, son de 11, 81 y 135 Gal (cm/seg<sup>2</sup>) para periodos de retorno de 10, 100 y 500 respectivamente (PSM, 1996). Lo que indica que los sismos que pueden llegar a producir aceleraciones del terreno por encima de los 150 Gal y que son capaces de producir importantes daños a la Delegación, se presentan periodos de retorno que rebasan los 500 años (Gutiérrez et al., 2006).

Por otro lado, los tipos de construcción que predominan en Cuajimalpa se encuentran clasificadas como del tipo B y A (CFE, 2008), se trata de estructuras en que se requiere un grado de seguridad convencional, como son locales comerciales, estructuras comunes destinadas a vivienda u oficinas, salas de espectáculos, hoteles, depósitos y estructuras urbanas o industriales, muros de retención, bodegas ordinarias, bardas y plantas de generación de energía eléctrica; sistemas de abastecimiento de agua potable, subestaciones eléctricas, centrales telefónicas, estaciones de bomberos, archivos y registros públicos, monumentos, museos, hospitales, escuelas, estadios, templos, gasolineras, etc. Los daños en este tipo de construcciones pueden llegar a ser considerables a partir de un nivel de excitación del terreno igual o mayor al 15% de g (aceleración de la gravedad terrestre) (CFE, 2008).

De acuerdo al mapa generado por la Comisión Federal de Electricidad de Periodos de Retorno para Aceleraciones de 0.15 de g ó mayores, el periodo de retorno de sismos capaces de producir excitación del terreno mayores de 0.15 de g en la Delegación es de 640 años (Gutiérrez et al., 2006) (Figura 5.1.2.8).



**Figura 5.1.2.8 Mapa de periodos de retorno (a) y sus correspondientes aceleraciones máximas del terreno (b) (Comisión Federal de Electricidad, 2008).**

Debido a las condiciones del subsuelo del Valle de México es posible esperar altas aceleraciones del suelo, aun tratándose de la zona de lomas o terreno firme. En el pasado, Cuajimalpa ha sido afectada por sismos de diferentes tipos y magnitudes, así como de diversas intensidades, que han provocados algunos daños a la zona. Adicionalmente, debe tomarse en cuenta el riesgo sísmico asociado a zonas que son afectadas por otros tipos de fenómenos, como es el caso de los movimientos en masa, cuyo riesgo podría verse incrementado fuertemente ante la ocurrencia de un sismo.

De acuerdo a lo anterior todo el territorio de la delegación Cuajimalpa se encuentra expuesto a la acción de los sismos, por lo que se le asignó un nivel de peligrosidad **MEDIO-ALTO** con un grado de detalle de estudio de Nivel 2 (Figuras 5.1.2.9 a la 5.1.2.13).



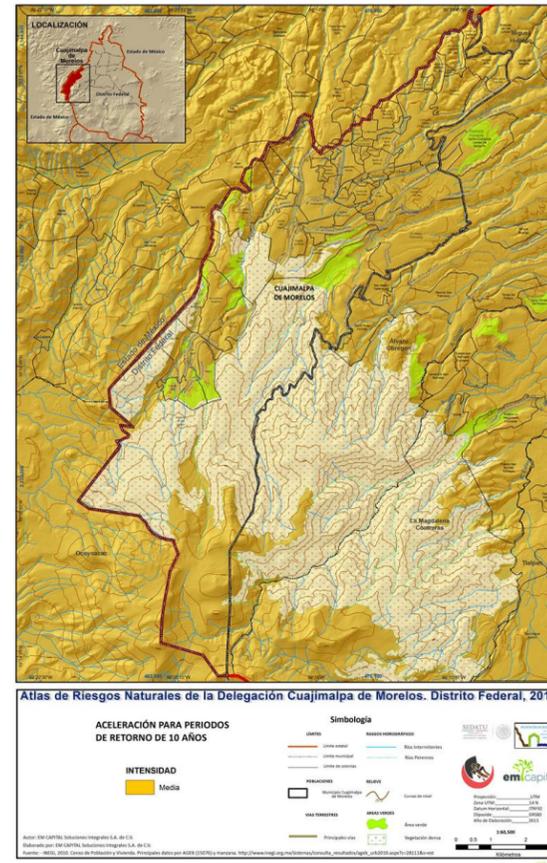


Figura 5.1.2.10 Mapa de aceleración para  $T_r=10$  años.

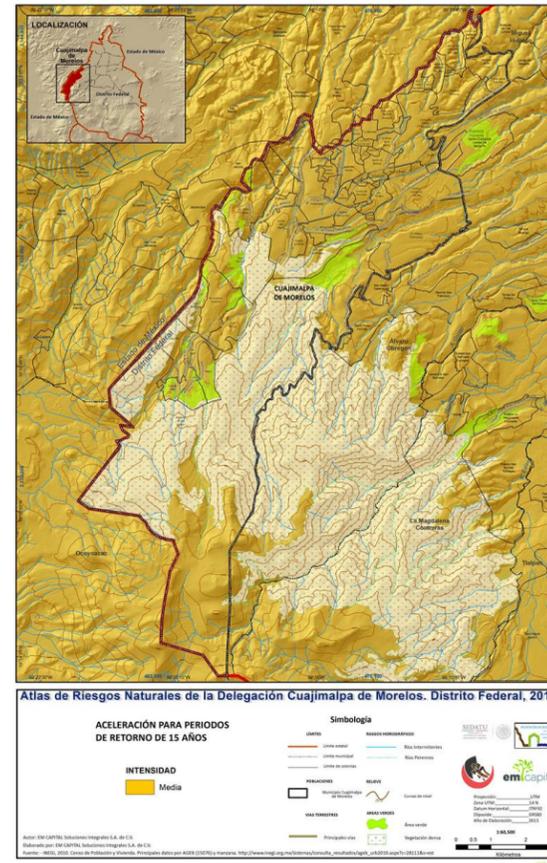


Figura 5.1.2.11 Mapa de aceleración para Tr= 15 años.

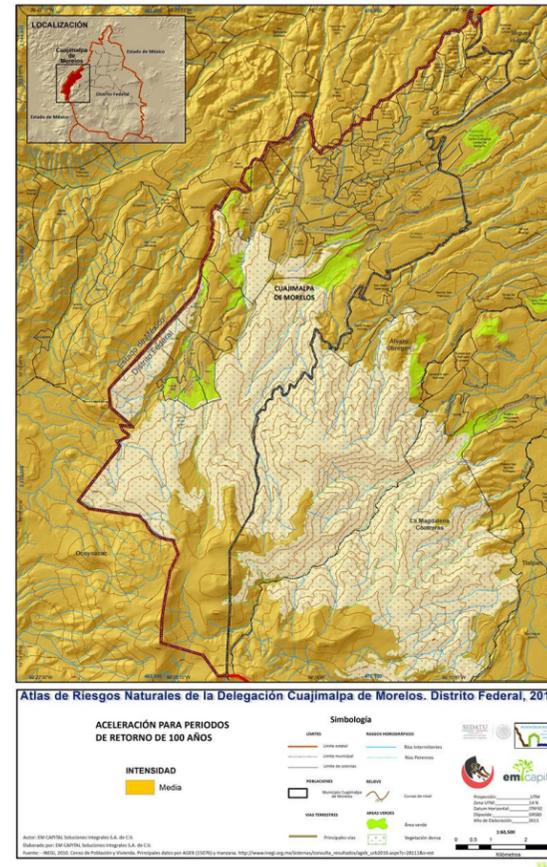


Figura 5.1.2.12 Mapa de aceleración para  $T_r=100$  años.

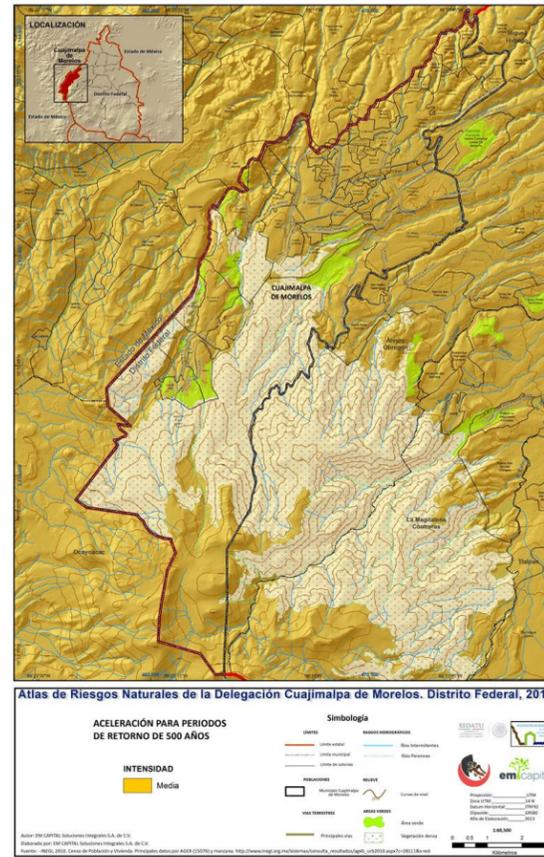


Figura 5.1.2.13 Mapa de aceleración para  $T_r = 500$  años.

### 5.1.3. Tsunamis

Los tsunamis o maremotos están formados por una secuencia de olas causadas generalmente por terremotos que ocurren debajo del fondo marino. Aunque menos comúnmente, los tsunamis también son generados por derrumbes submarinos, erupciones volcánicas submarinas y muy raramente por el impacto de un gran meteorito en el océano. Cabe aclarar que las erupciones volcánicas submarinas tienen el potencial de producir ondas de tsunami verdaderamente poderosas (Farreras, 2005).

Los tsunamis originados por la ocurrencia de un terremoto cerca o en el fondo del océano son los más comunes y cuando las olas arriban a las costas con gran altura, pueden provocar efectos destructivos como pérdida de vidas y daños materiales. En México la gran mayoría de los tsunamis se originan por sismos que ocurren en el contorno costero del Océano Pacífico, en las zonas de hundimiento de los bordes de las placas tectónicas, que constituyen la corteza del fondo marino, afectando particularmente a las zonas costeras (Farreras, 2005).

Por su posición geográfica el territorio de la delegación Cuajimalpa, no es afectado por este tipo de fenómeno.

#### 5.1.4. Inestabilidad de laderas (deslizamientos, caídos y volteos, flujos de lodos y detritos)

##### Nomenclatura de un talud

Un talud es una masa de tierra o roca que posee pendiente o cambios de altura significativos (Suárez, 1998). En la literatura técnica se utiliza la palabra “ladera” cuando su conformación actual tuvo como origen un proceso natural y “talud” cuando se formó artificialmente. Los taludes se pueden agrupar en tres categorías generales: los terraplenes, los cortes de laderas naturales y los muros de contención. La nomenclatura siguiente define los elementos constitutivos de los taludes y las laderas (Figura 5.1.4.1):

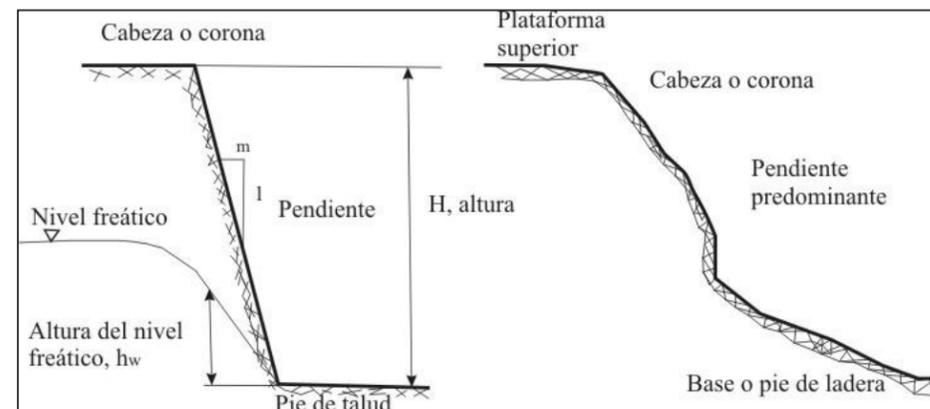


Figura 5.1.4.1.- Nomenclatura de un talud y una ladera (Modificado de Suárez, 1998).

**Altura (H):** Es la distancia vertical entre el pie y la cabeza.

**Pie:** Corresponde al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte inferior.

**Cabeza o corona:** Se refiere al sitio de cambio brusco de pendiente en la parte superior.

**Altura de nivel freático:** Distancia vertical desde el pie del talud o ladera hasta el nivel de agua medida debajo de la cabeza.

**Pendiente:** Es la medida de la inclinación del talud o ladera. Puede medirse en grados, en porcentaje o en relación m/1, en la cual m es la distancia horizontal que corresponde a una unidad de distancia vertical. Ejemplo: 45°, 100%, o 1H:1V.

## Nomenclatura de la inestabilidad de laderas (procesos de remoción en masa)

Terzaghi (1950) definió un *deslizamiento* como un desplazamiento rápido de una masa de roca, suelo residual o sedimentos de una ladera, en el cual el centro de gravedad de la masa que se desplaza se mueve hacia abajo y hacia el exterior. Diversos autores han definido de manera diferente este proceso pero una definición apropiada del término deslizamiento la dan Skempton y Hutchinson (1969, en Alcántara-Ayala, 2000): “un deslizamiento es un movimiento ladera abajo de masas de suelo o roca, que ocurre en una superficie de cizallamiento en los límites de la masa desplazada”. Un deslizamiento implica el movimiento de cierto tipo de material (bloques de roca, suelo o detritos) sobre una o más superficies bien definidas, sobre las cuales se produce un movimiento de cizalla o de corte. Por esta razón el término deslizamiento es incorrecto para referirse a todos los tipos de procesos de ladera. Alcántara-Ayala (2000) propone traducir el término *landslide* como “movimiento del terreno”, lo que permite diferenciar cada tipo de proceso e interpretar adecuadamente cada mecanismo particular. De esta forma los términos “movimientos de ladera”, “movimientos del terreno”, “**inestabilidad de laderas**” o “**procesos de remoción en masa**” se consideran como sinónimos y están relacionados con diversos mecanismos de movimiento, uno de los cuales es el deslizamiento.

Se entiende por proceso de remoción en masa el movimiento ladera abajo de masas de suelo, detritos y rocas, como resultado de la influencia directa de la gravedad y que son desencadenados por factores internos y externos (Alcántara-Ayala, 2000). La terminología para referirse a los procesos de remoción ha ido evolucionando. Las clasificaciones de los PRM suelen referirse a los tipos de materiales involucrados, al mecanismo y tipo de rotura, al contenido de agua del terreno y a la velocidad y magnitud del movimiento. Sin embargo, una clasificación actual y aplicada a nivel internacional es la que se basa en el tipo movimiento y de material (EPOCH, 1996; Dikau *et al.*, 1996; Cruden y Varnes, 1996; Hutchinson, 1998; Alcántara-Ayala, 2000; Leroueil *et al.*, 2001).

De acuerdo con dicha clasificación, los PRM se dividen en las siguientes clases (Cruden y Varnes, 1996):

- Deslizamiento (slide)
- Caída (fall)
- Volteo (topple)
- Flujo (flow)
- Expansión lateral (spread, lateral spreading)
- Complejo (complex)

Mientras que los materiales son divididos en tres grupos:

- Roca
- Detritos (partículas mayores a 2 mm)
- Suelo (partículas menores a 2 mm)

De esta forma se pueden combinar los términos para hacer mención a un mecanismo en particular y al material involucrado: flujo de suelos o detritos, caída de rocas o detritos, etc. El mecanismo complejo se refiere a la combinación entre dos o más procesos. Esta clasificación es de gran utilidad para abordar el estudio de los PRM, ya sea para la cartografía, la descripción detallada en campo, el establecimiento de la tipología en relación con las características geológicas, morfológicas y estructurales de las laderas, además de facilitar la comunicación entre distintas disciplinas (geología, geografía, geomorfología, ingeniería y protección civil).

La clasificación y los factores físicos involucrados en los procesos de remoción en masa se describen a continuación. La mayoría de los ejemplos que se presentan, corresponden a localidades dentro del área en estudio.

### 1. Deslizamientos

Son movimientos relativamente rápidos de una porción del talud, en los cuales la masa del geomaterial se mueve a través de una o más superficies que definen la geometría del deslizamiento. Para que se presente este mecanismo, las fuerzas actuantes (peso propio, cargas externas) deben ser mayores que las fuerzas resistentes (cohesión y fricción). En ingeniería se define al factor de seguridad (FS) como la relación entre las fuerzas resistentes y las fuerzas actuantes (Giani, 1992; Gaziev, 2003).

De acuerdo con la forma de la superficie de falla se subclasifican en:

#### 1.1. Deslizamiento rotacional.

El movimiento se presenta por corte a través de una superficie de falla curva. La masa se desplaza girando alrededor de un centro de rotación. Este mecanismo es común en taludes formados por material arcilloso, por roca fuertemente fracturada y alterada (Hoek y Bray, 1996) o por materiales rocosos con discontinuidades circulares preexistentes, como en el caso de zonas de fallas lítricas (Figura 5.1.4.2).

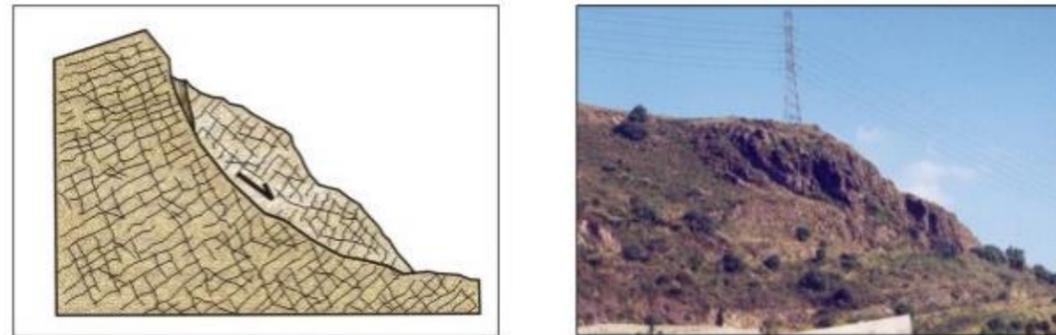


Figura 5.1.4.2.- Deslizamiento rotacional

En la figura 5.1.4.3 se muestra un deslizamiento típico, común en materiales arcillosos, macizos rocosos muy fracturados y alterados y en laderas con superficies lítricas preexistentes, donde la superficie de deslizamiento tiene una geometría curva.

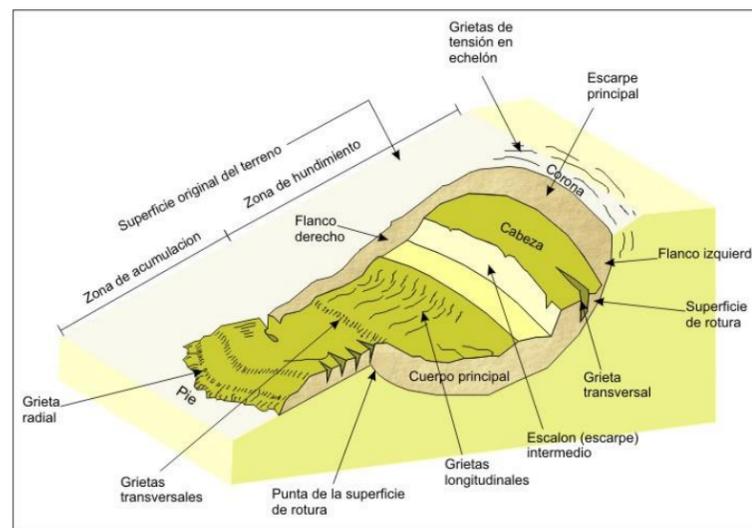


Figura 5.1.4.3.- Nomenclatura de un deslizamiento rotacional (Modificado de Cruden y Varnes, 1996).

La nomenclatura para describir un deslizamiento rotacional es la siguiente (Cruden y Varnes, 1996):

**Escarpe principal.** Corresponde a una superficie muy inclinada a lo largo de la periferia del área en movimiento, causado por el desplazamiento del material fuera del terreno original. La continuación de la superficie del escarpe dentro del material forma la superficie de falla.

**Escarpe secundario o intermedio.** Una superficie muy inclinada producida por desplazamientos diferenciales dentro de la masa que se mueve.

**Cabeza.** Las partes superiores del material que se mueve a lo largo del contacto entre el material perturbado y el escarpe principal.

**Corona.** El material que se encuentra en el sitio, prácticamente inalterado y adyacente a la parte más alta del escarpe principal.

**Superficie de falla o de rotura.** Corresponde al área debajo del movimiento que delimita el volumen de material desplazado.

**Pie de la superficie de falla.** La línea de interceptación (algunas veces tapada) entre la parte inferior de la superficie de rotura y la superficie original del terreno.

**Base.** El área cubierta por el material perturbado abajo del pie de la superficie de falla.

**Punta o uña.** El punto de la base que se encuentra a más distancia de la cima.

**Costado o flanco.** Un lado (perfil lateral) del movimiento.

**Superficie original del terreno.** La superficie que existía antes de que se presentara el movimiento.

**Derecha e izquierda.** Para describir un deslizamiento se prefiere usar la orientación geográfica, pero si se emplean las palabras derecha e izquierda debe referirse al deslizamiento observado desde la corona mirando hacia el pie.

#### 1.2. Deslizamiento traslacional.

El movimiento se presenta por corte a través de una superficie relativamente plana (deslizamiento plano) (Figura 5.1.4.4) o a través de la línea de intersección de dos planos (deslizamiento en cuña) (Figura 5.1.4.5). Este mecanismo es común en masas rocosas que están afectadas por discontinuidades tales como juntas de enfriamiento, planos de estratificación y fracturas de origen tectónico. Las condiciones para que se produzca este tipo de movimiento son que las discontinuidades o bien la línea de intersección, aflore en el frente del talud de manera que el movimiento sea cinemáticamente posible, además de que la resistencia al esfuerzo cortante en las discontinuidades sea menor que las fuerzas aplicadas (peso propio, sobrecargas, fuerzas de filtración o fuerzas sísmicas).

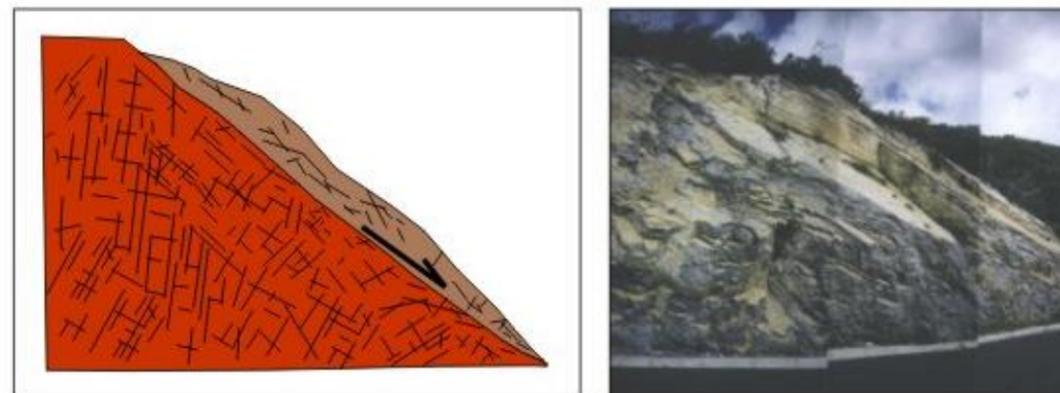
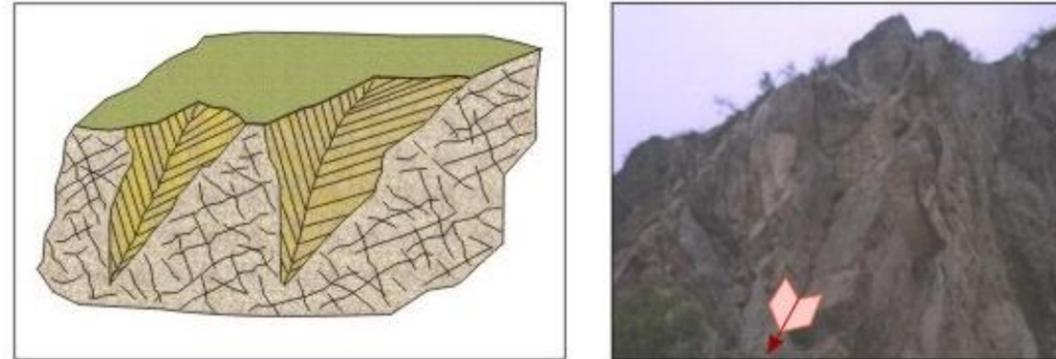


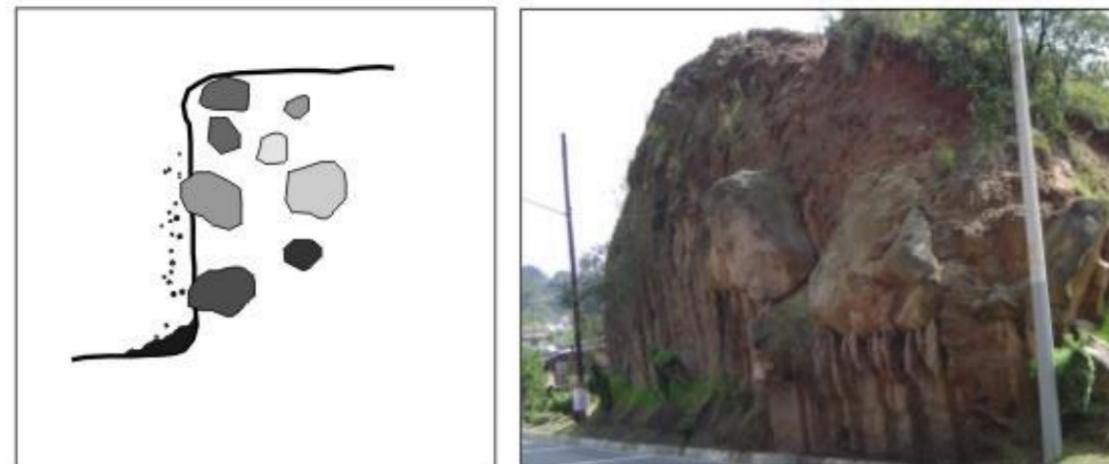
Figura 5.1.4.4.- Ejemplo de falla plana.



**Figura 5.1.4.5.- Ejemplo de una falla en cuña.**

## 2. Caídos

Comprende el descenso rápido y libre de bloques de roca con tamaño y forma variable, de taludes con fuerte pendiente. El movimiento puede incluir deslizamiento, rodamiento, rebotes y caída libre. Este mecanismo es común en escarpes de falla, cortes verticales y taludes formados por bloques inmersos en una matriz fina (Figura 5.1.4.6). El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido y puede ser precedido o no, de movimientos menores que conduzcan a la separación progresiva o inclinación del bloque. En ensayos de campo, se ha observado que los bloques de roca o material tienden a moverse en caída libre cuando la pendiente superficial es mayor a  $75^\circ$ , en taludes con una pendiente menor, los materiales generalmente rebotan y con pendientes menores a  $45^\circ$  los bloques tienden a rodar (Giani, 1992; Suárez, 1998). Una vez que una roca ubicada en el talud inicia su movimiento, el factor más importante que controla la trayectoria de caída es la geometría del talud y el coeficiente de restitución (Giani, 1992).



**Figura 5.1.4.6.- Ejemplo de una caída por desprendimiento de un bloque inmerso en una matriz arenosa. Depósitos de lahar en la Delegación Cuajimalpa.**

Las caídas se pueden subdividir en (Hutchinson, 1998):

### 2.1. Movimientos primarios o desprendimientos.

Un desprendimiento es aquel movimiento de una porción de suelo o roca, en forma de bloques aislados o masivamente, que en una parte de su trayectoria descende por el aire en caída libre (Figuras 5.1.4.7 y 5.1.4.8) volviendo a entrar en contacto con el terreno donde se pueden producir saltos, rebotes y rodamiento. Este proceso involucra material fresco que se ha separado del talud.

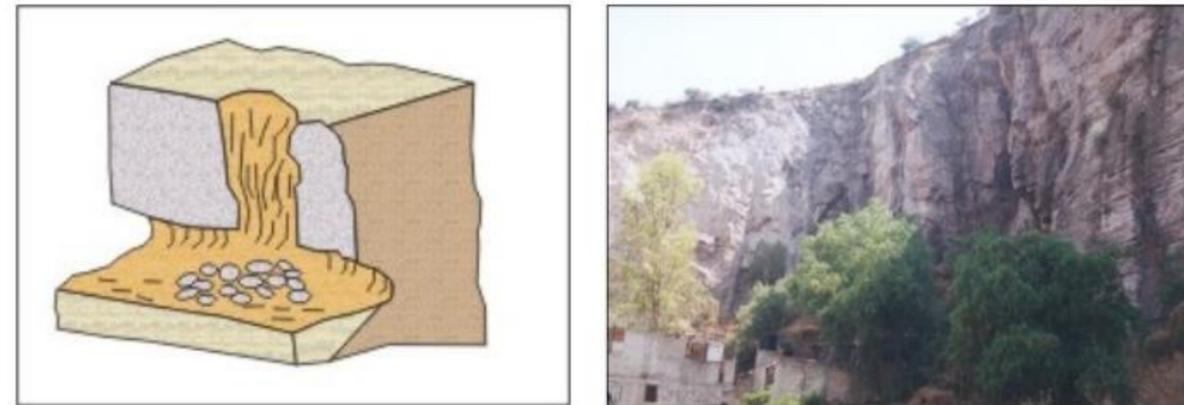


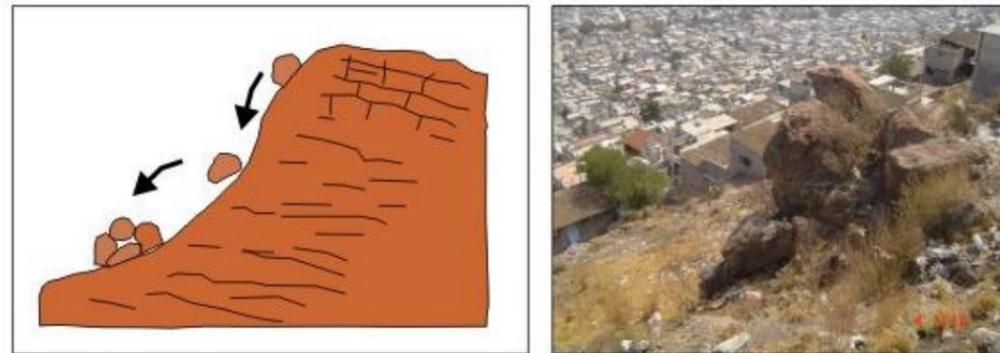
Figura 5.1.4.7.- El desprendimiento es común en escarpes o en cortes verticales.



Figura 5.1.4.8.- En zonas brechadas ya sea por fallas o por el emplazamiento de coladas de lava, es común el desprendimiento de rocas.

## 2.2. Movimientos secundarios o rodamiento.

Involucra material disgregado, que ha quedado como un residuo del primario. También se puede tratar de bloques que han quedado separados de la masa rocosa y que están apoyados sobre la ladera con la posibilidad de rodar pendiente abajo (Figura 5.1.4.9).



**Figura 5.1.4.9- Ejemplo de una caída por rodamiento.**

### 3. Volteo

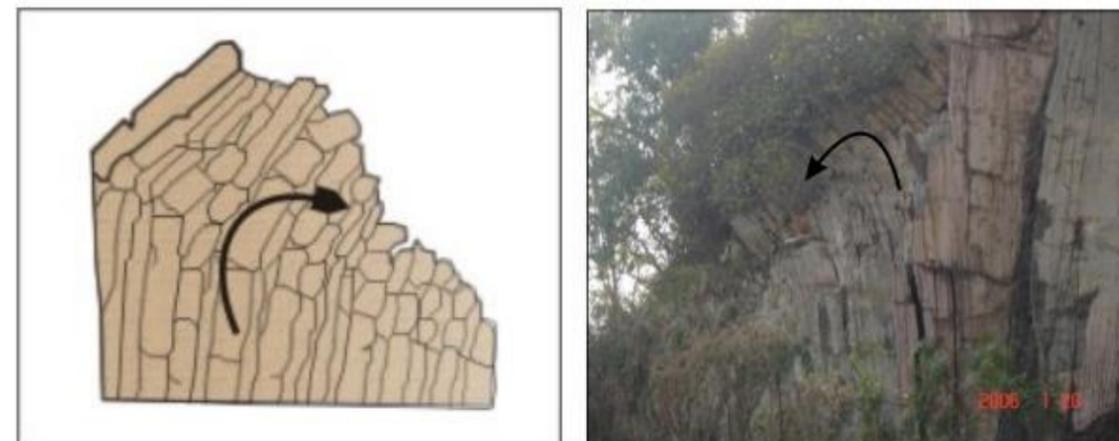
Este tipo de movimiento ocurre cuando la resultante de las fuerzas aplicadas a un bloque cae fuera de un punto que sirve como pivote en la base del mismo y alrededor del cual se produce el giro o volteo. Esta falla es común en masas rocosas con discontinuidades casi verticales.

Una característica fundamental para este mecanismo de falla es la orientación de las discontinuidades, las cuales son verticales o subverticales. Cuando el echado es a favor de la pendiente se presenta el volteo de bloques y cuando el echado es en contra de la pendiente, se puede presentar volteo con flexión de las capas. Este mecanismo es común en zonas escarpadas, cantiles, cortes verticales, frentes de flujo de lava y en zonas afectadas por fallas normales.

Los tipos de inestabilidad asociados al volteo son (Hoek y Bray, 1996):

#### 3.1. Volteo con flexión.

Se presenta cuando un sistema de discontinuidades orientado subverticalmente y con echado en contra del talud, delimita capas o columnas semicontinuas, donde la fuerza del peso induce un momento y los bloques tienden a flexionarse. Este mecanismo de falla puede ser inducido por erosión o excavaciones en el pie del talud (Figura 5.1.4.10).



**Figura 5.1.4.10.- Volteo con flexión de estratos en un domo volcánico.**

### 3.2. Volteo de bloques.

Este mecanismo de falla ocurre cuando se trata de bloques singulares que son divididos por discontinuidades muy espaciadas y con gran apertura (Figura 5.1.4.11).



**Figura 5.1.4.11.- Volteo de bloques, independizados por discontinuidades de gran apertura.**

## 4. Flujos

Los flujos se refieren al movimiento de una masa desorganizada de material, donde no todas las partículas se desplazan a la misma velocidad ni sus trayectorias tienen que ser paralelas (Hungar *et al.*, 2005). Debido a ello la masa movida no conserva su forma en su movimiento descendente, adoptando a menudo morfologías lobuladas. Para este tipo de movimientos es determinante la granulometría y el grado de saturación que los materiales puedan presentar. En ocasiones un deslizamiento puede evolucionar a un flujo (Suárez, 1998).

### 4.1. Flujo de lodo.

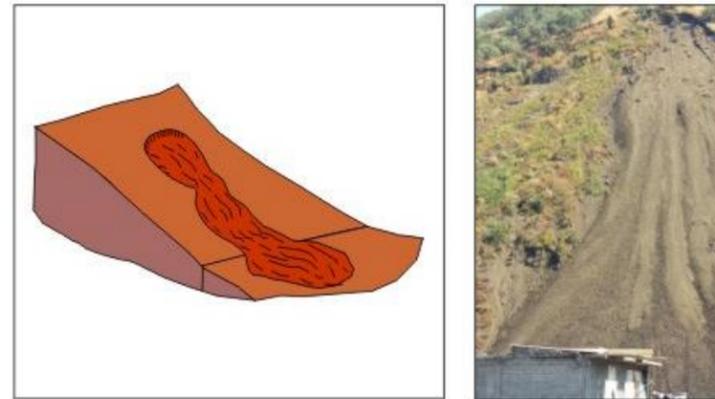
Los flujos de lodo o de detritos están asociados con la presencia de agua. La pendiente no necesita ser muy grande, ya que tratándose de materiales finos saturados, estos se comportan como un semifluido viscoso y su movimiento es a través de cauces o barrancas, por lo que este proceso será importante donde se encuentren estos elementos.

### 4.2. Flujo de detrito.

Son movimientos rápidos a muy rápidos de detritos húmedos o con alto grado de saturación. Esta forma destructiva de falla del talud está asociada a zonas montañosas donde una precipitación puede movilizar los detritos del manto e incorporarlos en un flujo. El material involucrado puede ser detritos de roca alterada o acumulaciones de material de escombros. Asimismo, en taludes arenosos se pueden presentar flujos secos (Figura 5.1.4.12), que pueden ser detonados por fuerzas sísmicas, vibraciones o cortes en la base.

### 4.3. Avalancha.

Son flujos extremadamente rápidos de detritos secos. Algunos deslizamientos o caídas de roca de gran magnitud se pueden convertir en avalancha (Figura 5.1.4.13).



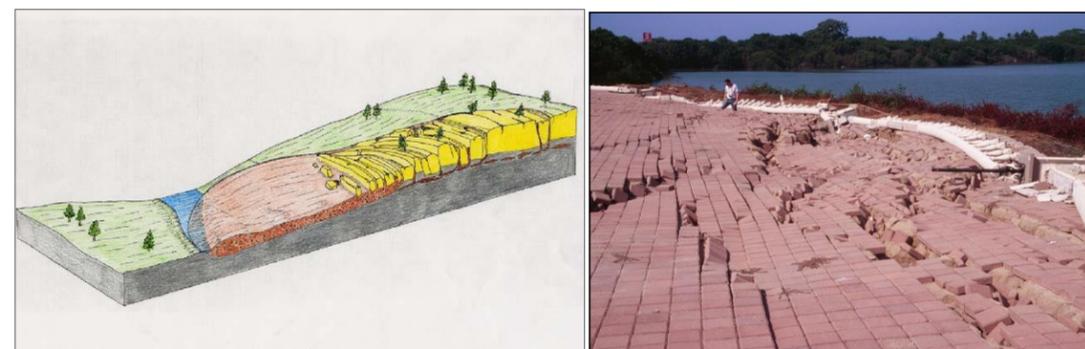
**Figura 5.1.4.12.- Flujo de detritos, en taludes formados por material granular.**



**Figura 5.1.4.13.- El volteo o deslizamiento de rocas, puede derivar en avalanchas.**

### 5. Expansiones laterales

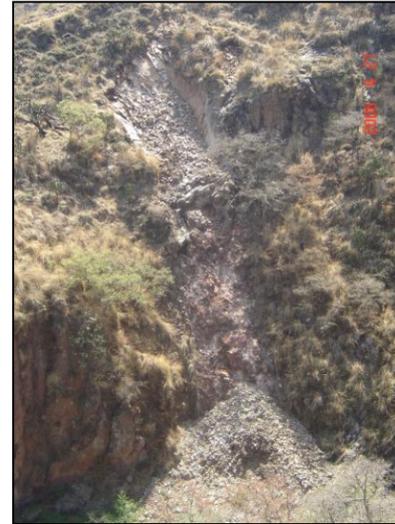
Este término generalmente es utilizado para describir la extensión lateral de masas de suelo o roca compactos, debido a la licuación o fluidización del material subyacente y generalmente la superficie de cizallamiento no está bien definida (Alcántara-Ayala, 2000). Cuando las masas de suelo o roca son relativamente homogéneas, éstas se fracturan en varias unidades y conforman arreglos tipo horst y graben (Figura 5.1.4.14).



**Figura 5.1.4.14.- Expansión lateral en el Puerto de Manzanillo, Colima, luego del sismo del 21 de enero de 2003.**

### 6. Movimientos complejos

Se refiere a la combinación de dos o más mecanismos de falla. Dependiendo de los mecanismos involucrados se puede tener una combinación de ellos, por ejemplo, un deslizamiento rotacional con volteo de bloques al frente, un deslizamiento que evolucione a un flujo, un volteo que posteriormente se vuelva una caída o bien en una avalancha en caso de fragmentarse (Figuras 5.1.4.15 y 5.1.4.16).



**Figura 5.1.4.15.- Deslizamiento de detritos que evolucionó a un flujo.**



**Figura 5.1.4.16.- Aspecto de un mecanismo complejo, con una superficie de falla irregular.**

Con base en los conceptos mencionados, es posible establecer un esquema que permita reconocer en campo los distintos tipos de PRM de acuerdo con sus características morfológicas (Tabla 5.1.4.1).

Tipo de movimiento	Zona de cabecera y parte superior de la ladera	Zona baja de la ladera	Geometría
Volteos y Desprendimientos	Laderas irregulares y rocosas escarpadas con material suelto y derrubios en la parte superior. Bloques independizados por discontinuidades o fracturas. Grietas tras el talud. Vegetación escasa.	Acumulación de bloques y fragmentos rocosos.	Pendientes elevadas > 50°.
Deslizamientos rotacionales	Grietas de tracción, curvas cóncavas hacia la ladera. Escarpes curvos con estrías, que pueden ser verticales en la parte superior.	Depósitos convexos, lobulados. Desvío de cauces.	Pendientes entre 20-40° D/L < 0.3 a 0.1.
Deslizamientos traslacionales	Grietas de tracción verticales paralelas al talud. Escarpes verticales poco profundos. Material en bloques con grietas entre ellos. Sin encharcamientos en la cabecera. Drenaje desordenado o ausencia del mismo.	Desvío de cauces. En ocasiones acumulaciones de material en forma de lóbulos.	Pendientes uniformes D/L < 0.1.
Flujos de lodo	Nichos cóncavos poco profundos. Pocas grietas. Contrastes en la vegetación con las zonas estables. Encharcamientos. Sin irregularidades importantes en el drenaje.	Lóbulos. Morfología irregular ondulada.	Pendientes 15-25° D/L = 0.05-0.01.
Flujos de detritos	Concavidades y lóbulos en el área fuente. Varios escarpes. Depósitos con forma de corriente en valles. Ausencia de vegetación. Drenaje irregular y perturbado en la masa deslizada.	Lóbulos, depósitos convexos. Morfología irregular.	Pendientes >25° D/L muy pequeño.

D/L = profundidad/ longitud de la masa desplazada.

Tabla 5.1.4.1.- Características de los procesos de remoción en masa que sirven para identificarlos (Modificado de González *et al.*, 2002).

## Factores que controlan los procesos de remoción en masa

Los factores que influyen en procesos de remoción en masa, son aquellos capaces de modificar las fuerzas internas y externas que actúan sobre el terreno. Las fuerzas que actúan sobre los taludes son el peso propio, la resistencia al corte dada por la fricción del material y/o las discontinuidades, la cohesión, los empujes sísmicos e hidrostáticos, las fuerzas de filtración, el peso de obras civiles entre otras (Wieczorek, 1996). Desde un punto de vista físico los deslizamientos se producen como consecuencia de los desequilibrios existentes entre las fuerzas que actúan sobre un volumen de terreno. En la práctica, para determinar la estabilidad de una ladera se utiliza la noción de factor o coeficiente de seguridad, que generalmente se entiende como la relación entre las fuerzas resistentes máximas y las actuantes (Gaziev, 2003).

Una forma útil de clasificar los factores que inciden en la estabilidad de las laderas es separarlos en condicionantes y detonantes (Herrera, 2002). Los factores condicionantes dependen de la propia naturaleza, estructura y forma del terreno mientras que los factores detonantes se pueden considerar como factores externos que provocan la inestabilidad y que están asociados con la velocidad y magnitud del movimiento.

Los factores condicionantes y detonantes que intervienen en los procesos de remoción en masa se pueden agrupar en cuatro categorías (Herrera, 2002):

### 1.- Características y condiciones geológicas del terreno (condicionantes)

*Litológicas:* Presencia de materiales de baja resistencia, alterados o fracturados.

*Estratigráficas:* Presencia de capas masivas descansando sobre capas poco competentes, presencia de capas permeables, contraste de rigidez de los materiales.

*Estructurales:* planos de discontinuidad muy inclinados, roca fuertemente fracturada debido a fallamiento, plegamiento, enfriamiento.

*Topográficas:* Acantilados o fuertes pendientes causados por erosión y/o fallamiento.

### 2.- Procesos de tipo geomorfológico (condicionantes/detonantes)

*Endógenos:* tectónica y vulcanismo.

*Exógenos:* erosión fluvial y subterránea, remoción de la vegetación por erosión, incendio o sequía, depósito de materiales en forma natural sobre la cresta de taludes.

### 3.- Procesos de origen químico, físico y biológico (condicionantes/detonantes)

Intemperismo de las rocas y suelos, lluvia, sismos, efecto de cuña en discontinuidades debido a contracción y expansión de suelo, crecimiento de raíces y congelamiento de agua.

### 4.- Procesos de origen humano o antrópicos (detonantes)

Excavación en laderas para obras civiles (caminos, viviendas, canales), explotación de canteras. Sobrecarga debido al peso de material de rezaga de minas y excavaciones, colocación de rellenos, viviendas y terraplenes construidos en la corona y el cuerpo del talud.

Presencia de agua debido a irrigación, fugas de agua en tanques y líneas de conducción por mantenimiento deficiente de redes de drenaje.

Deforestación, así como vibraciones del terreno debido a perforaciones, explosiones, paso de vehículos pesados y de maquinaria.

La tabla 5.1.4.2 resume algunas de las características de los factores condicionantes y desencadenantes y además muestra sus efectos.

INFLUENCIA DE LOS DIFERENTES FACTORES EN LAS CONDICIONES DE LOS MATERIALES Y DE LAS LADERAS		
	<i>Factores</i>	<i>Influencias y efectos</i>
<b>Condicionantes</b>	Relieve (pendientes, geometría)	Distribución del peso del terreno.
	Litología (composición, textura)	Densidad, resistencia. Comportamiento hidrogeológico.
	Estructura geológica y estado tensional	Resistencia, deformabilidad. Comportamiento discontinuo y anisótropo. Zonas de debilidad.
	Propiedades geomecánicas de los materiales	Comportamiento hidrogeológico. Generación de presiones intersticiales.
	Meteorización	Cambios físicos y químicos, erosión externa e interna, generación de zonas de debilidad.
<b>Detonantes</b>	Precipitaciones y aportes de agua	Variación de las presiones intersticiales y del peso del terreno. Saturación en suelos.
	Cambio en las condiciones hidrológicas	Erosión.
	Aplicación de cargas estáticas o dinámicas	Cambio en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera. Incremento de presiones intersticiales.
	Cambios morfológicos y de geometría de las laderas	Variación de las fuerzas debidas al peso. Cambio en el estado tensional.
	Erosión o socavación del pie	Cambios geométricos en la ladera. Cambios en la distribución del peso de los materiales y en el estado tensional de la ladera.
	Deforestación	Modificaciones en el balance hídrico.
	Acciones climáticas (procesos de deshielo, heladas, sequías)	Cambio en el contenido de agua del terreno. Generación de grietas y planos de debilidad. Disminución de las propiedades resistentes.
	Eventos tectónicos y volcánicos	Vibraciones en el terreno desfavorables para la estabilidad.

**Tabla 5.1.4.2.- Factores condicionantes y detonantes de PRM (adaptado de González *et al.*, 2002).**

### Velocidad y magnitud de los procesos de remoción en masa

El potencial destructivo de un determinado proceso de remoción en masa depende, entre otros factores, del volumen involucrado, de la pendiente, del agente detonante, de la ubicación de la infraestructura entre otros. Los PRM que incluyen grandes volúmenes de material y que se mueven rápidamente, generalmente corresponden a catástrofes de gran violencia. La velocidad de movimiento tiene gran influencia en el poder destructivo de un proceso de remoción en masa. En general se considera que los procesos de reptación son lentos (aunque pueden desencadenar un proceso súbito una vez que se produce el movimiento), los deslizamientos y flujos tienen velocidades medias y las caídas y desprendimientos velocidades altas. La velocidad depende en cada caso, de condiciones particulares de las laderas como pendiente, tipo de material y de proceso, mecanismo de rotura, agente detonante, entre muchos otros. La tabla 5.1.4.3 muestra una clasificación en función de la velocidad y sintetiza de manera general las probables afectaciones.

Existen diversas clasificaciones para los PRM que toman en cuenta el tipo de proceso, la morfología, geometría, el tipo de material o el grado de actividad. Las clasificaciones que atienden a la magnitud o tamaño de los PRM son raras, pues proporcionan poca información en lo referente a la morfología y demás características. La tabla 5.1.4.4 muestra una clasificación propuesta para los PRM en función de la magnitud y volumen involucrado (Fell, 1994).

**Tabla 5.1.4.3.- Velocidades de movimientos de ladera (Cruden y Varnes, 1996).**

Escala de velocidad de los movimientos de ladera				
Clase	Descripción	Velocidad (mm/seg)	Valores típicos	Daños probables
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/ s	Violento y catastrófico. Destrucción de edificios por impacto de masa deslizada. Número elevado de muertos.
6	Muy rápido	$5 \times 10^1$	3 m/ min	Es difícil escapar. Algunos muertos. Destrucción de edificios.
5	Rápido	$5 \times 10^{-1}$	1,8 m/ h	Algunas estructuras pueden mantenerse temporalmente.
4	Moderado	$5 \times 10^{-3}$	13 m/ mes	Pueden aplicarse medidas correctoras. Las estructuras y edificios pueden mantenerse.
3	Lento			Las estructuras permanentes no resultan dañadas en general.
2	Muy lento			Imperceptible si no es con instrumentación.
1	Extremadamente lento	$5 \times 10^{-7}$	16 mm/ año	Imperceptible si no es con instrumentación. Es posible la construcción con precauciones.

**Tabla 5.1.4.4.- Clasificación propuesta para caracterizar el tamaño de los PRM en función del volumen movilizado (Fell, 1994).**

Clase de tamaño	Descripción	Volumen (m <sup>3</sup> )
1	Extremadamente pequeño	< 500
2	Muy pequeño	500-5000
3	Pequeño	5000-50,000
4	Mediano	50,000-250,000
5	Mediano-Grande	250,000-1,000,000
6	Muy grande	1,000,000-5,000,000
7	Extremadamente grande	5,000,000

**Metodología para la generación de los mapas de peligro por deslizamiento, caídas y volteos y flujos de lodos y detritos**

El método de la Matriz de Jerarquías Analíticas (MJA) fue propuesto por el autor Saaty (1980) y se basa en el desarrollo de prioridades, en este caso la importancia del criterio para la generación de PRM, derivadas a su vez de la evaluación de concordancia de pares de criterios. Luego de identificar los pares de criterios, estos son cualificados y cuantificados de acuerdo a la importancia de un criterio con respecto al otro, para de esta forma asignar puntajes, mismos que son ingresados a una matriz, convirtiendo esta evaluación subjetiva en un conjunto de pesos lineares (Tabla 5.1.4.5). De esta forma se obtiene la ponderación o peso que tiene cada variable, en este caso sobre la generación de PRM.

**Ponderación para la Matriz de Jerarquías Analíticas**

Nivel de importancia	Definición	Descripción
1	Igual preferencia	Los dos criterios (i,j) contribuyen de igual manera al proceso de remoción considerado
2	Moderada preferencia	El factor (i) es moderadamente más influyente que el factor (j) para el proceso de remoción considerado
3	Absoluta preferencia	El factor (i) es absolutamente más influyente que el factor (j) para el proceso de remoción considerado

**Tabla 5.1.4.5.- Ponderación para la Matriz de Jerarquías Analíticas.**

**VARIABLES USADAS PARA LOS MECANISMOS DE MOVIMIENTO.****DESLIZAMIENTO**

- Pendiente
- Litología
- Densidad de fracturas
- Aspecto
- Altura

**CAÍDA Y VOLTEO**

- Pendiente
- Litología
- Densidad de fracturas
- Aspecto
- Altura

**FLUJOS**

- Pendiente
- Litología
- Densidad de fracturas
- Drenaje
- Altura

Todas estas variables se reclasificaron y fueron convertidas en formato raster dentro del Sistema de Información Geográfica (SIG) y cada una representa una variable independiente de la base de datos espacial. Cada una de estas variables fue agrupada en distintas clases y a cada clase se le asignó un valor de influencia o valor de clase, que representa el grado de susceptibilidad de la misma. El grado de significancia de cada clase se obtiene multiplicando el valor de influencia de clase por el valor de la ponderación que tiene cada variable.

El peligro fue estimado con base en el Índice Potencial de Peligrosidad, el cual expresa la combinación de los diferentes mapas o variables (incluidas sus respectivas clases) en un solo mapa, obtenido mediante la siguiente regla de combinación (Foumelis et al., 2004):

$IPS = \sum(\text{Peso de la variable} \times \text{Valor de clase}) / \text{número de variables}$ .

El valor obtenido se reclasificó en tres rangos para determinar los diferentes niveles de peligro: bajo, medio y alto.

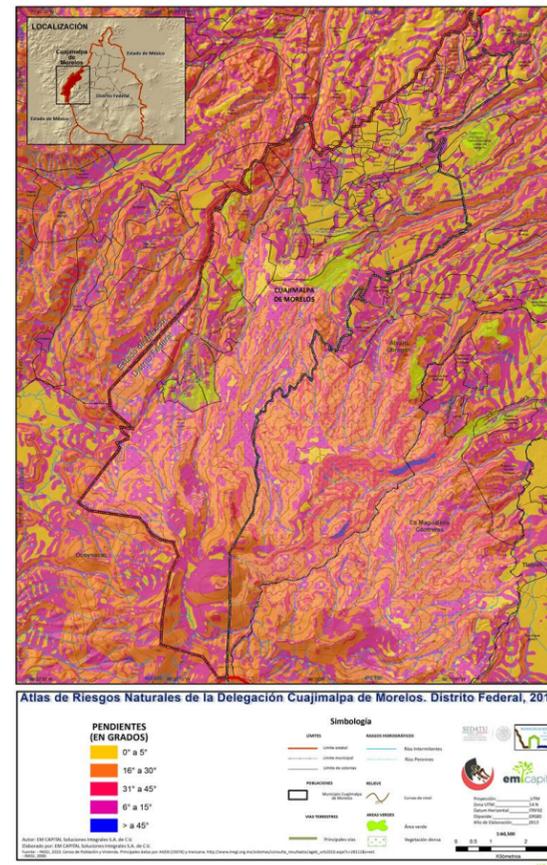
A continuación se explica cómo influyen las variables consideradas en la generación de los procesos.

**Pendiente**

La pendiente es un factor fundamental en la generación de PRM (Moreiras, 2005). Un talud formado por un material homogéneo e isótropo, presenta una mayor inestabilidad a medida que aumenta su valor de pendiente (Dai y Lee, 2002). La influencia de la pendiente en la generación de los PRM estará determinada por la litología y por los tipos de procesos de remoción presentes. En general valores altos de pendiente (>45°) están asociados a zonas con PRM activos, tales como volteo y desprendimiento de rocas y pendientes medias (30-45°) están asociadas a caídas por rodamiento y desprendimiento, deslizamientos y flujos. Los rangos definidos son:

**Tabla 5.1.4.6.- Rangos de pendiente.**

Rangos de pendiente (°)
0-15
16-30
31-45
> 45°



**Figura 5.1.4.17.- Mapa de pendientes.**

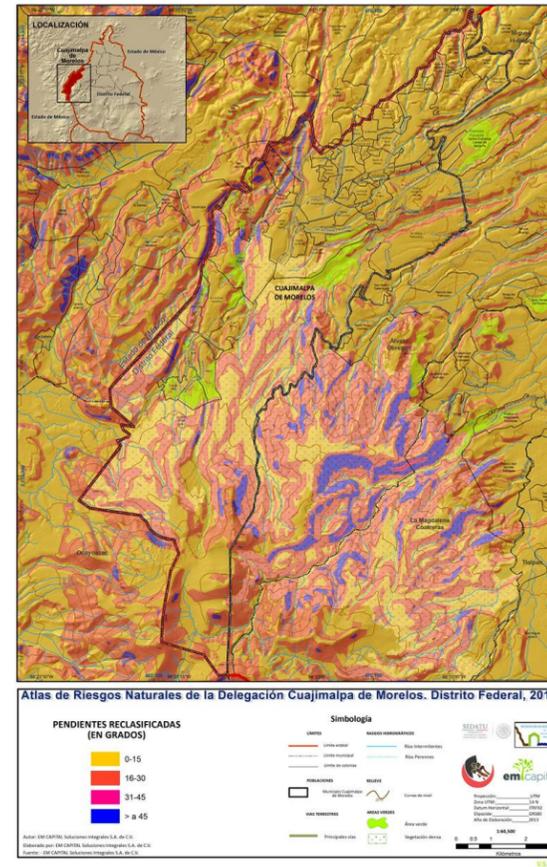


Figura 5.1.4.18.- Mapa de pendientes reclasificadas.

## Litología

Las características de las rocas volcánicas que influyen para la generación de PRM son:

1. Presencia de secuencias anisotrópicas (lavas y piroclastos)
2. Variación de las propiedades mecánicas e hidráulicas
3. Diaclasas de enfriamiento
4. Planos de flujo
5. Fracturas
6. Vesículas y cavidades
7. Presencia de bloques sueltos
8. Acumulaciones de material granular

La presencia de secuencias de lavas intercaladas con depósitos piroclásticos, confiere a los macizos rocosos un carácter heterogéneo y anisotrópico. La heterogeneidad implica la existencia de zonas con diferentes propiedades mecánicas e hidráulicas, grado de alteración, contenido de agua entre otras características. La anisotropía implica la presencia de superficies de contacto a través de las cuales las propiedades de resistencia y de permeabilidad son diferentes de las obtenidas en otras direcciones.

En macizos rocosos donde se presenta un solo tipo de litología, existen discontinuidades asociadas al emplazamiento de las lavas. Los planos de flujo se forman durante el ascenso del magma y se deforman durante su avance. Las juntas de enfriamiento se generan como respuesta al cambio en el estado de esfuerzos, debido a variaciones de temperatura durante el flujo (Fink y Anderson 2000). Las fracturas se pueden originar por descompresión o bien estar asociadas a procesos tectónicos, los cuales son característicos en zonas volcánicas. Estas discontinuidades generalmente se interceptan y dan a los macizos rocosos una configuración en bloques, de geometría y tamaño diverso. Otro aspecto de las discontinuidades es que favorece la meteorización a través de estos planos, facilitando la separación de los bloques en los macizos rocosos.

Como producto de la actividad volcánica de tipo explosivo, se puede tener la presencia de depósitos vulcanoclásticos, distribuidos en los flancos de los volcanes y estratovolcanes. La gama de depósitos es amplia y su distribución varía tanto vertical como horizontalmente. Los taludes formados por estos materiales son heterogéneos e isotropos.

Los distintos tipos de roca se reclasificaron a fin de agrupar aquellos tipos de materiales que tienen similar comportamiento mecánico:

**Tabla 5.1.4.7.- Reclasificación de la litología.**

Litología reclasificada	Comportamiento
Andesita, Basalto, Dacita, Andesita Basáltica	Macizos rocosos fracturados, alterados, anisótropos.
Depósito de Lahar, Flujo de bloques y ceniza, Flujo de pómez	Depósitos granulares heterogéneos, formados por intercalaciones de material granular y bloques sueltos.
Depósitos aluviales	Suelos arenosos, limosos arcillosos, que se presentan en las partes bajas y de transición o lacustre o rellenando cauces.

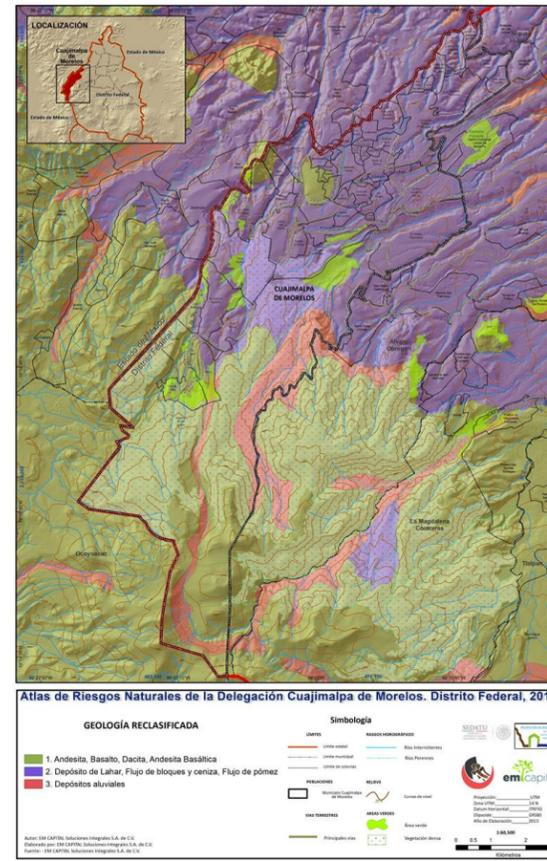


Figura 5.1.4.19.- Litología reclasificada.

## Fallas y fracturas

Anteriormente, autores como Muller (1959) y Terzaghi (1962) han enfatizado el hecho de que los macizos rocosos no son medios continuos y que su comportamiento está controlado por la presencia de discontinuidades como fallas, juntas, planos de estratificación, planos de flujo, etc. La existencia de estos rasgos estructurales en las laderas influye en la generación de procesos de remoción en masa, ya que el arreglo que forman las discontinuidades en los macizos rocosos determina la geometría, volumen y el mecanismo de movimiento potencial que se puede presentar (Hoek y Bray, 1996).

Las fallas y fracturas condicionan en gran medida el desarrollo y evolución del relieve (Córdova, 1992), además de incidir en la generación de PRM debido al fracturamiento y brechamiento que inducen en los materiales. Las fracturas de los macizos rocosos, generalmente se agrupan en sistemas que poseen sus acimuts y sus ángulos de echado en direcciones predominantes, aunque pueden presentarse como una multitud de fisuras sin direcciones preferenciales (Gaziev, 2003). El fracturamiento asociado a las fallas, generalmente se presenta en forma sistemática y formando arreglos geométricos muy característicos. El fracturamiento sistemático se caracteriza por una geometría, rugosidad, orientación y espaciamiento muy similares. El fracturamiento no sistemático presenta geometrías curvas e irregulares y no sigue ningún patrón definido en cuanto a su orientación y espaciamiento. Los tipos más comunes de arreglos de fracturas son: en paralelo, relay, echelón, relevo, abanico, anastomosado, conjugados, perpendicular y complejo (Van der Pluijm, 2004).

Un esquema práctico para hacer una caracterización general de las zonas afectadas por rasgos estructurales, es propuesto por Pusch (1995), quien propone 7 órdenes de discontinuidades (Tabla 5.1.4.8). Las discontinuidades de primer y segundo orden están relacionadas con fallas y fracturas a nivel regional. Las discontinuidades de tercer orden representan rasgos locales y cartografiables en campo. Las discontinuidades de cuarto y quinto orden afectan a los macizos rocosos y son las que podemos observar en los afloramientos; la interacción entre estos órdenes de discontinuidades en los taludes, da lugar a ciertos arreglos geométricos de los bloques delimitados por estos planos de debilidad.

**Tabla 5.1.4.8.- Caracterización general de los rasgos estructurales. Adaptado de Pusch (2005).**

Orden de las discontinuidades	Descripción
<i>Primer orden</i>	Zonas de fractura regional con algunos kilómetros de espaciamiento y longitud de varias decenas de kilómetros. El ancho de la parte central, en su mayoría hidráulicamente activa y caracterizada por componentes arcillosos, va de un rango de metros a decenas de metros.
<i>Segundo orden</i>	Zonas de fractura local con un espaciamiento de centenares de metros hasta un kilómetro y con una extensión de varios kilómetros. Las características son similares a las de primer orden solo que con menos anchura en el centro y con menor frecuencia de fracturamiento y contenido de arcilla.
<i>Tercer orden</i>	Zonas de fractura local con un espaciamiento de 30-150 m y con un ancho de unos cuantos decímetros hasta dos metros. Su extensión puede ser de varios cientos de metros.
<i>Cuarto orden</i>	Estas discontinuidades son los principales miembros hidráulicamente activos de una roca localizada entre las discontinuidades de alto orden. Ocurren como discretas fracturas con un espaciamiento aproximado de 2 a 10 m, y con una extensión de más de 10 m.
<i>Quinto orden</i>	Representan el 90 % de las fracturas discretas visibles en la roca entre las de más alto orden. Su espaciamiento va de 0.2 a 1 m. Estas discontinuidades representan planos de debilidad donde se generan altos esfuerzos críticos cuando se altera el estado natural de esfuerzos.
<i>Sexto orden</i>	Las discontinuidades de este orden son planos de debilidad a pequeña escala. Representan zonas donde están alineados minerales de baja resistencia o bien fracturas finas. Forman sub-clases de planos de debilidad que no entran en las discontinuidades de quinto o cuarto orden.
<i>Séptimo orden</i>	Estas discontinuidades representan vacíos intercristalinos y contactos cristalinos incompletos los cuales generan posibles planos de falla (por ejemplo las fracturas de Griffith).

Entre las formas del relieve originadas por tectonismo se encuentran las fosas y pilares (Figura 5.1.4.20), las cuales son importantes en el área de estudio, pues a lo largo de estas estructuras se unen grandes sistemas fluviales que desembocan hacia la planicie. En zonas afectadas por fallas normales de alto ángulo es común la presencia de fracturas paralelas al plano de falla, lo que define planos casi verticales. Estos planos se intersectan con otras discontinuidades como planos de flujo, planos de enfriamiento, fracturas de descompresión o relajación y definen bloques con la posibilidad de volcar o deslizar. La geometría del bloque, la orientación y resistencia de las discontinuidades define en gran medida el tipo de movimiento que puede presentarse. Aparte del fracturamiento existen zonas que presentan harina o brecha de falla, dando la posibilidad de un deslizamiento dada la baja resistencia de estos materiales. Cuando en un afloramiento, la pared de una falla de tipo normal está expuesta y presenta brecha o roca triturada, ésta puede caer por desprendimiento. En la Figura 5.1.4.21 se muestran los problemas de estabilidad asociados a los rasgos estructurales.

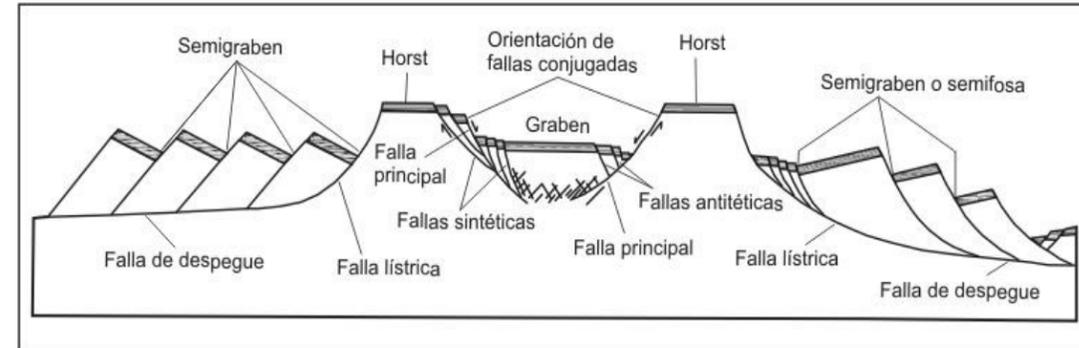


Figura 5.1.4.20.- Esquema de un sistema de fallas normales, caracterizado por las fallas principales con sus respectivas fallas secundarias. Modificado de Twiss y Moores (1992).

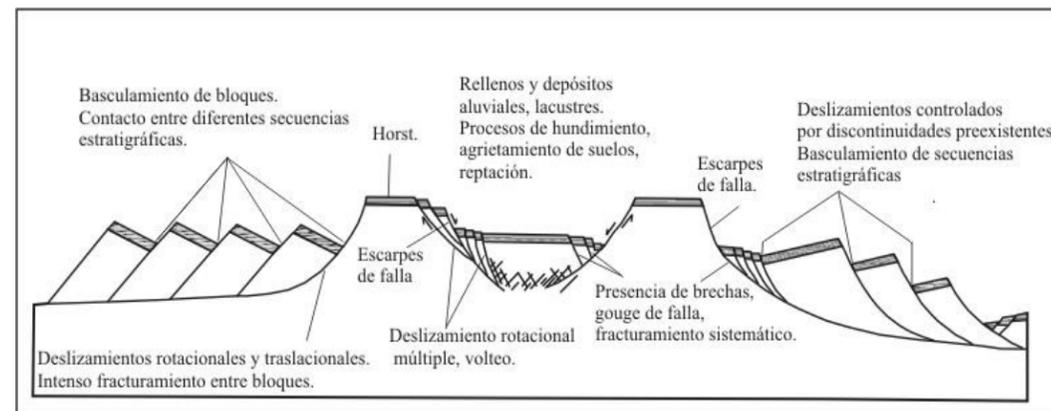
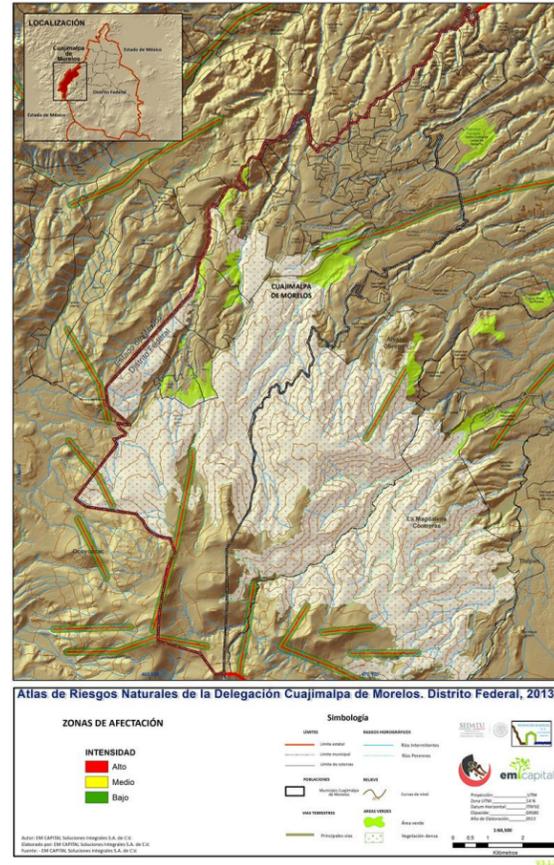


Figura 5.1.4.21.- Esquema en términos de los procesos de remoción en masa favorecidos por un control estructural. Adaptado de Twiss y Moores (1992).

A la Sierra de las Cruces (SC) la caracterizan tres sistemas de fallas que son N-S, NE-SW y E-W. A continuación se dan algunas de las características generales. El sistema N-S es el más antiguo y ha sido reactivado en diferentes tiempos, ya que se han determinado periodos de actividad durante el Eoceno tardío (Alaniz-Álvarez y Nieto-Samaniego, 2005), reactivación y emplazamiento de la Sierra de Las Cruces durante el Plioceno, y posterior reactivación y afectación de la misma SC durante el Pleistoceno tardío, ya que las fallas cortan a flujos de bloques y cenizas con edades de 600 000, 430 000, y 270 000 años (Mooser, 1975). La zona de fallas N-S en la SC presenta en general arreglos en echelón y ligeramente anastomosados.

La zona de fallas NE-SW es el segundo sistema de fallas que caracteriza a la Sierra de Las Cruces y pertenece a la zona de cizallamiento Tenochtitlan (de Cserna et al., 1988), que se localiza entre Petatlán, Guerrero, y la porción norte de la Cuenca de México. Se trata de una estructura reactivada para la cual se ha documentado que actuó como un sistema de fallas laterales izquierdas durante el Mioceno tardío en la región de Ápan, Estado de Hidalgo (García-Palomo, 2002), y posteriormente como fallas normales durante el Pleistoceno, y que han controlado el vulcanismo y deformación desde las inmediaciones de Toluca (García-Palomo et al., 2000; Aguirre-Díaz et al., 2006; Blatter y Carmichael, 1998) hasta la región de Ápan (Ledezma-Guerrero, 1987; García-Palomo, 2002).





**Figura 5.1.4.23.- Mapa de zonas de afectación.**

**Densidad de Fracturamiento**

Algunos estudios muestran que la probabilidad de ocurrencia de PRM se incrementa notablemente en las zonas cercanas a lineamientos tectónicos (Lee et al., 2002; Gómez y Kavzoglu, 2005). La peligrosidad a que ocurran remociones en masa se incrementa en estas zonas debido al fracturamiento y brechamiento asociado a las fallas. En escarpes o en trazas de fallas (fracturas de segundo y tercer orden), la roca presenta fracturas de cuarto y quinto orden, lo que genera bloques con la posibilidad de presentar volteos, deslizamientos o desprendimientos, dependiendo de su disposición y arreglo geométrico. En un mapa de *densidad de lineamientos* podemos asumir que valores altos de densidad representan zonas con mayor potencial a presentar PRM, ya que representan áreas donde se interceptan fallas y fracturas (fracturas de primer, segundo y tercer orden). La densidad de lineamientos o de fracturamiento se obtiene dividiendo la longitud de fracturas por unidad de área ( $\text{km}/\text{km}^2$ ).

**Tabla 5.1.4.9.- Reclasificación de la densidad de fracturamiento.**

Densidad de fracturas ( $\text{Km}/\text{km}^2$ )
0 - 0.5
0.51 - 1.18
1.19 - 1.86

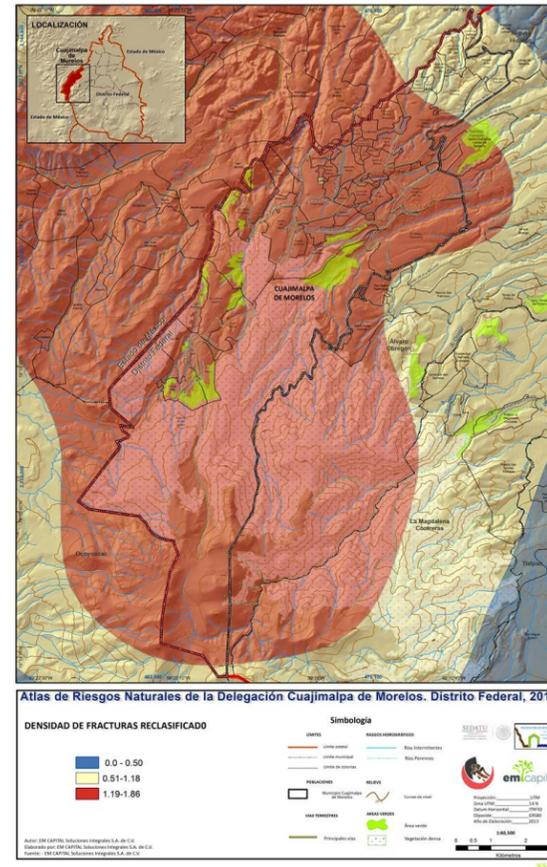


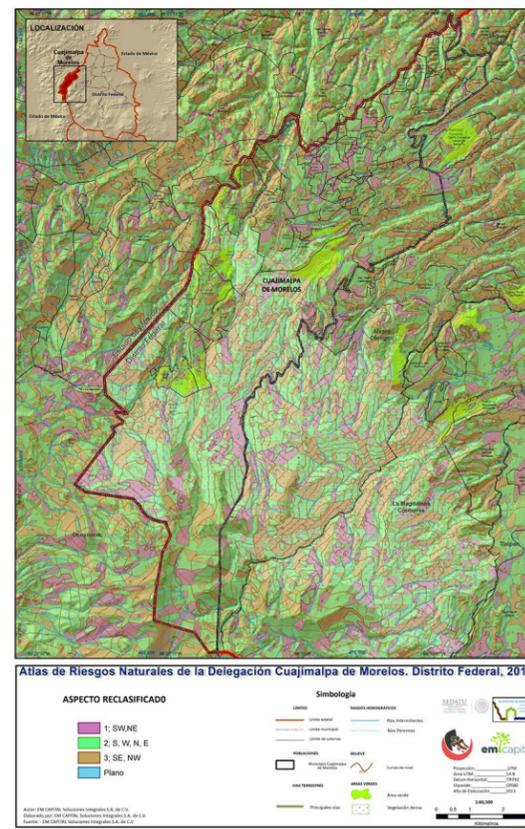
Figura 5.1.4.23.- Mapa de densidad de fracturamiento.

**Aspecto**

Se refiere a la orientación de las laderas, con respecto al norte geográfico. Una ladera con aspecto al Norte, implica que un haz de luz que viniera de esa dirección, iluminaría completamente a la ladera en esa porción. Esto es equivalente a decir que el rumbo del echado de la ladera es hacia el norte también, o que el rumbo de la ladera es E-W. Sobre esta base, se consideró que las laderas que tienen mayor potencial a generar remociones son aquellas orientadas en sentido paralelo al rumbo de los sistemas de falla.

**Tabla 5.1.4.10.- Tabla del aspecto.**

Aspecto
SW
S
W
SE
NW
N
E
NE



**Figura 5.1.4.24.- Mapa de reclasificación del aspecto.**

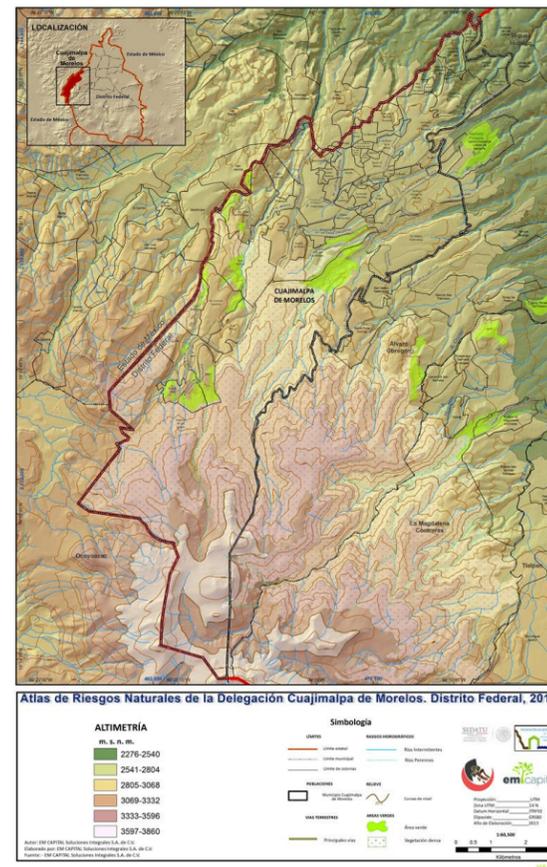
### Altura

La altura tiene influencia en la generación de PRM ya que en zonas elevadas se ha visto la correlación entre procesos de caída de rocas y factores climáticos asociados a estas áreas (Menéndez y Marquínez, 2002). En las partes altas se presentan procesos de congelamiento-deshielo de agua, lo que induce esfuerzos en las rocas, así como humedad producto de las lluvias o de la nieve, lo que favorece la desintegración y el desprendimiento de bloques y detritos de estas zonas. En general podemos asociar un mayor potencial a generar PRM a las zonas más elevadas e intermedias que con respecto a las más bajas, principalmente en lo que respecta al volteo y desprendimiento de bloques.

El mapa altimétrico de la zona de estudio se muestra en la figura 5.1.4.25. Para la generación del mapa final de peligro los rangos de altimetría se reclasificaron en tres (Fig. 5.1.4.26):

**Tabla 5.1.4.11.- Tabla de la reclasificación de la altura.**

Altura (msnm)
2274-2671
2672-3068
3069-3863



**Figura 5.1.4.25.- Mapa de altimetría.**

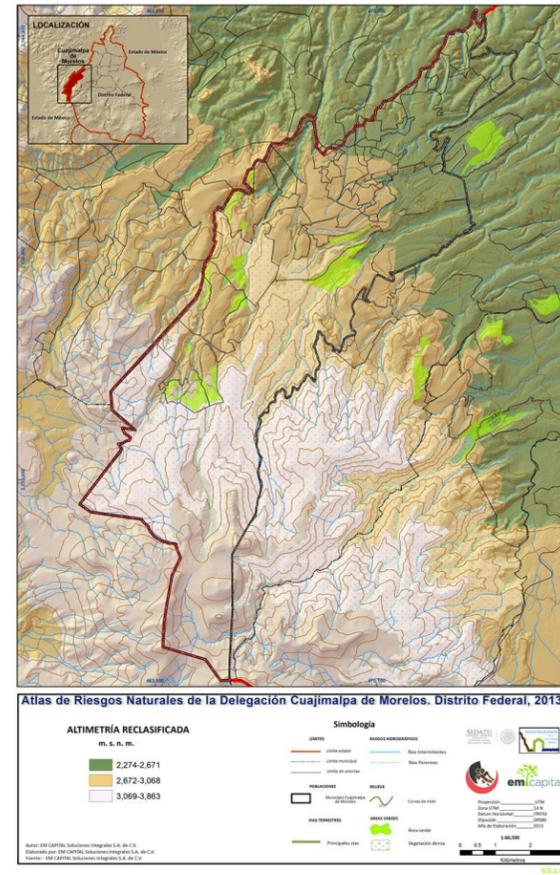


Figura 5.1.4.26.- Mapa de reclasificación de la altimetría.

**Drenaje**

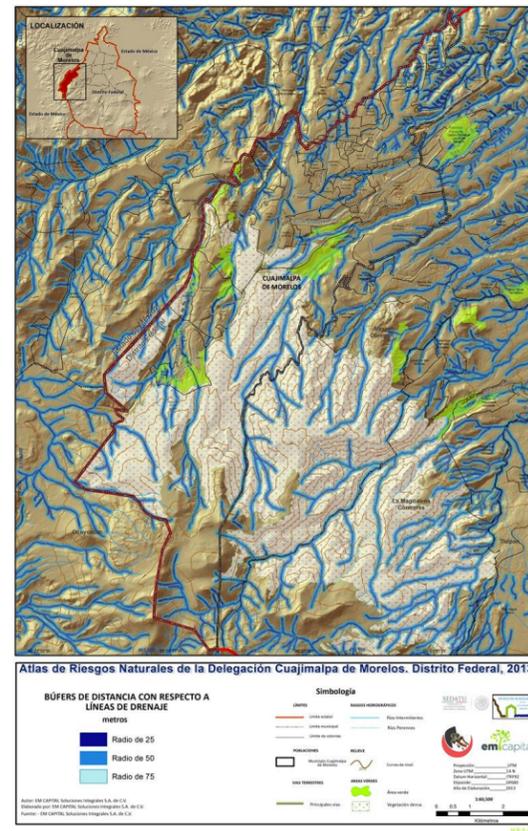
Diversos estudios muestran la correlación que existe entre la generación de remociones en masa y la proximidad a las líneas de drenaje (Dai, 2002; Foumelis et al., 2004). La erosión ocasionada en los cauces y la saturación del terreno favorecen la presencia de deslizamientos, desprendimientos y flujos. El drenaje se manifiesta por la generación de barrancas, que son formas negativa del relieve, con laderas abruptas, con frecuencia ramificándose hacia la cabecera, con las márgenes carentes de vegetación. En longitud pueden alcanzar algunos kilómetros y en profundidad y anchura, algunas decenas de metros. También se definen como los surcos o cárcavas dispuestas radialmente desde la cima de un volcán hacia su base; surgen debido a la erosión de las laderas por las aguas pluviales (Lugo Hubp, 1989).

Un barranco es susceptible a presentar procesos de remoción dependiendo de: tipo de material, grado de la erosión fluvial, fuerzas actuantes de tipo interno (como el peso propio y la resistencia del material) y externo (peso de obras civiles y vibraciones de origen antrópico).

Los procesos de remoción que se presentan en estas zonas son principalmente deslizamientos, caída de rocas y flujos canalizados de lodo y detritos.

**Tabla 5.1.4.12.- Tabla de distancia a líneas de drenaje.**

Distancia a drenaje (m)
> de 100 m
51 a 100
< 50 m



**Figura 5.1.4.27.- Mapa de buferes de drenaje.**

Las ponderaciones obtenidas para cada mecanismo de movimiento de acuerdo con el método de jerarquías analíticas, se muestran a continuación:

**Deslizamiento**

		j						
		Pendiente	Litología	Densidad de fracturas	Aspecto	Altura	(xij)/n	(xij/n)/Σ (xij/n)
i	Pendiente	1.00	2.00	2.00	3.00	3.00	2.20	0.32
	Litología	0.50	1.00	2.00	3.00	3.00	1.90	0.28
	Densidad de fracturas	0.50	0.50	1.00	2.00	3.00	1.40	0.20
	Aspecto	0.33	0.33	0.50	1.00	0.50	0.53	0.08
	Altura	0.33	0.33	0.33	2.00	1.00	0.80	0.12
						Σ (xij/n)	6.8307	1.00

Tabla 5.1.4.13.-Ponderaciones obtenidas para las variables empleadas en deslizamientos.

**Caídos o Volteo (Derrumbes)**

		j						
		Pendiente	Litología	Densidad de fracturas	Aspecto	Altura	(xij)/n	(xij/n)/Σ (xij/n)
i	Pendiente	1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.60	0.36
	Litología	0.33	1.00	0.33	2.00	0.50	0.83	0.12
	Densidad de fracturas	0.33	3.00	1.00	3.00	3.00	2.07	0.29
	Aspecto	0.33	0.50	0.33	1.00	0.50	0.53	0.07
	Altura	0.33	2.00	0.33	2.00	1.00	1.13	0.16
						Σ (xij/n)	7.1653	1.00

Tabla 5.1.4.14.- Ponderaciones obtenidas para las variables empleadas en caídas y volteos.

### Flujos de lodos y detritos

		j					(xij)/n	(xij/n)/Σ (xij/n)
		Pendiente	Litología	Densidad de fracturas	Drenaje	Altura		
i	Pendiente	1.00	0.33	2.00	0.33	2.00	1.13	0.16
	Litología	3.00	1.00	2.00	0.33	3.00	1.87	0.27
	Densidad de fracturas	0.50	0.50	1.00	0.33	2.00	0.87	0.12
	Drenaje	3.00	3.00	3.00	1.00	3.00	2.60	0.37
	Altura	0.50	0.33	0.50	0.33	1.00	0.53	0.08
<b>Σ (xij/n)</b>						7.00	1.00	

**Tabla 5.1.4.15.- Ponderaciones obtenidas para las variables empleadas en flujos.**

El peligro fue estimado con base en el Índice Potencial de Peligrosidad, el cual expresa la combinación de los diferentes mapas o variables (incluidas sus respectivas clases) en un solo mapa, obtenido mediante la siguiente regla de combinación (Foumelis et al., 2004):

$IPS = \Sigma(\text{Peso de la variable} \times \text{Valor de clase}) / \text{número de variables}$ .

El valor obtenido se reclasificó en tres rangos para determinar los diferentes niveles de peligro: bajo, medio y alto.

**Deslizamiento**

Mapa temático (X)	Clase	Valor de clase (influencia)	Peso	Grado de importancia
<b>Pendiente (°)</b>			<b>0.32</b>	
	0-15	1		<b>0.32</b>
	16-30	2		<b>0.64</b>
	31-45	4		<b>1.28</b>
	> 45°	3		<b>0.96</b>
<b>Geología</b>			<b>0.28</b>	
	Andesita, Basalto, Dacita, Andesita Basáltica	1		<b>0.28</b>
	Depósito de Lahar, Flujo de bloques y ceniza, Flujo de pómez	2		<b>0.56</b>
	Depósitos aluviales	3		<b>0.84</b>
<b>Densidad de fracturas</b>			<b>0.20</b>	
	0 - 0.5	1		<b>0.2</b>
	0.51 - 1.18	2		<b>0.4</b>
	1.19 - 1.86	3		<b>0.6</b>
<b>Aspecto</b>			<b>0.08</b>	
	SW	1		<b>0.08</b>
	S	2		<b>0.16</b>
	W	2		<b>0.16</b>
	SE	3		<b>0.24</b>
	NW	3		<b>0.24</b>
	N	2		<b>0.16</b>
	E	2		<b>0.16</b>
	NE	1		<b>0.08</b>
<b>Altura</b>			<b>0.12</b>	
	2274-2671	1		<b>0.12</b>
	2672-3068	2		<b>0.24</b>
	3069-3863	3		<b>0.36</b>
			<b>1.00</b>	

Tabla 5.1.4.16.- Ponderaciones obtenidas para el método del índice de peligrosidad.

$$\text{INDICE POTENCIAL DE PELIGRO POR DESLIZAMIENTO} = ( 0.32(\text{PENDIENTE}) + 0.28(\text{GEOLOGÍA}) + 0.20(\text{DENS. FRACTURAMIENTO}) + 0.08(\text{ASPECTO}) + 0.12(\text{ALTURA}) ) / 5$$

### Caídos y volteos (derrumbes)

Mapa temático (X)	Clase	Valor de clase (influencia)	Peso	Grado de importancia
<b>Pendiente (°)</b>			<b>0.36</b>	
	0-15	1		<b>0.36</b>
	16-30	2		<b>0.72</b>
	31-45	3		<b>1.08</b>
	> 45°	4		<b>1.44</b>
<b>Geología</b>			<b>0.12</b>	
	Andesita, Basalto, Dacita, Andesita Basáltica	3		<b>0.36</b>
	Depósito de Lahar, Flujo de bloques y ceniza, Flujo de pómez	2		<b>0.24</b>
	Depósitos aluviales	1		<b>0.12</b>
<b>Densidad de fracturas</b>			<b>0.29</b>	
	0 - 0.5	1		<b>0.29</b>
	0.51 - 1.18	2		<b>0.58</b>
	1.19 - 1.86	3		<b>0.87</b>
<b>Aspecto</b>			<b>0.07</b>	
	SW	1		<b>0.07</b>
	S	2		<b>0.14</b>
	W	2		<b>0.14</b>
	SE	3		<b>0.21</b>
	NW	3		<b>0.21</b>
	N	2		<b>0.14</b>
	E	2		<b>0.14</b>
	NE	1		<b>0.07</b>
<b>Altura</b>			<b>0.16</b>	
	2274-2671	1		<b>0.16</b>
	2672-3068	2		<b>0.32</b>
	3069-3863	3		<b>0.48</b>
			<b>1.00</b>	

Tabla 5.1.4.17.- Ponderaciones obtenidas para el método del índice de peligrosidad.

$$\text{ÍNDICE POTENCIAL DE PELIGRO POR CAÍDOS Y VOLTEOS} = (0.36(\text{PENDIENTE}) + 0.12(\text{GEOLOGÍA}) + 0.29(\text{DENS. FRACTURAMIENTO}) + 0.07(\text{ASPECTO}) + 0.16(\text{ALTURA})) / 5$$

### Flujos

Mapa temático (X)	Clase	Valor de clase (influencia)	Peso	Grado de importancia
<b>Pendiente (°)</b>			<b>0.16</b>	
	0-15	1		<b>0.16</b>
	16-30	2		<b>0.32</b>
	31-45	4		<b>0.64</b>
	> 45°	3		<b>0.48</b>
<b>Geología</b>			<b>0.27</b>	
	Andesita, Basalto, Dacita, Andesita Basáltica	1		<b>0.27</b>
	Depósito de Lahar, Flujo de bloques y ceniza, Flujo de pómez	3		<b>0.81</b>
	Depósitos aluviales	2		<b>0.54</b>
<b>Densidad de fracturas</b>			<b>0.12</b>	
	0 - 0.5	1		<b>0.12</b>
	0.51 - 1.18	2		<b>0.24</b>
	1.19 - 1.86	3		<b>0.36</b>
<b>Distancia a Drenaje (m)</b>			<b>0.37</b>	
	> de 100 m	1		<b>0.37</b>
	51 a 100	2		<b>0.74</b>
	< 50 m	3		<b>1.11</b>
<b>Altura</b>			<b>0.08</b>	
	2274-2671	3		<b>0.24</b>
	2672-3068	2		<b>0.16</b>
	3069-3863	1		<b>0.08</b>
			<b>1.00</b>	

Tabla 5.1.4.18.- Ponderaciones obtenidas para el método del índice de peligrosidad.

$$\text{ÍNDICE POTENCIAL DE PELIGRO POR FLUJOS} = ( 0.16(\text{PENDIENTE}) + 0.27(\text{GEOLOGÍA}) + 0.12(\text{DENS. FRACTURAMIENTO}) + 0.37(\text{DISTANCIA A DRENAJE}) + 0.08(\text{ALTURA}) ) / 5$$

Los mapas de peligro muestran las áreas críticas donde se combinan de manera desfavorable las variables estudiadas. Resaltan las zonas de barrancas, las partes altas y escarpadas, afectadas por fallas y circos de erosión, producto del tectonismo y de colapsos volcánicos respectivamente. Este mapa muestra las zonas con mayor potencial a presentar PRM y los resultados pueden ser usados con fines de prevención y monitoreo de laderas en el territorio delegacional. Asimismo, se incluyen los puntos de ocurrencia de PRM para validar los resultados.

A continuación se presentan los mapas generados de peligro y riesgo para los mecanismos de Deslizamiento; Caído y Volteo, así como Flujos.

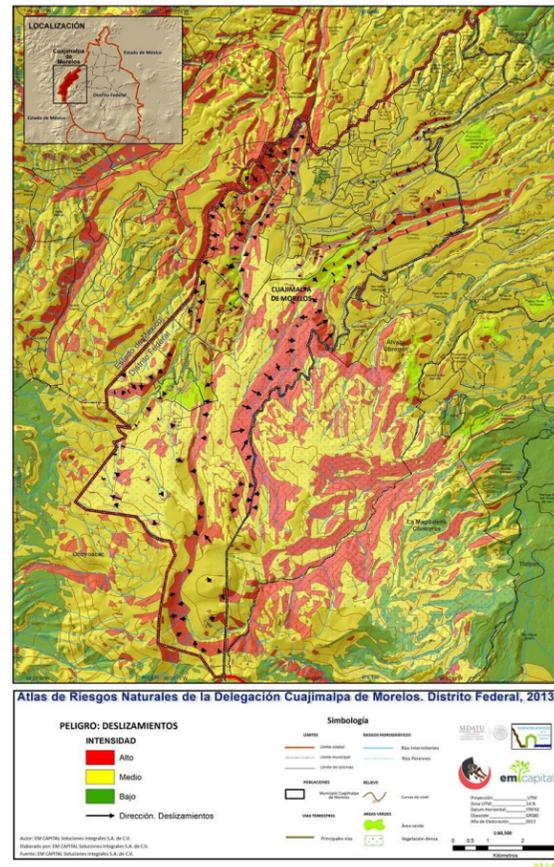


Figura 5.1.4.28.- Mapa de peligro por deslizamiento.

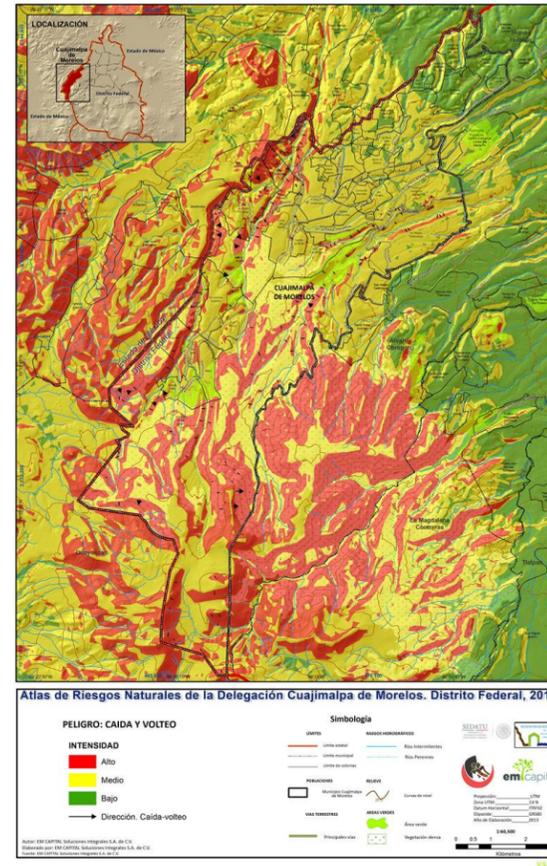


Figura 5.1.4.29.- Mapa de peligro por caídas y volteos.

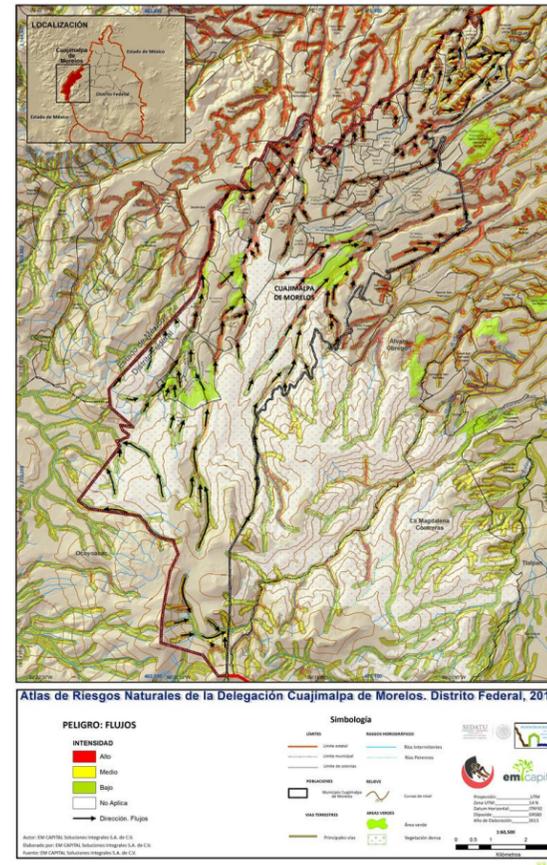


Figura 5.1.4.30.- Mapa de peligro por flujos.

### Evaluación de vulnerabilidad para inestabilidad de laderas e inundaciones

La vulnerabilidad es la medida de la susceptibilidad del sistema expuesto de ser dañado por el o los peligros que se tienen en la zona de evaluación. Este concepto define que tan débil se encuentra un elemento (personas, viviendas, actividades) ante un peligro y por lo tanto con qué facilidad pueden sufrir daños.

La vulnerabilidad es la condición de debilidad previa a un accidente de la población e instalaciones pero que se magnifica al momento del desastre. Es una debilidad o exposición desventajosa del sistema en el que interviene la marginación (carencia de infraestructura básica como Agua, Drenaje o Electricidad, y de condiciones óptimas para un adecuado desarrollo social). Es la predisposición a sufrir algún daño debido a posibles acciones externas. Con su evaluación se busca identificar y caracterizar los elementos expuestos al peligro.

Existen diversos tipos de vulnerabilidad como son la Física, Económica, Social, Educativa, Cultural, Política y Ambiental. Para el análisis de riesgo de este Atlas Municipal, se calculó la vulnerabilidad Social.

La Vulnerabilidad SOCIAL se encuentra muy relacionada con el nivel de Pobreza y Marginación de la población. Por lo que al evaluar el grado de Vulnerabilidad Social se valorará el conjunto de características sociales y económicas que limitan la capacidad de desarrollo de la sociedad.

La estimación se realizó a partir de bases de datos de los indicadores Socio-Económicos, el cálculo involucra 15 indicadores que están agrupados en 5 conjuntos: SALUD, EDUCACIÓN, VIVIENDA, EMPLEO Y POBLACIÓN.

El resultado de vulnerabilidad se dividirá en 5 categorías que van de muy bajo a muy alto. Siendo 0 para muy bajo y 1 para muy alto.

**Tabla 5.1.4.19.- Características de los tipos de vulnerabilidad**

MUY ALTA Y ALTA	MEDIA	BAJA Y MUY BAJA
Equipamientos ineficientes	Cobertura de servicios en la mayor parte de la zona de evaluación aunque con gran deficiencia	Alto nivel de servicio vial
Bajo nivel de bienestar	Mayor cantidad de personas dedicadas a los servicios y el comercio	Cuenta con todos los servicios y con buena capacidad.
Dependencia económica alta	Escolaridad alcanza la secundaria	Mayor cantidad de equipamientos urbanos
Promedio de escolaridad de 6 años	Sistema ineficiente de comunicación vial causando problemas viales	Principales centros de comercio y trabajo
Más de 50% trabaja en industria	Inseguridad Pública	Escolaridad alta. Educación profesional
	Ausencia de áreas verdes	Ingresos altos
Espacios suburbanos		Baja densidad poblacional

A través de la estimación de la Vulnerabilidad Social se obtienen datos que caracterizan a ciertos elementos que constituyen al sistema como son la población, la infraestructura, los servicios al obtener un valores aproximados de de viviendas, instalaciones industriales, de servicios públicos y privados además de sus características físicas (materiales de construcción de ser posible) y servicios disponibles (drenaje, agua, electricidad).

**ÍNDICES SOCIO-ECONÓMICOS EMPLEADOS EN LAS ESTIMACIONES DE LA VULNERABILIDAD:****SALUD**

1. Tasa de Mortalidad infantil.
2. Porcentaje de la población no derechohabiente.

**EDUCACIÓN**

3. Porcentaje de analfabetismo.
4. Porcentaje de población de 5 a 14 años que asiste a la escuela
5. Grado promedio de Escolaridad

**VIVIENDA**

6. Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada.
7. Porcentaje de viviendas sin servicio de drenaje
8. Porcentaje de viviendas sin refrigeradores
9. Porcentaje de viviendas con piso de tierra.
10. Viviendas con algún tipo de hacinamiento

**EMPLEO**

11. Razón de dependencia.
12. Tasa de desempleo.

**POBLACIÓN**

13. Densidad poblacional
14. Porcentaje de población de habla indígena

**FUENTES DE INFORMACIÓN PARA LOS INDICADORES DE VULNERABILIDAD SOCIAL**

Los datos empleados para el análisis de vulnerabilidad social fueron obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda 2010 del INEGI y de la información de marginación publicados por la Comisión Nacional de Población CONAPO.

**Tabla 5.1.4.20.- Tabla de indicadores de vulnerabilidad.**

SECTOR	VARIABLE	INTERVALOS	CONDICIÓN DE VULNERABILIDAD	VALOR
	Tasa de mortalidad infantil	De 17.2 a 27.1	MUY BAJA	0
		De 27.2 a 37.0	BAJA	0.25
		De 37.1 a 47.0	MEDIA	0.5
		De 47.1 a 56.9	ALTA	0.75
		57.0 ó más	MUY ALTA	1
	Porcentaje de la población no Derechohabiente	De 17.63 a 34.1	MUY BAJA	0
		De 34.11 a 50.57	BAJA	0.25
		De 50.58 a 67.04	MEDIA	0.5
		De 67.05 a 83.51	ALTA	0.75
		83.52 o más	MUY ALTA	1
<b>PROMEDIO DE SALUD</b>				
EDUCACIÓN	Porcentaje de Analfabetismo	De 1.07 a 15.85	MUY BAJA	0
		De 15.86 a 30.63	BAJA	0.25
		De 30.64 a 45.51	MEDIA	0.5
		De 45.52 a 60.19	ALTA	0.75
		60.20 ó más	MUY ALTA	1
	Porcentaje de población de 6 a 14 años que asiste a la escuela	De 42.72 a 54.17	MUY ALTA	1
		De 54.18 a 65.62	ALTA	0.75
		De 65.63 a 77.07	MEDIA	0.5
		De 77.08 a 88.52	BAJA	0.25
	Grado promedio de escolaridad	88.53 ó más	MUY BAJA	0
		De 1 a 3.2	MUY ALTA	1
		De 3.3 a 5.4	ALTA	0.75
		De 5.5 a 7.6	MEDIA	0.5
		De 7.7 a 9.8	BAJA	0.25
	De 9.9 o más	MUY BAJA	0	
<b>PROMEDIO DE EDUCACIÓN</b>				
VIVIENDA	Porcentaje de viviendas sin servicio de agua entubada	De 0 a 19.96	MUY BAJA	0
		De 19.97 a 39.92	BAJA	0.25
		De 39.93 a 59.88	MEDIA	0.5
		De 59.89 a 79.84	ALTA	0.75
		79.85 ó más	MUY ALTA	1
	Porcentaje de Viviendas sin Servicio de Drenaje	De 1.21 a 20.96	MUY BAJA	0
		De 20.97 a 40.71	BAJA	0.25

		De 40.72 a 60.46	MEDIA	0.5
		De 60.47 a 80.21	ALTA	0.75
		80.22 ó más	MUY BAJA	1
	Porcentaje de Viviendas sin refrigerador	De 0 a 19.76	MUY BAJA	0
		De 19.77 a 39.52	BAJA	0.25
		De 39.53 a 59.28	MEDIA	0.5
		De 59.29 a 79.04	ALTA	0.75
		79.05 ó más	MUY ALTA	1
	Viviendas con algún tipo de hacinamiento	De 1.63 a 13.72	MUY BAJA	0
		De 13.73 a 25.81	BAJA	0.25
		De 25.82 a 37.90	MEDIA	0.5
		De 37.91 a 49.99	ALTA	0.75
		De 50 ó más	MUY ALTA	1
	Porcentaje de Viviendas con Piso de Tierra	De 1.52 a 20.82	MUY BAJA	0
		De 20.83 a 40.12	BAJA	0.25
		De 40.13 a 59.42	MEDIA	0.5
		De 59.43 a 78.72	ALTA	0.75
		78.73 ó más	MUY ALTA	1
<b>PROMEDIO DE VIVIENDA</b>				
	Razón de Dependencia	De 37.72 a 57.69	MUY BAJA	0
		De 57.70 a 77.66	BAJA	0.25
		De 77.67 a 97.63	MEDIA	0.5
		De 97.64 a 117.60	ALTA	0.75
		117.61 o más	MUY ALTA	1
	Tasa de Desempleo Abierto	De 0 a 3.09	MUY BAJA	0
		De 3.10 a 6.18	BAJA	0.25
		De 6.19 a 9.27	MEDIA	0.5
		De 9.28 a 12.36	ALTA	0.75
		12.37 ó más	MUY ALTA	1
<b>PROMEDIO DE EMPLEOS E INGRESOS</b>				
POBLACIÓN	Densidad de Población	De 1 a 99 hab/km2	MUY BAJA	0
		De 100 a 499 hab/km2	BAJA	0.25
		De 500 a 999 hab/km2	MEDIA	0.5
		De 1000 a 4999 hab/km2	ALTA	0.75
		Más de 5000 hab/km2	MUY ALTA	1
	Porcentaje de Población de Habla Indígena	Más de 40% de la población	Predominantemente indígena	1

		Menos de 40% de la población	Predominantemente no indígena	0
PROMEDIO DE POBLACIÓN				
TOTAL				

La determinación de la zona de estimación de la vulnerabilidad dependerá de las áreas de afectación de los peligros sobre la población.

Además de la población vulnerable identificada, se deberán tener en cuenta los sitios que se encuentran vulnerables ante los diferentes peligros Naturales como lo son las iglesias, escuelas, hospitales, zonas deportivas, comerciales, reservas ecológicas, terminales de pasajeros, cuerpos de agua, etc.

La intersección de los peligros identificados y sus áreas de afectación con la zonificación de la vulnerabilidad Social, se podrá establecer cuáles son los riesgos mitigables y los no mitigables, así como su geo-referenciación y las áreas involucradas, obteniendo como resultado POLÍGONOS DE RIESGO.

**Tabla 5.1.4.21.- Matriz de riesgo cualitativa para riesgos naturales (inestabilidad de laderas e inundaciones).**

MATRIZ DE RIESGO		Nivel de Vulnerabilidad		
		BAJO	MEDIO	ALTA
Nivel de Peligro	BAJO	BAJO	BAJO	MEDIO
	MEDIO	BAJO	MEDIO	ALTO
	ALTO	MEDIO	ALTO	ALTO

**Tabla 5.1.4.22.- Resultados de indicadores de vulnerabilidad social**

AGEB	POBLACIÓN TOTAL	TOTAL DE VIVIENDAS	IND_POB	IND_EDUC	IND_EMP	IND_SALUD	IND_VIV
0900400010049	4089	1244	0.3750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0900400010053	6692	1996	0.5000	0.0000	0.1250	0.1250	0.0500
0900400010072	3412	999	0.3750	0.0833	0.1250	0.0000	0.1000
0900400010091	11430	3205	0.3750	0.0000	0.1250	0.0000	0.0500
0900400010104	6314	1985	0.3750	0.0000	0.1250	0.0000	0.0500
0900400010119	3341	977	0.5000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0000
0900400010123	5350	1494	0.5000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0500
0900400010138	6765	1969	0.3750	0.0833	0.1250	0.0000	0.1000
0900400010176	8025	2471	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0900400010180	5609	1690	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0900400010195	10358	3192	0.3750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0900400010208	6461	1701	0.5000	0.0833	0.2500	0.1250	0.1000
0900400010212	4704	1313	0.5000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0500
0900400010227	8879	2300	0.5000	0.0833	0.1250	0.1250	0.3000
0900400010231	8958	2347	0.5000	0.0833	0.1250	0.1250	0.2000
0900400010250	3756	1164	0.5000	0.0833	0.1250	0.1250	0.1500
0900400010299	8015	2362	0.5000	0.0000	0.1250	0.1250	0.0500
0900400010301	4216	1346	0.5000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0500
0900400010320	2792	761	0.5000	0.0833	0.1250	0.1250	0.2500
0900400010354	7010	2085	0.5000	0.0000	0.1250	0.1250	0.0500
0900400010369	5681	2640	0.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
0900400010373	8672	2308	0.3750	0.0833	0.0000	0.1250	0.1000
0900400010392	554	137	0.5000	0.0833	0.0000	0.1250	0.3000
0900400010405	4411	1363	0.5000	0.0833	0.1250	0.0000	0.0500
0900400200246	9076	2341	0.3750	0.0833	0.1250	0.0000	0.1000
0900400200316	12818	3393	0.3750	0.0833	0.0000	0.1250	0.2000
0900400200388	1143	290	0.3750	0.0833	0.1250	0.1250	0.1500
090040001002A	4727	1256	0.5000	0.0833	0.1250	0.0000	0.0500
090040001027A	4915	1543	0.5000	0.0000	0.1250	0.1250	0.0500
090040001034A	3172	886	0.5000	0.0833	0.1250	0.1250	0.0500
090040001041A	2183	612	0.5000	0.0000	0.1250	0.0000	0.0000

El resultado de la vulnerabilidad es el siguiente

**Tabla 5.1.4.23.- Niveles de vulnerabilidad por AGEB.**

AGEB	POBLACIÓN TOTAL	TOTAL DE VIVIENDAS	VULNERABILIDAD	NIVEL
0900400010049	4089	1244	0.0188	BAJA
0900400010053	6692	1996	0.0788	BAJA
0900400010072	3412	999	0.1033	BAJA
0900400010091	11430	3205	0.0600	BAJA
0900400010104	6314	1985	0.0600	BAJA
0900400010119	3341	977	0.0313	BAJA
0900400010123	5350	1494	0.0663	BAJA
0900400010138	6765	1969	0.1033	BAJA
0900400010176	8025	2471	0.0250	BAJA
0900400010180	5609	1690	0.0250	BAJA
0900400010195	10358	3192	0.0188	BAJA
0900400010208	6461	1701	0.1283	BAJA
0900400010212	4704	1313	0.0663	BAJA
0900400010227	8879	2300	0.2621	ALTA
0900400010231	8958	2347	0.1921	MEDIA
0900400010250	3756	1164	0.1571	MEDIA
0900400010299	8015	2362	0.0788	BAJA
0900400010301	4216	1346	0.0663	BAJA
0900400010320	2792	761	0.2271	ALTA
0900400010354	7010	2085	0.0788	BAJA
0900400010369	5681	2640	0.0250	BAJA
0900400010373	8672	2308	0.1096	BAJA
0900400010392	554	137	0.2558	ALTA
0900400010405	4411	1363	0.0746	BAJA
0900400200246	9076	2341	0.1033	BAJA
0900400200316	12818	3393	0.1796	MEDIA
0900400200388	1143	290	0.1508	MEDIA
090040001002A	4727	1256	0.0746	BAJA
090040001027A	4915	1543	0.0788	BAJA
090040001034A	3172	886	0.0871	BAJA
090040001041A	2183	612	0.0313	BAJA



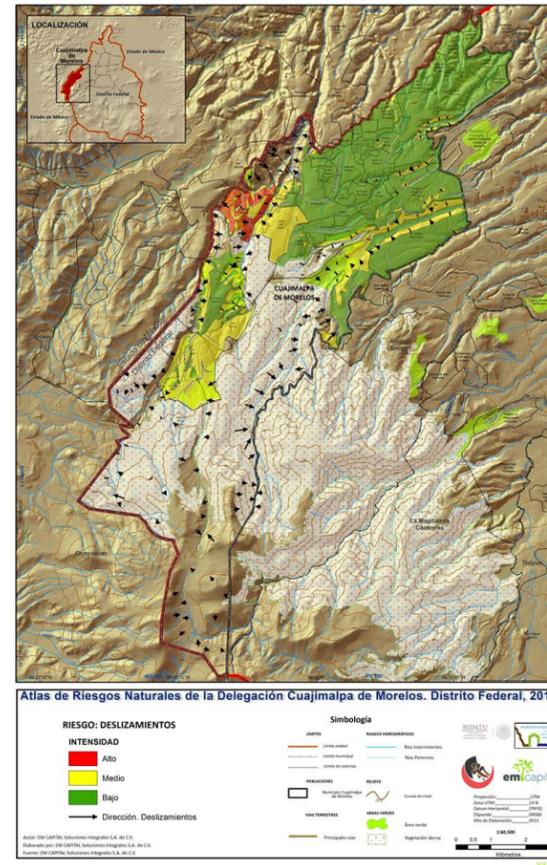


Figura 5.1.4.32.- Mapa de riesgo por deslizamientos.

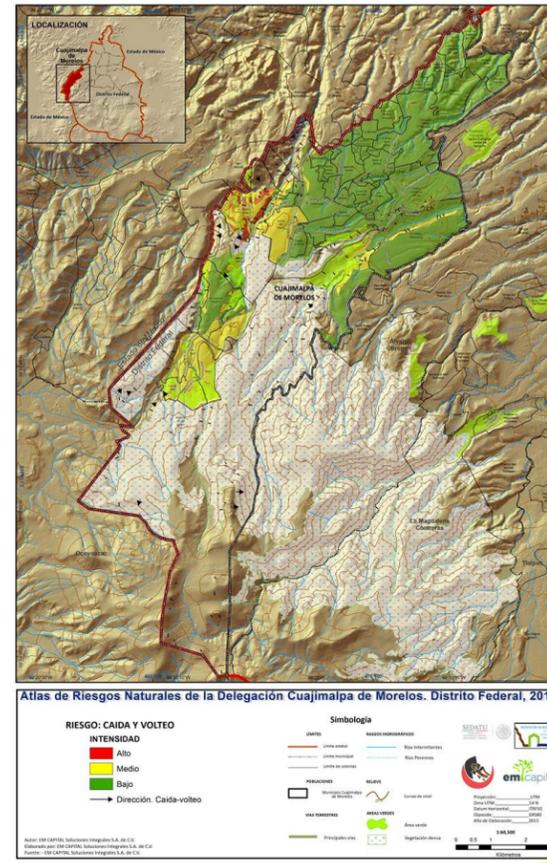


Figura 5.1.4.33.- Mapa de riesgo por caídas y volteo.

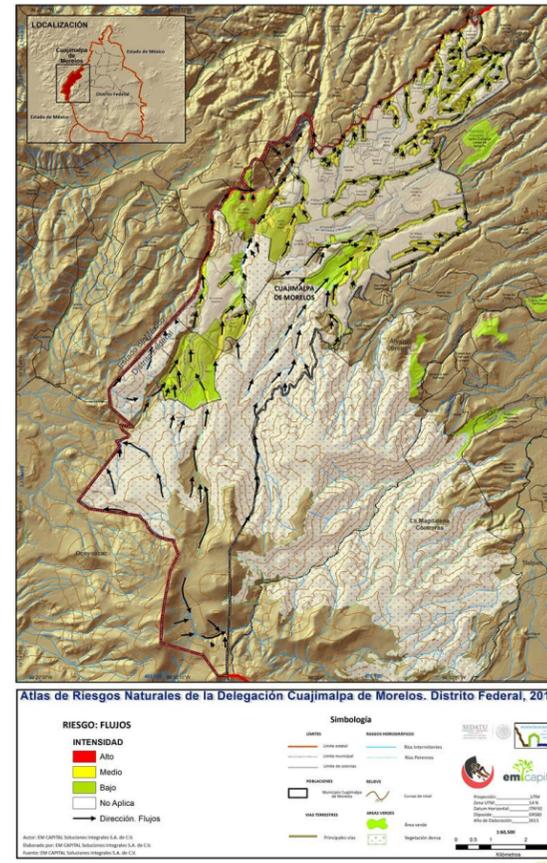


Figura 5.1.4.34.- Mapa de riesgo por flujos.

Riesgo por deslizamientos

CLAVE AGEB	NIVEL DE RIESGO	POBLACION AFECTADA	VIVIENDA AFECTADA
0900400010180	BAJA	5609.000000	1690.000000
0900400010195	BAJA	10358.000000	3192.000000
0900400010369	BAJA	5681.000000	2640.000000
0900400010123	BAJA	5350.000000	1494.000000
0900400010212	BAJA	4704.000000	1313.000000
0900400010392	ALTA	554.000000	137.000000
0900400010104	BAJA	6314.000000	1985.000000
0900400010138	BAJA	6765.000000	1969.000000
0900400010119	BAJA	3341.000000	977.000000
0900400010049	BAJA	4089.000000	1244.000000
0900400010208	MEDIA	6461.000000	1701.000000
0900400010053	BAJA	6692.000000	1996.000000
0900400010405	BAJA	4411.000000	1363.000000
090040001002A	BAJA	4727.000000	1256.000000
0900400010301	BAJA	4216.000000	1346.000000
0900400010299	BAJA	8015.000000	2362.000000
0900400010354	BAJA	7010.000000	2085.000000
090040001041A	BAJA	2183.000000	612.000000
090040001027A	BAJA	4915.000000	1543.000000
090040001034A	BAJA	3172.000000	886.000000
0900400010072	BAJA	3412.000000	999.000000
0900400010231	MEDIA	8958.000000	2347.000000
0900400010320	MEDIA	2792.000000	761.000000
0900400010091	BAJA	11430.000000	3205.000000
0900400010176	BAJA	8025.000000	2471.000000
0900400010227	ALTA	8879.000000	2300.000000
0900400010373	MEDIA	8672.000000	2308.000000
0900400010250	BAJA	3756.000000	1164.000000
0900400200246	MEDIA	9076.000000	2341.000000
0900400200388	BAJA	1143.000000	290.000000
0900400200316	MEDIA	12818.000000	3393.000000

Riesgo por caidos y volteos

CLAVE AGEB	NIVEL DE RIESGO	POBLACION AFECTADA	VIVIENDA AFECTADA
0900400010180	BAJA	5609.000000	1690.000000
0900400010195	BAJA	10358.000000	3192.000000
0900400010369	BAJA	5681.000000	2640.000000
0900400010123	BAJA	5350.000000	1494.000000
0900400010212	BAJA	4704.000000	1313.000000
0900400010392	ALTA	554.000000	137.000000
0900400010104	BAJA	6314.000000	1985.000000
0900400010138	BAJA	6765.000000	1969.000000
0900400010119	BAJA	3341.000000	977.000000
0900400010049	BAJA	4089.000000	1244.000000
0900400010208	MEDIA	6461.000000	1701.000000
0900400010053	BAJA	6692.000000	1996.000000
0900400010405	BAJA	4411.000000	1363.000000
090040001002A	BAJA	4727.000000	1256.000000
0900400010301	BAJA	4216.000000	1346.000000
0900400010299	BAJA	8015.000000	2362.000000
0900400010354	BAJA	7010.000000	2085.000000
090040001041A	BAJA	2183.000000	612.000000
090040001027A	BAJA	4915.000000	1543.000000
090040001034A	BAJA	3172.000000	886.000000
0900400010072	BAJA	3412.000000	999.000000
0900400010231	MEDIA	8958.000000	2347.000000
0900400010320	MEDIA	2792.000000	761.000000
0900400010091	BAJA	11430.000000	3205.000000
0900400010176	BAJA	8025.000000	2471.000000
0900400010227	MEDIA	8879.000000	2300.000000
0900400010373	BAJA	8672.000000	2308.000000
0900400010250	BAJA	3756.000000	1164.000000
0900400200246	MEDIA	9076.000000	2341.000000
0900400200388	BAJA	1143.000000	290.000000
0900400200316	MEDIA	12818.000000	3393.000000

### Medidas de prevención en materia de Protección Civil

A causa del riesgo que presenta para la sociedad, las consecuencias y problemáticas sociales que generan los procesos de remoción en masa, es de suma importancia tener medidas de prevención para mitigar el riesgo. Algunas de estas medidas son (Protección Civil Delegacional, 2013):

- Realizar el mapeo continuo de las áreas peligro, con el objetivo de definir de los sitios alto riesgo.
- Planificación urbana que evite construir en zonas de alto riesgo.
- Monitoreo de los sitios más peligrosos, definición de los parámetros que determinan la velocidad del fenómeno y el probable disparo de movimiento peligroso.
- Monitoreo y estudio de los alrededores de los deslizamientos, evaluación de posibles efectos secundarios (por ejemplo: inundaciones, cauces y olas de agua por afectación de represas naturales).
- Organización de sistemas de alerta temprana.
- Información y capacitación a la población.
- Reducir actividades humanas que disparan deslizamientos (construcción en laderas muy inclinadas, infiltración de agua en áreas bajo peligro, excavaciones, etc.).
- Integrar los sitios del presente estudio al Programa de Temporada de Lluvias 2013 del Consejo Delegacional de Protección Civil.

### Protocolo a realizar antes, durante y después de un deslizamiento.

#### Antes:

- ⇒ conocer el área donde se va a construir.
- ⇒ Conocer bien el área de donde se vive, ubicando aquellas zonas vulnerables a deslizamientos.
- ⇒ Identificación de rasgos que indiquen deslizamientos ( agrietamientos, hundimientos rotura de drenajes o tuberías, problemas estructurales en viviendas, asentamientos, saturación del subsuelo)
- ⇒ No construir viviendas en lugares de fuertes pendientes de laderas y /o taludes.
- ⇒ Usar prácticas de manejo de suelo en actividades de cultivo, ganaderas de acuerdo a las características de la zona.
- ⇒ No deforestar.

#### Durante:

- ⇒ No permanecer en el área de la amenaza.
- ⇒ Evacuara sitios inseguros e inadecuados.
- ⇒ Esperar las recomendaciones de la Dirección de Protección Civil y Servicio de Emergencias.

#### Después:

- ⇒ Ubicar las zonas de mayor seguridad en tu comunidad y los Alberges Temporales de la Delegación.
- ⇒ Aplicar medidas de mitigación dadas por La Dirección de Protección Civil y Servicios de Emergencia.

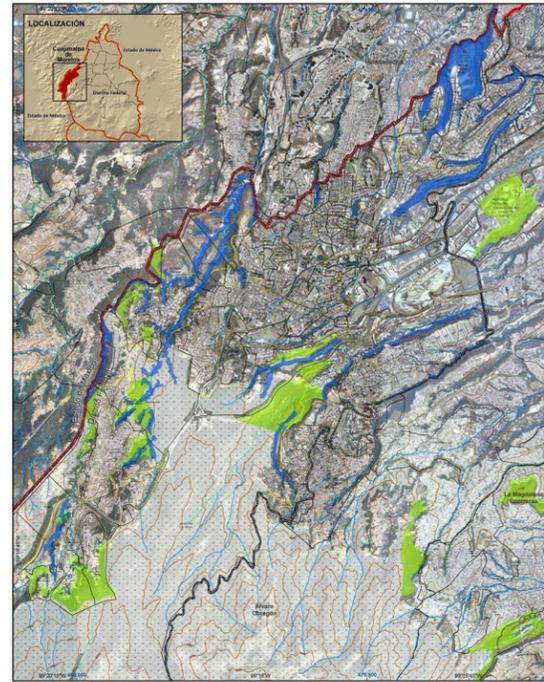
### Las Barrancas como rasgo morfológico y sus condiciones de riesgo

Uno de los principales riesgos que se presentan en las barrancas (Fig. 5.1.4.35) y que es de mayor prioridad es aquel referente con los deslizamientos de sus paredes o bien por los flujos canalizados a través de ellas, sobre todo en temporada de lluvias. El deslizamiento ocurre cuando se rompe o pierde el equilibrio de una porción de los materiales que componen una ladera y se deslizan hacia la base por la acción de la gravedad, aunque los deslizamientos usualmente suceden en taludes y/o laderas escarpados, no es raro que se presenten en laderas de poca pendiente. Son principalmente ocasionados por las fuerzas gravitacionales, y resultan de una falla por corte a lo largo de la frontera de la masa en movimiento, respecto a la masa estable. Se alcanza un estado de falla cuando el esfuerzo cortante medio, aplicado en la superficie potencial de deslizamiento, llega a ser igual a la resistencia al esfuerzo cortante del suelo o roca. La fig. 5.1.4.36 muestra la distribución de remociones en masa en la delegación (Eventos de 2013 y anteriores).

Las características intrínsecas y debilidades inherentes de rocas y suelos frecuentemente se combinan con uno o más eventos desestabilizadores que desencadenan la inestabilidad, tanto por fenómenos naturales como por actividades humanas. Entre los primeros se tienen las lluvias intensas, actividad sísmica, actividad volcánica y el deshielo. Entre las acciones antropogénicas pueden citarse: los cortes y sobrecargas en la ladera, deforestación, vertido de agua por fugas en tuberías, y cualesquiera otras actividades que modifiquen el entorno natural de las laderas (Fig. 5.1.4.37).

#### Barrancas en la Delegación. Cuajimalpa de Morelos.

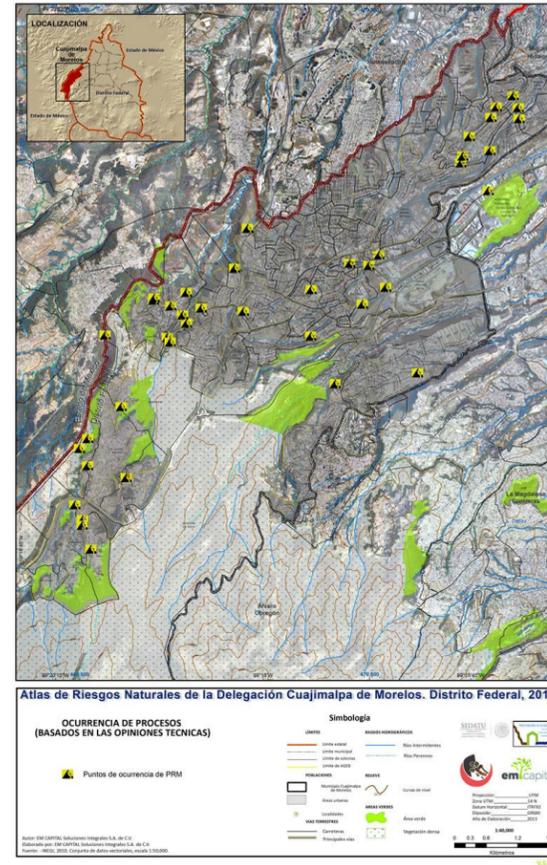
BARRANCA	SUPERFICIE EN ha
1 Aguazul	38.77
2 Arroyo Borracho	268.93
3 Cañada Lomas	3.14
4 Chamixto	25.27
5 Echánove	58.34
6 El Zapote	10.21
7 Hueyatla	16.25
8 Hueyatlaco	22.23
9 La Diferencia	31.98
10 Los Helechos	4.17
11 Milpa Vieja	33.77
12 Moneruco	18.52
13 Muculoa	220.36
14 yametitla	105.97
15 Pachuquilla o Hípico la Sierra	29.21
16 Santa Rita	3.99
17 Santo Desierto	78.81
18 Vista Hermosa	0.32
<b>Total de superficie considerando todas las Barrancas</b>	<b>970.23</b>



Atlas de Riesgos Naturales de la Delegación Cuajimalpa de Morelos, Distrito Federal, 2013.



5.1.4.35.- Distribución de barrancas.



5.1.4.36.- Distribución de remociones en masa en la delegación (Eventos de 2013 y anteriores).

**Asentamientos Irregulares dentro de Barrancas en la Delegación Cuajimalpa (Protección Civil Delegacional, 2013).**

	<b>BARRANCA</b>	<b>SUPERFICIE en ha</b>	<b>*SUPERFICIE OCUPADA DENTRO DE LA POLIGONAL DE LA BARRANCA en ha</b>
1	Aguazul	38.77	-
2	Arroyo Borracho	268.93	16.62
3	Cañada Lomas	3.14	-
4	Chamixto	25.27	-
5	Echánove	58.34	2.94
6	El Zapote	10.21	-
7	Hueyatla	16.25	-
8	Hueyatlaco	22.23	-
9	La Diferencia	31.98	-
10	Los Helechos	4.17	-
11	Milpa Vieja	33.77	-
12	Moneruco	18.52	-
13	Muculoa	220.36	6.06
14	Oyametitla	105.97	13.18
15	Pachuquilla o Hípico la Sierra	29.21	-
16	Santa Rita	3.99	-
17	Santo Desierto	78.81	0.11
18	Vista Hermosa	0.32	-
19	Total de superficie	970.23	38.91

**Asentamientos Irregulares en Barranca “Arroyo Borracho”**

	<b>BARRANCA</b>	<b>NOMBRE DEL ASENTAMIENTO</b>	<b>NUM. DE VIVIENDAS</b>	<b>SUPERFICIE EN ha</b>	<b>ANTIGÜEDAD</b>
1	Arroyo Borracho	Ahuaxtitla / Camino a Teopazulco	30	0.08	17
2		Camino a Cuausehuaya	108	1.85	18
3		Hueyatla / Camino a Huixquilucan	108	1.85	18
4		Pito Real	24	0.42	20
5		Prolongacion Melchor Ocampo	40	4.11	16
6		Chancocoyotl	25	1.13	20
7		Almeya / Camino a los	53	1.47	19

	Manantiales			
8	El Carmen / Tepatlaxco	237	5.71	22
<b>Total</b>		<b>625</b>	<b>16.62</b>	

**Asentamientos Irregulares en Barranca "Echánove"**

BARRANCA	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	NUM. DE VIVIENDAS	SUPERFICIE EN ha	ANTIGÜEDAD
1	Echánove	Vista Hermosa 2 (Talud)	Sin Dato	Sin Dato
2		La Cañadita	Sin Dato	Sin Dato
Total			2.94	

**Asentamientos Irregulares en Barranca "Muculoa"**

BARRANCA	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	NUM. DE VIVIENDAS	SUPERFICIE EN ha	ANTIGÜEDAD
1	Muculoa	Circuito Escolar	80	27
2		Caballeros Aztecas	30	22
3		Cruz Blanca	127	0.07
4		Las Lajas	160	5.21
5		La Pila	229	0.06
Total		626	6.06	

**Asentamientos Irregulares en Barranca "Oyametitla"**

BARRANCA	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	NUM. DE VIVIENDAS	SUPERFICIE EN ha	ANTIGÜEDAD
1	Oyametitla	Punta Ahuatenco Parte Alta	153	5
2		Rio Atitla	65	19
3		Agua Bendita / Ladera de Zentlapatl	1	1.83
4		Ladera de Zentlapatl	1	6.31
5		Antiguo Camino a Chimalpa	126	1.66
6		Punta Ahuatenco Parte Baja	45	0.58
7		Punta Ahuatenco Parte Media	45	0.49
Total		436	13.18	

**Asentamientos Irregulares en Barranca “Santo Desierto”**

BARRANCA	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	NUM. DE VIVIENDAS	SUPERFICIE EN ha	ANTIGÜEDAD	
1	Santo Desierto	Sacramento	1	0.11	1
Total		1	0.11		

**Asentamientos Irregulares en Suelo Urbano en la Delegación Cuajimalpa.**

NUM.	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	SUPERFICIE EN ha
1	Vista Hermosa 2 (Talud)	0.03
2	La Cañadita	1.54
Total de superficie		2.93

**Asentamientos Irregulares en Suelo de Conservación en la Delegación Cuajimalpa.**

NUM.	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	SUPERFICIE EN ha
1	El Rosal	4.1
2	La Zanja	2.32
3	Quizazotle	9.79
4	Hacienda de Buenavista	0.81
5	La Cañada	13.99
6	Loma de Pachuquilla	10.66
7	Valle de las Monjas	7.76
8	Barranca del Diablo	0.42
9	La Monera	4.12
10	Sacramento	1.67
11	Los Conejos	0.21
12	Tlaloc	0.59
13	Prol. Contadero	0.52
14	La Venta	2.5
15	Miapa	1.08
16	Cerro Doña Juana	1.28
17	Los Magueyitos	2.9

18	Tlacuitar	8.65
19	La Transmetropolitana	9.36
20	Los Ciruelos (Casa del Árbol)	10.02
21	El Mirador	6.87
22	Texcaltitla	11.5
23	Cruz Blanca	10.12
24	Atliburritos	4.73
25	Camino a San Bernabe (La Lagunita)	5.96
26	Cansamachos	1.66
27	Las Lajas	7.79
28	La Pila	5.67
29	Llano Conejo (San Bernabe)	4.87
30	El Vacilón	0.32

NUM.	NOMBRE DEL ASENTAMIENTO	SUPERFICIE EN ha
31	Circuito Escolar	5.43
32	Caballeros Aztecas	0.33
33	Ampl. Xalpa (Camino a Oyameles)	2.73
34	Los Pantanos	1.62
35	Camino a Llano Grande (4a Manzana de la Pila)	6.96
36	Cola de Pato	5.88
37	La Plantación (San Bernabe)	1.32
38	Monte de las Cruces	11.12
39	El Zarco	0.46
40	Prolongación Melchor Ocampo	4.11
41	Pito Real	0.41
42	Moneruco (Acopilco)	2.5
43	Teopazulco	2.52
44	Chancocoyotl	1.58
45	Moneruco Chimalpa	0.83
46	Ahuaxtitla (camino a teopazulco)	0.96
47	Acazulco (Texcalco)	0.74
48	Camino a Cuauhsehuaya	1.98
49	Loma Bonita	10.28
50	Río Atitla	3.12
51	Antiguo Camino a Chimalpa	2.23
52	Hueyatla (Camino a Huixquilucan)	1.98
53	Ladera de Zentlápatl	6.61

54	El Carmen (Tepatlxaco)	5.75
55	Almeya (Camino a los Manantiales)	1.69
56	Agua Bendita (Ladera de Zentlapatl)	2.16
57	La Galicia	4.26
58	Punta Ahuatenco Parte Alta	3.19
59	Punta Ahuatenco Parte Media	0.48
60	Punta Ahuatenco Parte Baja	2.22
<b>Total de superficie</b>		<b>247.69</b>

### Evidencias de Inestabilidad en taludes

Existen diferentes evidencias de tipo estructural y geológico que nos indican la inestabilidad presente en el talud, como lo son:

- Árboles y postes inclinados en sentido del movimiento de la ladera.
- Abultamientos en la superficie al pie de la ladera.
- Grietas en la parte superior y al pie de la ladera.
- Si existen construcciones en el área en movimiento, puede ocurrir el rompimiento gradual y generalizado de pisos, muros y tuberías.
- Formación de bloques en diferentes niveles muy similares a escalonamientos por terrazas.
- Aparición repentina de manantiales o aumento extraordinario del grado de humedad en el terreno.

### Recomendaciones adicionales.

- La limpieza adecuada de la vegetación que incremente el riesgo del talud.
- La canalización de los escurrimientos que caen directamente sobre el talud.
- Principalmente en la temporada de lluvias la evacuación en albergues temporales a los habitantes de la zona ya que es un riesgo inminente.
- Incorporar a las personas que habitan el lugar a un programa de vivienda por parte de la Delegación Cuajimalpa de Morelos o del Distrito Federal.
- La colocación o construcción de muros de contención a base de mampostería que trabaje por gravedad de forma escarpada y con contrafuertes.
- Estabilización de taludes realizados después de un estudio de mecánica de suelos para determinar el procediendo constructivo mas recomendable.

### Agentes detonantes

#### *Influencia antrópica*

Conviene mencionar resaltar aquellos que son de origen antrópico ya que su influencia puede evitarse o reducirse, aparte de los de origen natural (precipitación pluvial intensa, sismos, agentes biológicos, pérdida progresiva de la resistencia al corte, intemperismo y erosión). Entre las acciones de origen antrópico observadas con más frecuencia están las siguientes: deforestación y quema de basura, cortes en las laderas ya sea para construcción de infraestructura y vivienda, fugas de agua, vibraciones de vehículos, maquinaria rotatoria y por el uso de explosivos en la explotación de minas, sobrecarga en la corona de los taludes, alteración del régimen geohidrológico, generación de tiraderos de escombros, terraceo de las laderas para el cultivo, deficientes criterios constructivos así como obras de estabilización contraproducentes o poco efectivas (como el caso del concreto lanzado que en ocasiones se usa de manera indiscriminada en toda clase de taludes).

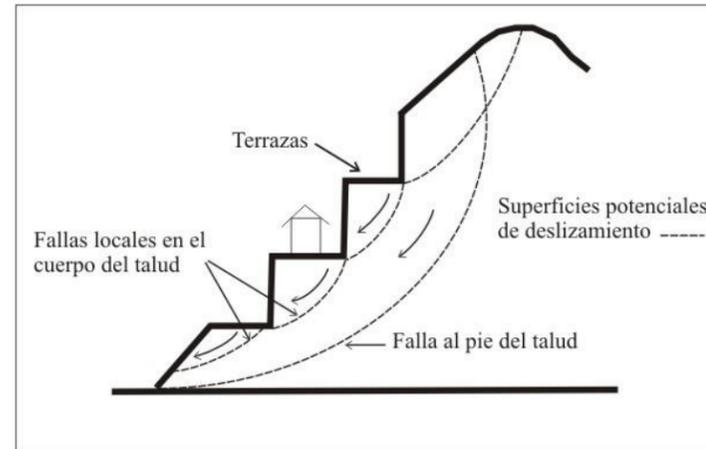


Figura 5.1.4.37.- Mecanismo de inestabilidad generado por cortes en las laderas por acción antrópica.

Entre los principales agentes detonantes de origen natural, podemos mencionar la lluvia y los sismos, que aunque no se considera su influencia lo cual puede ser motivo de nuevos estudios, son factores que están siempre latentes y que pueden desencadenar PRM en la zona de estudio. La influencia principal de estos factores se manifiesta de la siguiente manera:

#### **Precipitación pluvial**

- 1) La influencia del agua básicamente no cambia el ángulo de fricción de la roca; su principal influencia es que satura las fracturas de la roca y genera presiones de poro que disminuyen el esfuerzo normal total al esfuerzo normal efectivo ( $\sigma' = \sigma - u$ ), lo que se traduce en una disminución de la resistencia al esfuerzo cortante en las discontinuidades.
- 2) La dilatación del agua contenida en fracturas debido al cambio de volumen por congelamiento induce esfuerzos en las discontinuidades.
- 3) El agua genera la degradación química y alteración de la roca al infiltrarse en las fisuras de los macizos rocosos.
- 4) En bloques tabulares, el agua genera empujes que contribuyen al volteo.
- 5) El escurrimiento puede erosionar la base de bloques potencialmente inestables y propiciar la falla por rodamiento.
- 6) Las lluvias y la formación de corrientes de agua en la superficie (escorrentía superficial) favorece los procesos de erosión y contribuye en la generación de flujos.
- 7) En los taludes formados por materiales cohesivos, la lluvia destruye las fuerzas capilares preexistentes promoviendo el deslizamiento o la caída de detritos.

#### **Sismos**

Su influencia se manifiesta como una fuerza que casi siempre se considera horizontal. Actúa por periodos cortos y cambia de signo o sentido con una frecuencia que corresponde a la del sismo.

- 1) Los empujes sísmicos ejercen una fuerza que tiende a separar los bloques a través de las discontinuidades y si existen bloques que tienen condiciones de apoyo precarias el empuje sísmico induce una fuerza desequilibrante que propicia la falla.
- 2) En el caso de bloques redondeados, ubicados en zonas de fuerte pendiente, el empuje sísmico les induce una velocidad inicial (proporcional a la intensidad del sismo) con la cual tiene lugar el rodamiento de la roca.

### 5.1.5. Hundimientos

Un hundimiento es un movimiento de la superficie terrestre en el que predomina el sentido vertical descendente y que tiene lugar en áreas acinales o de muy baja pendiente. Este movimiento puede ser inducido por distintas causas y se puede desarrollar con velocidades muy rápidas o muy lentas según sea el mecanismo que da lugar a tal inestabilidad.

Los hundimientos son comunes en donde la roca que existe debajo de la superficie es piedra caliza, roca de carbonato, tiene capas de sal o son rocas que pueden ser disueltas naturalmente por la misma circulación del agua subterránea. Al disolverse la roca, se forman espacios y cavernas subterráneas, la tierra se mantiene usualmente intacta por cierto tiempo, cuando estos espacios se hacen demasiado grandes y ya no pueden soportar el peso de la superficie de la tierra ocurre el hundimiento.

Los hundimientos pueden ser clasificados en dos tipos:

1. Hundimientos y colapsos de cavidades subterráneas, con o sin reflejo en superficie. Es el movimiento vertical rápido y súbito, es decir, el hundimiento se da de forma rápida con una duración de segundos por cada metro cuadrado.
2. Subsidiencias o descensos lentos y paulatinos de la superficie del terreno. Es el movimiento vertical lento o muy lento, es decir, el hundimiento se da poco a poco, de forma gradual unos metros o centímetros al año, afectando a una superficie amplia de kilómetros cuadrados.

Las cavidades subterráneas pueden tener un origen natural o antrópico. Los hundimientos de origen natural, asociados a presencia de cavidades o cuevas naturales, están relacionados con materiales kársticos o solubles. Los hundimientos producto de actividad antrópica son favorecidos por las explotaciones mineras de interior (excavación de minerales estratificados como el carbón, o minería de disolución en materiales salinos), excavaciones para túneles de carretera, ferrocarril o metro, almacenamientos. En el caso de la Delegación Cuajimalpa, este fenómeno NO APLICA.

### 5.1.6. Subsidiencia

La subsidiencia del terreno es únicamente la manifestación en superficie de una serie de mecanismos subsuperficiales de deformación. Desde un punto de vista genético hay dos tipos de subsidiencia: endógena y exógena. El primero de estos términos hace referencia a aquellos movimientos de la superficie terrestre asociados a procesos geológicos internos, tales como pliegues, fallas, vulcanismo, etc. El segundo se refiere a los procesos de deformación superficial relacionados con la compactación natural o antrópica de los suelos.

La subsidiencia puede también clasificarse en función de los mecanismos que la desencadenan. Las actividades extractivas de mineral en galerías subterráneas, la construcción de túneles, la extracción de fluidos (agua, petróleo o gas) acumulados en reservorios subterráneos, el descenso de nivel freático por estiajes prolongados, la disolución natural del terreno y lavado de materiales por efecto del agua, los procesos morfotectónicos y de sedimentación o los procesos de consolidación de suelos blandos u orgánicos, son algunas de las causas de los procesos de subsidiencia.

- La acumulación natural sucesiva de sedimentos o determinados tipos de cimentaciones pueden ocasionar la consolidación del terreno como consecuencia del peso que ejercen los sedimentos o las construcciones por una reducción gradual de los huecos del suelo.
- La extracción de fluidos (agua, gas o petróleo) desde el terreno puede causar importantes valores de subsidiencia como consecuencia del cierre gradual de los huecos rellenos por el fluido extraído.

La subsidiencia causada por extracción de agua desde el subsuelo afecta a importantes ciudades como México D.F., Venecia, Valle de San Joaquín (EE.UU.), Taipei (Taiwán), Tokio (Japón), Pekín (China).

Hay materiales especialmente susceptibles a los procesos de subsidiencia, como los suelos orgánicos o turberas y los rellenos no compactados. La subsidiencia puede también estar asociada a procesos tectónicos y de consolidación de sedimentos arcillosos como el caso de los deltas, donde el material depositado suponen una carga creciente sobre el sustrato, produciéndose movimientos verticales de reajuste. Las turbas (depósitos no consolidados de restos vegetales descompuestos) sufren frecuentemente subsidiencia por disminución del contenido en agua o por cargas externas, dada su baja compresibilidad. En el caso de la Delegación Cuajimalpa, debido al tipo de terreno (materiales volcánicos y productos vulcanoclásticos) este fenómeno no se presenta.

### 5.1.7. Agrietamientos

En México existe la experiencia relacionada con esta problemática en ciudades como Aguascalientes, Celaya y Toluca, y en algunas partes de la zona oriente de la Ciudad de México. El problema repercute directamente en la estabilidad de las construcciones y pone en peligro la integridad de sus ocupantes y sus bienes. Para detectar este problema se deberá tener presente que normalmente, cuando se inician los movimientos del terreno, en las

construcciones se empiezan a manifestar fisuras pequeñas en muros, techos y cualquier elemento estructural sin excepción. Generalmente el deterioro de las obras progresa al ritmo en que evolucionan los movimientos diferenciales del subsuelo, pudiendo llegar hasta el colapso total, si no se identifica claramente y se elimina totalmente la causa de los desplazamientos del terreno.

Normalmente en la periferia de la zona donde se presenta el problema de hundimientos diferenciales, al sumarse los efectos del desplazamiento verticales y horizontales, la superficie del terreno natural tiende a agrietarse. A estas aberturas de la superficie se les conoce como grietas de tensión. Bajo estas circunstancias, es frecuente que las grietas de tensión aparezcan donde además existe un contacto o frontera entre dos o más formaciones geológicas distintas. Como se mencionó, un ejemplo de este tipo de problema se encuentra en una parte de la zona oriente de la Ciudad de México, que corresponde a la frontera entre los sedimentos de origen lacustre y algunos cerros como el de El Peñón y el de la Estrella. Debido al tipo de terreno y dado que todo el territorio delegacional está en la Zona de Lomas, este fenómeno no se presenta.

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

### 5.2.1. Ondas cálidas y gélidas

Temperaturas Máximas Extremas.

La ocurrencia de temperaturas máximas extremas constituye un peligro para la salud de la población (golpes de calor), como también para las zonas forestales o zonas de cultivo al provocar incendios, desemboca en un mayor consumo de energía, etc.

En la delegación Cuajimalpa, se tienen tipificados dos tipos de clima a lo largo del territorio. El primero, corresponde al templado sub-húmedo, mismo que abarca las zonas bajas del municipio, es decir, este tipo de clima es el que la gente suele relacionar con la delegación, ya que la mayor parte de la zona urbana presenta este clima. Por otro lado, el Semifrío sub-húmedo se focaliza en las partes altas del territorio delegacional, en donde la densidad poblacional es baja.

Dicho lo anterior, en primera instancia pudiéramos pensar que la ocurrencia de eventos de temperaturas máximas extremas en la delegación es remota, sin embargo, es esta poca atención hacia este tipo de fenómenos la que pudiera aumentar la vulnerabilidad de la población ante este fenómeno perturbador.

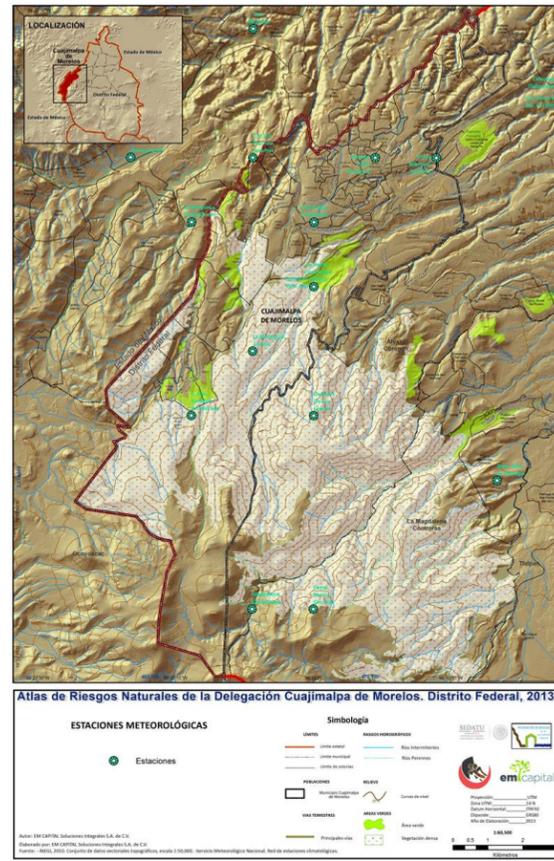
Se define a la Temperatura máxima como la mayor temperatura del aire alcanzada en un lugar en un día (máxima diaria), en un mes (máxima mensual) o en un año (máxima anual). También puede referirse a la temperatura máxima registrada en un lugar durante mucho tiempo (máxima absoluta). En condiciones normales, y sin tener en cuenta otros elementos del clima, las temperaturas máximas diarias se alcanzan en las primeras horas de la tarde; las máximas mensuales suelen alcanzarse durante julio o agosto en la zona templada del hemisferio norte y en enero o febrero en el hemisferio sur. Las máximas absolutas dependen de muchos factores, sobre todo de la insolación, de la continentalidad, de la mayor o menor humedad, de los vientos y de otros.

Metodología para la determinación del peligro por altas temperaturas.

En el presente estudio se analiza el peligro por temperaturas máximas extremas partiendo del registro de temperaturas obtenidas de la base de datos del Servicio Meteorológico Nacional a través de su manejador de base de datos climatológica "ERIC III", para un periodo de datos de 1977-2011.

**Tabla 5.2.1.1 Estaciones Meteorológicas.**

Estación	Nombre
15242	SAN PEDRO ATLAPULCO,
15231	PSA. ITURBIDE, OTZOLOTEPEC
15222	COAXAPA, JALATLACO
15145	CAMTO. PLAN LAGO DE TEX.
15127	TOTOLICA (S. BARTOLO), N.
15094	SAN LUIS AMECA,
15059	MOLINO BLANCO, NAUCALPAN
15045	LA MARQUESA, LERMA
15014	CHAPULHUAC, OTZOLOTEPEC
9070	COYOACAN I.N.I.F., COYOC.
9068	PUENTE LA LLAVE
9045	SANTA ANA (MILPA ALTA)
9043	COL. SAN JUAN DE ARAGON
9041	SAN FCO. TLALNE.(XOCHI)
9032	MILPA ALTA, MILPA ALTA
9029	KM. 6+250 GRAN CANAL
9026	MORELOS 77 (IZTAPALAPA)
9025	HDA.LA PATERA G.A.MADERO
9022	KM.39.5 A CUERNAVACA
9020	DESV. ALTA AL PEDREGAL
9014	COL. SANTA URSULA COAPA
9010	COL. AMERICA,COL.AMERICA



**Figura 5.2.1.1.- Mapa de estaciones climatológicas.**

Integrada la base de datos, se desarrollan las siguientes actividades:

- Rellenado de datos Faltantes.
- Pruebas de verosimilitud.
- Filtrado de datos que afectan a la muestra.
- Obtención de valores mínimos diarios anuales históricos de temperaturas máximas.

Determinados los valores mínimos promedios de la muestra, se genera una interpolación basados en los datos de cada estación base, esto, con ayuda de un Sistema de Información Geográfica. Finalmente, se tipifican las zonas de peligro como: Bajo a las áreas que se encuentran con temperaturas máximas anuales promedio menores a 20°C, y como de peligro medio a los que registran temperaturas que van de los 20 a los 25°C. El mapa de zonificación de peligro por temperaturas máximas extremas se muestra a continuación:

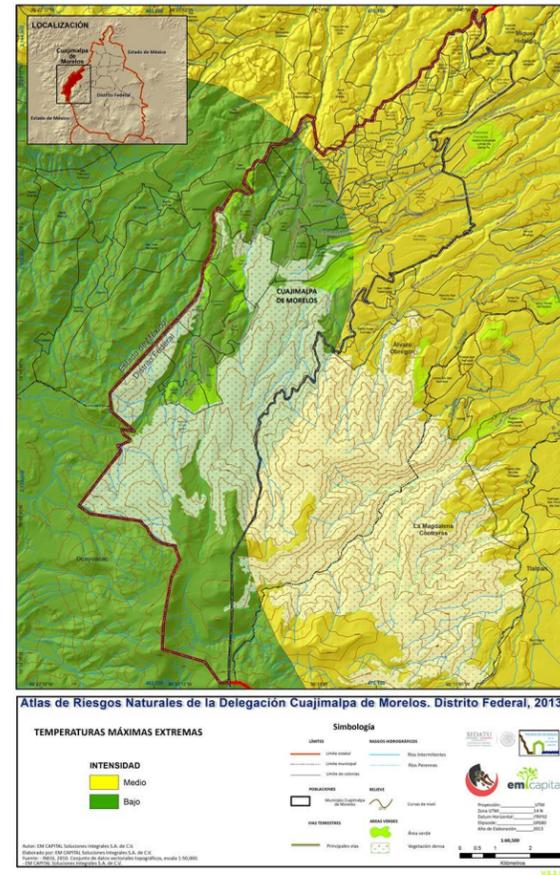


Figura 5.2.1.2.- Mapa de temperaturas máximas extremas.

#### Recomendaciones

Durante la temporada de calor o de altas temperaturas se deben evitar enfermedades como la gastroenteritis, diarrea y deshidratación, así como afectaciones en la piel. Se deben atender algunas recomendaciones para proteger principalmente a los niños menores de 5 años y adultos mayores de 60.

- Hervir el agua por lo menos durante 5 minutos.
- Desinfectar frutas, verduras y hortalizas (cilantro, perejil, rábanos, lechuga, etc).
- Revisar que los pescados, mariscos y carnes rojas estén frescos para evitar la intoxicación.
- Lavarse las manos antes de comer y después de ir al baño, o después de cambiar un pañal.
- Beber abundantes líquidos y ofrecerle frecuentemente a los niños.
- Evitar comidas y aguas frescas callejeras.
- Evitar la exposición a las altas temperaturas.
- No exponerse mucho tiempo y de manera directa a los rayos del sol.
- Utilizar bloqueador solar.
- Mantener ventilados los sitios de trabajo y el hogar.
- Procurar tener en casa sobres de Vida Suero Oral.

#### Deshidratación en bebés

##### Síntomas

- Ojos hundidos
- Llanto sin lágrimas
- Mucha sed
- Labios y lengua secos
- Irritabilidad
- Fiebre
- Vómito
- Dificultad para respirar
- Diarrea

#### Diarrea en bebés

##### Síntomas de alarma

- Sed intensa
- Evacuaciones o vómitos frecuentes
- Sangre en las evacuaciones
- No come o no bebe
- Fiebre alta y persistente

#### Insolación o agotamiento

##### Síntomas

- Piel roja, caliente y sin sudor
- Pulso acelerado y fuerte
- Dolor palpitante de cabeza
- Mareo o náusea
- Confusión o hasta pérdida de la memoria
- Se contraen los músculos involuntariamente como en una convulsión

#### Recomendaciones

- Buscar un lugar acondicionado y protégete del sol, descansar en lugares frescos y con sombra
- Si hay exposición durante largo tiempo a altas temperaturas, bañarse con agua tibia o mojar la cabeza en una tina con agua tibia.
- Humedecerse con agua o usa una esponja mojada
- No consumir bebidas alcohólicas para disminuir la temperatura del cuerpo
- Evitar la exposición al sol en horas de mayor radiación (11:00 - 15:00 hrs.)

#### Agotamiento por calor

##### Síntomas

- Pálido y sudor
- Cansancio
- Calambres, respiración acelerada y poco profunda
- Mareo, náuseas o vómito

## Recomendaciones

- Tomar bebidas frías que no sean alcohólicas
- Bañarse con agua tibia
- Descansar con ropa ligera en un lugar fresco (colores claros, sombrero, sombrilla, etc.)
- Buscar atención médica porque puede causar ataque cardíaco
- Elegir las primeras horas para hacer ejercicio y actividades al aire libre
- No dejar a niños y adultos mayores dentro de autos estacionados en el sol, ya que dentro del auto la temperatura es mayor (+-10º)

### 5.2.2. Sequías

La sequía, como fenómeno natural asociado al ciclo hidrológico, ha sido poco estudiada y no precisamente por carecer de importancia, sino por lo complicado que resulta analizarla debido a los múltiples factores que son causa y efecto de la misma. De hecho, el reconocimiento de la sequía como fenómeno hidrológico extremo, dista mucho de tener las características de otros como son las grandes avenidas. Por ello, se ha llegado a mencionar que la sequía es un «no evento», debido a que su ocurrencia, sobre todo en su inicio, no es fácilmente detectable como tal, sino que se le reconoce por los efectos que causa después de un cierto tiempo

Para la caracterización de la sequía es muy importante determinar su duración, su intensidad o valor promedio del déficit de humedad y la severidad en términos del valor acumulado del déficit, de tal manera que estos parámetros ayudan en la difícil tarea de su catalogación. La distribución temporal y espacial de la precipitación (en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, granizo, etc.) determina si se presenta o no la sequía en una región. La severidad de la sequía radica en que es variable en el espacio ya que puede abarcar grandes extensiones de territorio, además de durar meses o años, por lo que sus efectos pueden ser catastróficos en comunidades que no se encuentran suficientemente preparados para afrontarlas.

#### Causas de las sequías

Las principales causas de las sequías están relacionadas con cambios en las presiones atmosféricas y alteraciones en la circulación general de la atmósfera (variaciones de los vientos a escala planetaria), así como modificaciones en la cantidad de luz solar reflejada en la superficie de la Tierra, cambios en la temperatura de la superficie de los océanos e incrementos en las concentraciones de bióxido de carbono en la atmósfera, que a su vez ocasionan variaciones espacio-temporales de las precipitaciones.

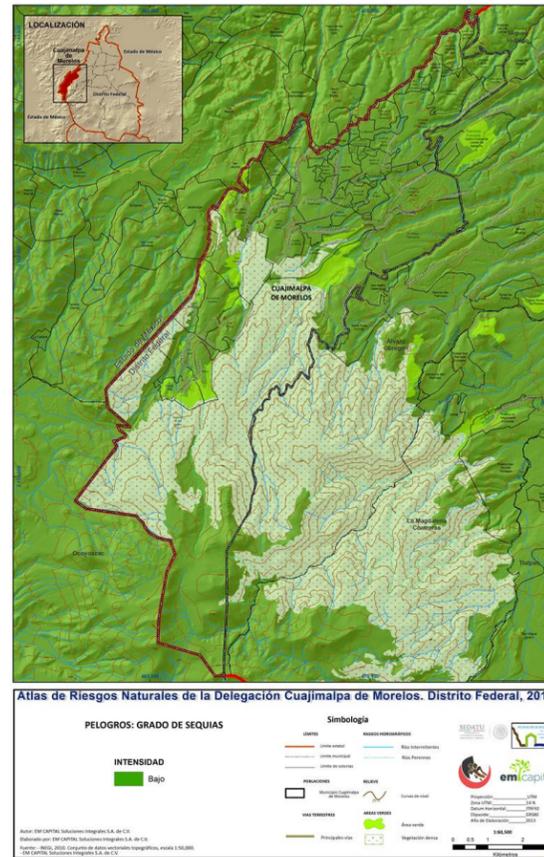


Figura 5.2.2.1.- Mapa de sequías.

### 5.2.3. Heladas

Las heladas son un fenómeno climatológico que consiste en el descenso de temperatura ambiente a niveles inferiores del punto de congelación del agua, ocasionando que el agua que se encuentra en el ambiente se deposite en las superficies en forma de hielo. Sus efectos se manifiestan en pérdidas de productividad laboral, siembras y plantaciones agrícolas, así como daños a la ganadería. Las heladas también causan daños y en ocasiones la muerte a personas de escasos recursos económicos; en las poblaciones urbanas es común que se presente la ruptura de tuberías de conducción de agua al congelarse.

Para que se inicie una helada se requiere de una invasión de aire frío polar, corrientes de chorro y/o frentes fríos, acompañados de condiciones despejadas sin viento, durante las cuales la tierra y el aire en contacto con ellos descienden su temperatura por irradiación; la acumulación de hielo en las plantas durante una helada es consecuencia de la congelación del vapor de agua que se condensa en el follaje. Durante una helada debido a la falta de humedad, no llegan a producirse precipitaciones de cristales de hielo.

De acuerdo con el Servicio Meteorológico Nacional, las heladas son un fenómeno que se presenta cuando la temperatura desciende por debajo de los 0°C (medida a una altura de 1.50 metros) durante un intervalo de tiempo mayor a cuatro horas. Una condición observada, consiste en que si a las 18:00 horas se tienen condiciones de cielo despejado y una temperatura ambiente igual o menor a 3°C, existe una alta probabilidad de que se presente una helada. La ocurrencia de este fenómeno climático es constante en la delegación razón del presente estudio, de hecho, en el Atlas Nacional de Riesgos (CENAPRED), específicamente en la capa de "Índice de días con helada por municipio", tipifican a Cuajimalpa como un lugar con alto peligro por probabilidad de ocurrencia de Heladas.

Información Histórica de las heladas en México

Por la situación geográfica en la que se encuentra la República Mexicana se ve afectada por diversos sistemas meteorológicos, tanto provenientes de las regiones tropicales y su desarrollo durante los ciclos primavera-verano, como los de la zona polar (frentes fríos) que se manifiestan durante la estación invernal, lo que puede ocasionar bajas temperaturas, tormentas de granizo, nevadas y heladas.

Las heladas que se presentan en el país tienen su origen en las masas de aire provenientes del Ártico de Alaska y de la región noroeste de Canadá. Esto ocurre cuando las condiciones de temperatura y presión referidas a la altitud de un lugar y al cambio de humedad del ambiente, se conjugan para propiciar el fenómeno meteorológico.

En el norte y centro de la República Mexicana, durante los meses fríos del año (noviembre-febrero), se presentan temperaturas menores de 0°C, debido al ingreso de aire polar continental, generalmente secas, provenientes de Estados Unidos. Las heladas más intensas están asociadas al desplazamiento de las grandes masas polares que desde finales del otoño, se desplazan de norte a sur sobre el país. Las heladas que ocurren en México durante los meses del verano causan fuertes daños a la agricultura. Las regiones más afectadas están localizadas en la Mesa Central del Altiplano, en la Sierra Madre Occidental, en los estados de Chihuahua y Durango, así como en las Sierras Tarahumara, de Durango y Tepehuanes. Además, en las partes altas del Sistema Volcánico Transversal sobre el paralelo 19°N, esencialmente en los estados de México, Puebla y Tlaxcala se registran temporadas con más de 100 días al año con heladas.

Metodología para la determinación del peligro por Heladas.

Partiendo de la definición del tercer párrafo (SMN) y tomando como base la información de temperaturas mínimas diarias recabada de 22 estaciones climatológicas base con el programa ERIC III (Extractor Rápido de Información Climatológica) editado por el IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua) en un periodo homogéneo de 1977-2011 se obtuvo el número de días con helada promedio para cada estación

Generada la base de datos, se realizó un análisis estadístico de los mismos y se contabilizaron el número de heladas registradas de manera anual en las estaciones base. Conociendo el número de heladas promedio histórica en ciclos anuales, se interpolaron con ayuda de un Sistema de información Geográfica esos datos, tomando como técnica base para la interpolación el método de kriging.

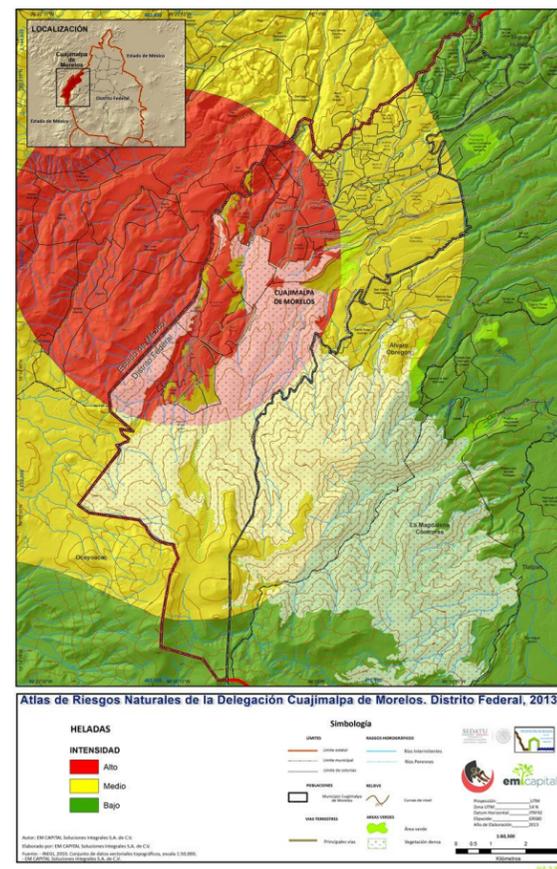
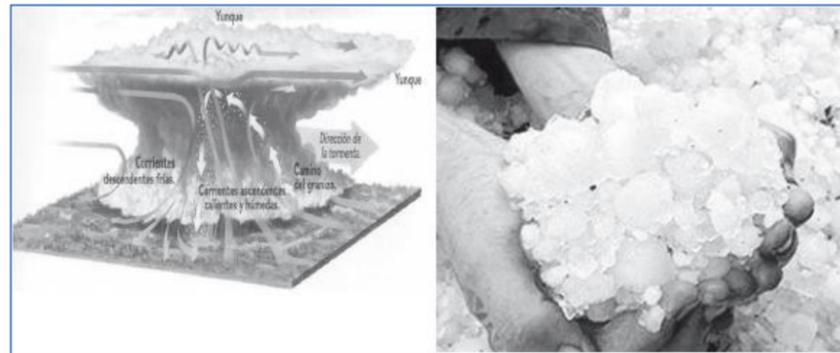


Figura 5.2.3.1.- Mapa de peligro por heladas.

#### 5.2.4. Tormentas de granizo

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



**Figura 5.2.4.1.- Formación de tormentas de granizo**

Las piedras de granizo se forman dentro de una nube cumulonimbus a alturas superiores al nivel de congelación y crecen por las colisiones sucesivas de las partículas de hielo con gotas de agua sobreenfriada, esto es, el agua que está a una temperatura menor que la de su punto de solidificación, pero que permanece en estado líquido y queda suspendida en la nube por la que viaja. Cuando las partículas de granizo se hacen demasiado pesadas para ser sostenidas por las corrientes de aire, caen hacia el suelo. El tamaño de las piedras de granizo está entre los 5 milímetros de diámetro hasta pedriscos del tamaño de una pelota de golf y las mayores pueden ser muy destructivas, como para romper ventanas y abollar la lámina de los automóviles, pero el mayor daño se produce en los cultivos o a veces, varias piedras pueden solidificarse formando grandes masas de hielo y nieve sin forma. El depósito del granizo sobre la superficie terrestre exhibe un patrón angosto y largo a manera de un corredor. La mayoría de las tormentas de granizo ocurren durante el verano entre los paralelos 20 y 50, tanto en el hemisferio norte como en el sur.

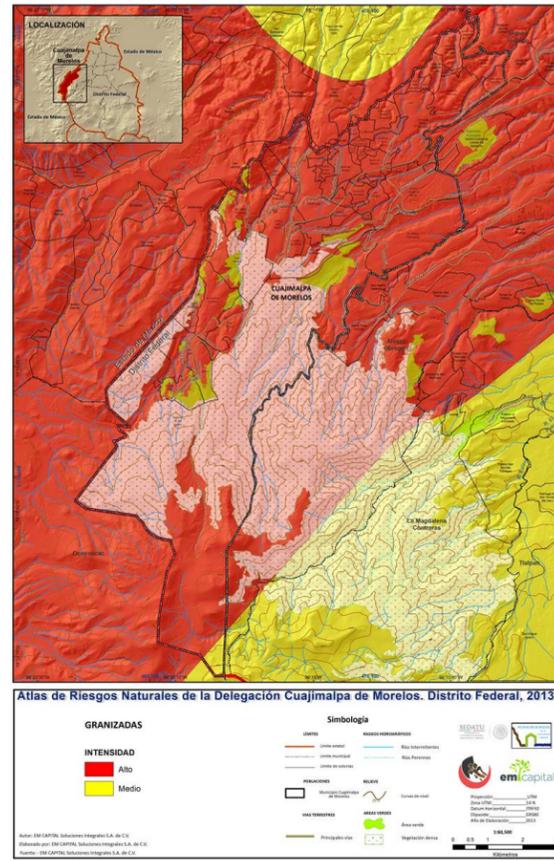
##### *Daños que causan las tormentas de granizo*

En México los daños más importantes por granizadas se presentan principalmente en las zonas rurales, ya que se destruyen las siembras y plantíos, causando, en ocasiones, la pérdida de animales de cría. En las regiones urbanas afectan a las viviendas, construcciones, alcantarillas y vías de transporte y áreas verdes cuando se acumula en cantidad suficiente puede obstruir el paso del agua en coladeras o desagües, generando inundaciones o encharcamientos importantes durante algunas horas. La magnitud de los daños que puede provocar la precipitación en forma de granizo depende de su cantidad y tamaño.

##### *Metodología para la determinación del peligro por Granizadas*

Tomando como base las normales climatológicas históricas en las estaciones base (mismas usadas para los análisis de temperaturas máximas y de Heladas), se obtienen los valores promedios anuales históricos de granizadas en cada ubicación.

Finalmente, se tipifican como zonas de peligro por heladas en la delegación Cuajimalpa.



**Figura 5.2.4.2.- Mapa de peligro por granizadas.**

### 5.2.5. Tormentas de nieve

Las nevadas son una de las manifestaciones en que puede ocurrir una precipitación, estas se presentan cuando la temperatura en la atmósfera, al nivel superficial, es igual o menor de los 0° centígrados, además de otros factores, como es el viento, principalmente su componente vertical, y la humedad, entre otras. Su estructura consiste en cristales de hielo que se unen para formar los copos de nieve, los cuales sufren transformaciones desde su precipitación hasta su fusión, por lo que las características tanto físicas como químicas de la nieve varían con respecto al tiempo.

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

En las ciudades, los efectos negativos de las nevadas se manifiestan de distintas maneras: por el desquiciamiento del tránsito, apagones y taponamiento de drenajes: por los daños a estructuras endeble y derrumbes de techos. Pueden causar decesos en la población que no tiene la protección adecuada contra el frío, especialmente indigentes o personas de bajos recursos económicos.

*Metodología para la determinación del peligro por Nevadas.*

Del libro Guía Básica, página 386, en la región del Nevado de Toluca se tienen las siguientes funciones de peligro para el Nevado de Toluca:



Figura 5.2.5.1.-Función de peligro para el primer grupo, altitud > 3000 msnm

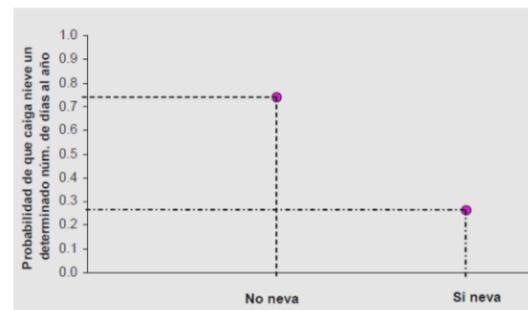
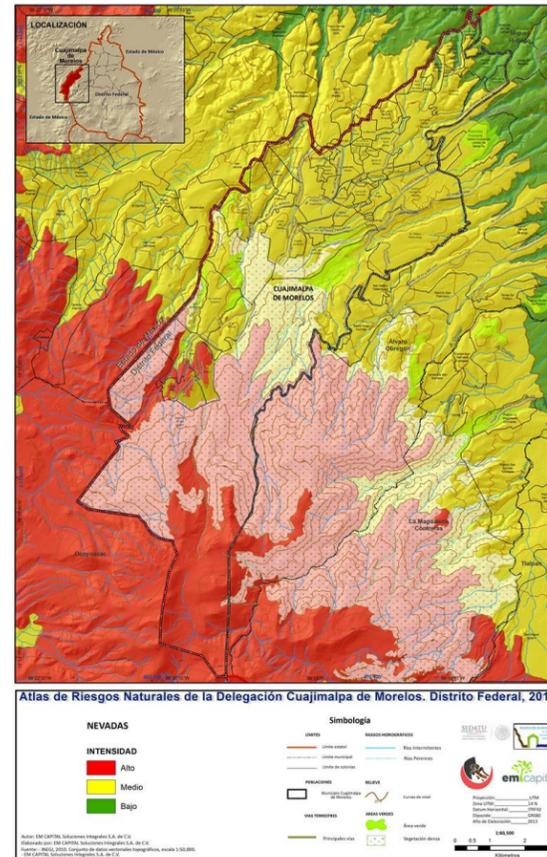


Figura 5.2.5.2.- Función de peligro para el segundo grupo, altitud entre 2751 y 3000 msnm.

Dadas las funciones de probabilidad de ocurrencia por altimetría, se clasifican los niveles de peligro por ocurrencia de nevadas en la delegación Cuajimalpa.



**Figura 5.2.5.3.- Mapa de peligro por nevadas.**

Recomendaciones para los fenómenos extremos (asociados a descenso de temperaturas):

- Al salir, utilizar al menos tres tipos de ropa, de preferencia de algodón o lana, para que sea fácil quitártela en caso de encontrarte al interior de un inmueble.
- Evitar cambios bruscos de temperatura.
- Usar crema para hidratar y proteger tu piel del frío, esto evitará la resequedad y descamaciones.
- Consumir abundantes líquidos (preferentemente agua), frutas y verduras con vitaminas A y C (zanahoria, naranja, lima, limón, papaya, mandarina, toronja, jitomate y guayaba, verduras como los pimientos).
- Antes de dormir, apagar velas, braseros y anafres, si se dejan encendidas se puede sufrir una intoxicación e incluso la muerte.
- Vigilar constantemente luces e instalaciones eléctricas para prevenir incendios.
- Evitar que los menores y los adultos mayores manipulen líquidos calientes.
- No fumar cerca de niños, ancianos o personas enfermas, ni en lugares cerrados.
- Evitar la exposición a contaminantes ambientales (esmog, monóxido de carbono, etc.).
- Lavarse las manos con frecuencia; taparse la boca o cubrirse con el brazo al momento de toser o estornudar para evitar la propagación de gérmenes.
- No automedicarse, en caso de cualquier molestia acudir de inmediato a la unidad médica más cercana a tu domicilio.
- Mantenerse informado de las recomendaciones de la Dirección de Protección Civil y Servicios de Emergencia.
- Es importante estar atento a las campañas de vacunación para evitar enfermedades respiratorias.
- Tener especial cuidado con niños(as), adultos mayores y quienes padezcan enfermedades crónicas respiratorias como asma y/o bronquitis, al salir de tu casa recuerda abrigarte bien.

### 5.2.6. Ciclones tropicales

La masa de aire y el campo de lluvias de los ciclones nos alcanzan a influir en el régimen pluvial del municipio. La distancia con respecto a la línea de costa es muy grande y este fenómeno no impacta como tal al municipio.  
NO APLICA

### 5.2.7. Tornados

No se han tenido registros de este fenómeno en la zona de estudio.  
NO APLICA

### 5.2.8. Tormentas polvo

No se han tenido registros de este fenómeno en la zona de estudio.  
NO APLICA

### 5.2.9. Tormentas eléctricas

Una tormenta eléctrica es un fenómeno meteorológico caracterizado por la presencia de rayos y sus efectos sonoros en la atmósfera terrestre denominados truenos. El tipo de nubes meteorológicas que caracterizan a las tormentas eléctricas son las denominadas cumulonimbus. Las tormentas eléctricas por lo general están acompañadas por vientos fuertes, lluvia copiosa y a veces nieve, granizo, o sin ninguna precipitación. Aquellas que producen granizo son denominadas granizadas. Las tormentas eléctricas fuertes o severas pueden rotar, en lo que se denomina superceldas. Mientras que la mayoría de las tormentas eléctricas se desplazan con la velocidad de desplazamiento promedio del viento en la capa de la tropósfera que ocupan, cortes de viento verticales pueden causar una desviación en su curso de desplazamiento en dirección perpendicular a la dirección de corte del viento.

#### *Origen*

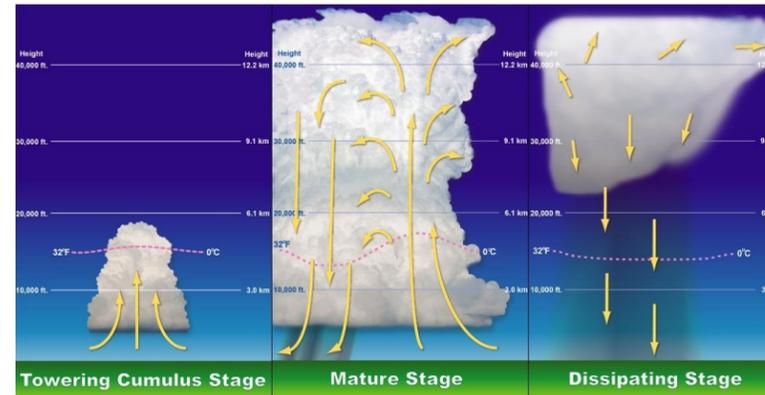
Para la formación de este tipo de tormentas es necesaria la humedad del aire caliente que se eleva en una atmósfera inestable. La atmósfera se vuelve inestable cuando las condiciones son tales que una burbuja de la subida del aire caliente puede seguir aumentando aún más que el aire del ambiente. El aumento de aire caliente es un mecanismo que intenta restaurar la estabilidad, incluso cuando el aire frío tiende a disminuir y finalmente desaparecen. Si el aire ascendente es lo suficientemente fuerte, el aire se enfría (adiabática) a temperaturas por debajo del punto de rocío y se condensa, liberando el calor latente, que promueve el aumento de aire y "alimenta" a la tormenta. Aislados Cúmulus se forman con gran desarrollo vertical (hasta 10 ó 18 mil pies), alimentado por las corrientes de aire ascendente.

Las tormentas pueden formarse dentro de las masas de aire de la convección del aire elevada, común en las tardes de verano, cuando se calienta la superficie. El efecto orográfico (a barlovento en las grandes montañas) puede estar asociado a los frentes, siendo más intensa en el caso de los frentes fríos.

Las tormentas más fuertes se generan cuando el aire cálido y húmedo se eleva rápidamente, con velocidades que pueden alcanzar 160 kilómetros por hora, hasta altitudes más altas y más frías. En cada momento hay en el orden de 2.000 tormentas eléctricas que tienen lugar en la superficie de la Tierra. Los rayos se producen cuando las partículas de hielo o la nieve empiezan a caer de una nube a gran altura hacia la superficie y corresponden a la liberación de energía debido a la diferencia de carga entre las partículas.

#### *Fases de una tormenta eléctrica*

En la vida de una tormenta ordinaria (formado por convección de una masa de aire) son por lo general presentan tres fases (cada una para normalmente de 15 a 30 minutos):



**Figura 5.2.9.1.- Formación de una tormenta eléctrica.**

#### *Nacimiento*

Las corrientes de aire ascendente causan la formación de cumulonimbos. Si la carga por primera vez es de agua, y no se producen rayos, no será una tormenta eléctrica. En la parte superior de la nube, el proceso de crecimiento de cristales de hielo comienza a producir las partículas.

#### *Madurez*

El crecimiento vertical alcanza su máximo y las nubes se acoplan con la forma característica de un yunque. Por lo general esto sucede cuando la inversión de aumento de la temperatura del aire es más estable (tropopausa). Los vientos dominantes en la alta altitud de las nubes cirrus comienzan a extenderse desde la parte superior de las nubes. Las bases son la parte frontal inferior y los relámpagos comenzaron a aparecer en toda la extensión de las nubes. Dentro de las nubes, la turbulencia es intensa e irregular, con un equilibrio entre las corrientes ascendentes y descendentes. El peso de las partículas de la precipitación es suficiente para contrarrestar la corriente ascendente y comienzan a caer, arrastrando el aire que te rodea. Como las consecuencias partículas caen en las partes más calientes de la nube, no hay aire seco que entra al medio ambiente en la nube y puede dar lugar a la evaporación de estas partículas. La evaporación enfría el aire, por lo que es más denso o "pesado". Todo este aire frío que cae a través de la nube y precipitación que se forma la corriente de aire hacia abajo, cuando llegue a la superficie se puede propagar a formar un frente que exceda desplazando y reemplazando el aire caliente de la superficie. En esta etapa de la tormenta produce fuertes vientos, relámpagos y lluvias torrenciales.

#### *Disipación*

Las nubes comienzan a extenderse hacia los lados, en capas o bordes. Y los vientos descendentes de las corrientes frías son predominantes. El aire frío reemplaza el aire más caliente de la superficie, frente a los movimientos al alza en la tormenta. En esta etapa, sólo hay corrientes descendentes y precipitaciones débiles. Eso deja sólo muchas nubes cirrus que incluso pueden contribuir, con su sombra, a frenar el calentamiento de la superficie.

*Medir su distancia*

Una vez que el sonido y la luz se mueven a través de la atmósfera a velocidades muy diferentes, puede estimarse la distancia de la tormenta por la diferencia de tiempo entre el relámpago (luz) y el trueno (sonido). La velocidad del sonido es de unos 332 m/s (en función de las condiciones climáticas). La velocidad de la luz es tan alta (300.000 km/s) que el tiempo que tarda en llegar puede ser ignorado en este enfoque. Por lo tanto, la tormenta será de 1 km para cada 3 segundos que pasan entre el relámpago y el trueno.

*Metodología para la determinación del peligro por Tormentas eléctricas*

Tomando las estaciones base ya mencionadas en los otros análisis de peligro, se constituyó una base de datos de los registros de tormentas eléctricas, derivando en valores promedios históricos de ocurrencia del fenómeno en intervalos anuales.

Dadas las series de datos para cada estación base se ajustó una función de distribución de probabilidad mediante el programa AX (CENAPRED, 1997), para luego extrapolar los valores a los periodos de retorno de 5, 10, 25 y 50 años. Ya con los valores probables de tormenta eléctrica para cada Tr se construyeron mallas raster usando el método de "Inverse Distance Weighted" con ayuda de un sistema de información geográfica, finalmente generadas las mallas se transformaron a formato shp.

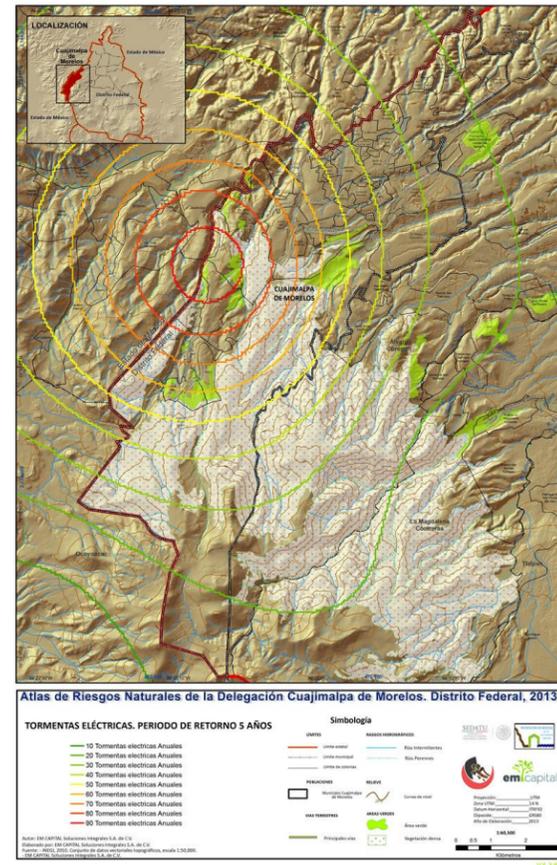


Figura 5.2.9.2.- Mapa de tormentas eléctricas (Tr=5 años).

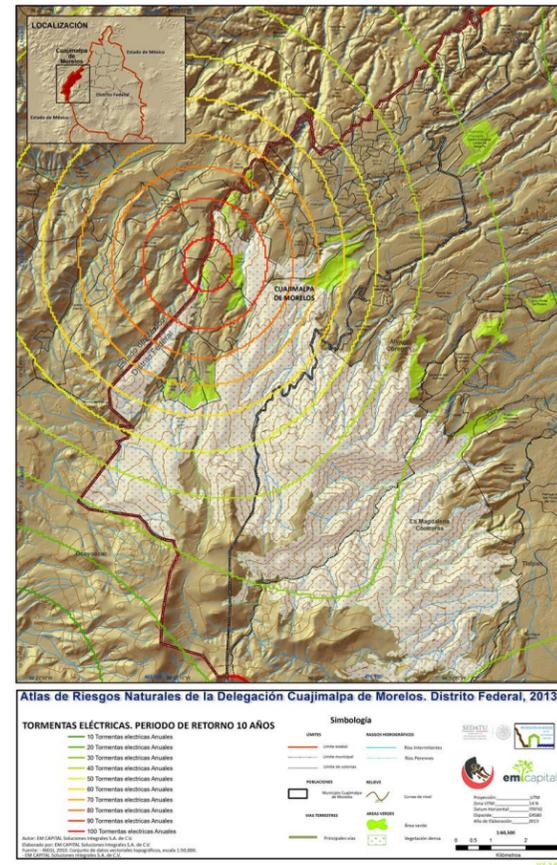


Figura 5.2.9.3.- Mapa de tormentas eléctricas (Tr=10 años).

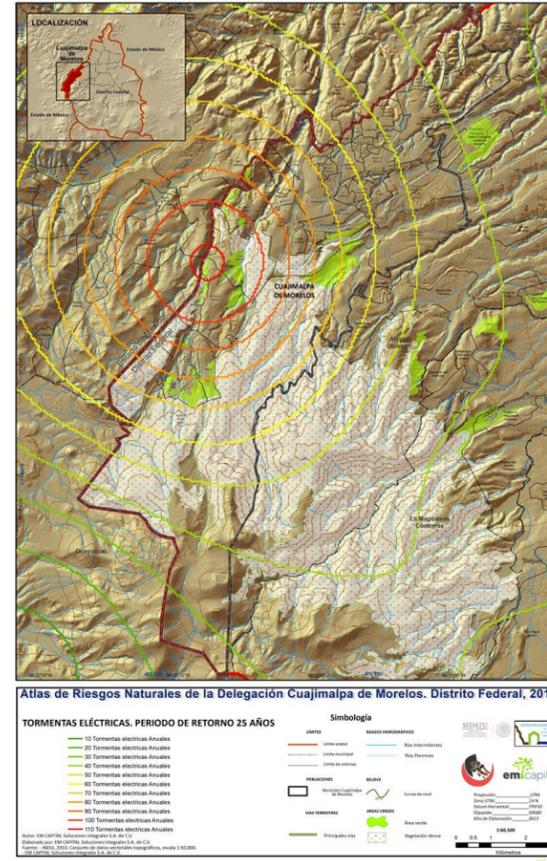


Figura 5.2.9.4.- Mapa de tormentas eléctricas (Tr=25 años).

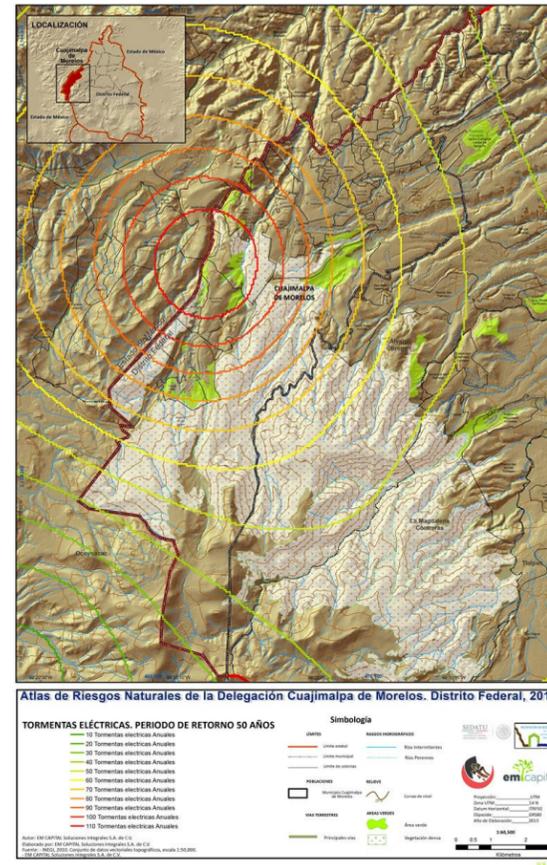


Figura 5.2.9.5.- Mapa de tormentas eléctricas (Tr=50 años).

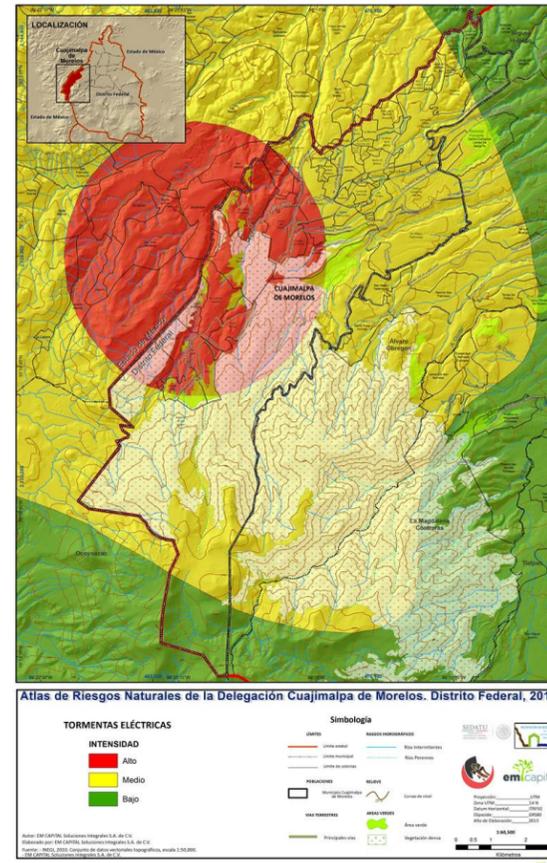


Figura 5.2.9.6.- Mapa de peligro por tormentas eléctricas.

Recomendaciones en presencia de Tormentas Eléctricas:

- Evitar las áreas mojadas.
- Sentarse o permanecer de pie sobre objetos aislantes, si es posible una cuerda enrollada o un saco o bolsa para dormir preferentemente seco.
- Buscar un lugar seguro para protegerte mientras pasa la tormenta.
- Mantenerse alejado de salientes y de pequeñas cuevas.
- Evitar descender en rappel durante las tormentas eléctricas.
- Al contrario de la creencia popular, los objetos metálicos no atraen en sí los rayos; sin embargo, la proximidad inminente de un rayo y el contacto con metales pueden aumentar el peligro de corrientes eléctricas; por lo que, es mejor colocar a un lado todos los metales.

### 5.2.10. Lluvias extremas

NO APLICA. Este peligro se incluye como parte de los análisis de inundación.

### 5.2.11. Inundaciones pluviales, fluviales, avenidas súbitas

Una inundación es la ocupación por parte del agua en las zonas que habitualmente están libres de esta, bien por desbordamiento de ríos debido a lluvias torrenciales o deshielo, o mares por subida de las mareas por encima del nivel habitual o por avalanchas causadas por maremotos.

Las inundaciones fluviales son procesos naturales que se han producido periódicamente y que han sido la causa de la formación de las llanuras en los valles de los ríos, tierras fértiles donde tradicionalmente se ha desarrollado la agricultura.

Tienen su origen por el desarrollo de fenómenos atmosféricos, a través de procesos de climatológicos e hidrológicos, la precipitación extraordinaria en una cuenca tributaria a un punto en específico dentro de una zona urbana puede provocar graves daños en la infraestructura, así como, las pérdidas humanas que podrían generarse a consecuencia de las áreas inundadas

La interacción de dichos elementos están íntimamente ligados a la ocupación del suelo, el caudal de los ríos es inconstante durante periodos muy largos a través de los años, de la misma manera, la hidrología fundamenta para el estudio de los ríos una amplia metodología para la determinación de gastos máximos, estos se relacionan directamente al tiempo de retorno del evento. De la misma manera si se sabe que las áreas se encuentran delimitadas y configuradas, además de que, los niveles de agua registrados por las avenidas quedan marcados sobre las márgenes de los ríos.

De tal manera que sí se respeta este espacio, se estarán evitando las inundaciones en sus áreas pobladas. Por otra parte el crecimiento de la mancha urbana – poblacional en la Ciudad de México y en específico en la delegación Cuajimalpa de Morelos en gran medida no ha sido planeado o se desarrolló con la falta de conocimiento, de manera que, ha sido irregular el desarrollo de las mismas.

Una inundación se conceptualiza como el tiempo transitorio de agua sobre un área determinada que generalmente no se encuentra con los excedentes de las lluvias.

Por otro lado las áreas donde, por inundaciones, haya peligro se desarrollaran modelos que partirán con datos básicos como son: régimen de avenidas en un lugar determinado para el modelo, características fisiográficas de varias cuencas tributarias, la aplicación y desarrollo de métodos hidrológicos con ayuda de Sistemas de Información Geográfica para marcar las zonas que serán afectadas por el fenómeno de Inundación dentro de la delegación.

#### ***Determinación del peligro por Inundación en la delegación Cuajimalpa.***

##### *Cuencas*

La unidad básica de un análisis hidrológico es la cuenca que se define como el área tributaria a un punto en el cual todos los escurrimientos van a dar a una salida (Aparicio, 1989),

##### *Funciones de distribución de Probabilidad.*

La determinación del cómputo de los datos de las precipitaciones pluviales asignados a diferentes periodos de retorno se eligió la función de probabilidad Gumbel.

La función Gumbel se trabajó para el análisis de los valores extremos de dichos resultados.

##### *Distribución Gumbel*

Si se tienen N muestras, cada una de las cuales contiene n eventos; y se selecciona el máximo “x” de los “n” eventos de cada muestra, a medida que “n” aumenta, la función de distribución de probabilidad de “x” tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Y la función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \alpha e^{-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Donde  $\alpha$  y  $\beta$  son parámetros de la función y se calculan con:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S}$$

$$\beta = x - \frac{\mu_y}{\alpha}$$

Donde  $\sigma_y$  y  $\mu_y$  se pueden obtener de la siguiente tabla,  $\mu_y$  es la media de los datos y “S” es la desviación estándar.

**Tabla 5.2.11.1.- Constantes del tamaño de la muestra n, en la función de Distribución Gumbel**

E	$\sigma_y$	$\mu_y$	n	$\sigma_y$	$\mu_y$	n	$\sigma_y$	$\mu_y$	n	$\sigma_y$	$\mu_y$
8	0.484	0.904	28	0.534	1.104	48	0.547	1.157	76	0.556	1.190
9	0.490	0.928	29	0.535	1.108	49	0.548	1.159	78	0.556	1.192
10	0.495	0.949	30	0.536	1.112	50	0.548	1.160	80	0.556	1.193
11	0.499	0.967	31	0.537	1.115	51	0.548	1.162	82	0.557	1.195
12	0.503	0.983	32	0.538	1.119	52	0.549	1.163	84	0.557	1.196
13	0.507	0.997	33	0.538	1.122	53	0.549	1.165	86	0.558	1.198
14	0.510	1.009	34	0.539	1.125	54	0.550	1.166	88	0.558	1.199
15	0.512	1.020	35	0.540	1.128	55	0.550	1.168	90	0.558	1.200
16	0.515	1.031	36	0.541	1.131	56	0.550	1.169	92	0.558	1.202
17	0.518	1.041	37	0.541	1.133	57	0.551	1.170	94	0.559	1.203
18	0.520	1.049	38	0.542	1.136	58	0.551	1.172	96	0.559	1.204
19	0.522	1.056	39	0.543	1.138	59	0.551	1.173	98	0.559	1.205
20	0.523	1.062	40	0.543	1.141	60	0.552	1.174	100	0.560	1.206
21	0.525	1.069	41	0.544	1.143	62	0.552	1.177	150	0.564	1.225
22	0.526	1.075	42	0.544	1.145	64	0.553	1.179	200	0.567	1.236
23	0.528	1.081	43	0.545	1.148	66	0.553	1.181	250	0.568	1.242
24	0.529	1.086	44	0.545	1.149	68	0.554	1.183	300	0.569	1.247
25	0.530	1.091	45	0.546	1.151	70	0.554	1.185	500	0.572	1.258
26	0.532	1.096	46	0.546	1.153	72	0.555	1.187	1000	0.574	1.268
27	0.533	1.100	47	0.547	1.157	74	0.556	1.189		0.577	1.282

A partir de los parámetros anteriores, de los datos registrados, se despeja x de la función de probabilidad, que muestra en este caso la lluvia ajustada, Desarrollando así a la expresión siguiente:

$$x = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \ln \left( \frac{Tr}{Tr-1} \right)$$

Para cada valor Xi se calcula su valor ajustado x, y consecuentemente el error cuadrático.

#### Construcción de curvas I-D-Tr

Las curvas I-D-Tr representan una forma conjunta de las tres variables con las cuales se define la lluvia: la relación de la magnitud (intensidad), duración y periodo de retorno. Estas curvas son un elemento básico en el cálculo de las avenidas de diseño, las cuales a su vez se utilizan en el dimensionamiento de estructuras hidráulicas tales como: puentes, alcantarillas, bordos, presas, drenajes pluviales urbanos, canales y determinación de los niveles de inundación en las márgenes de ríos.

Los registros de lluvias de corta duración son escasos en México; sin embargo, los de lluvias máximas diarias cuentan con una gran densidad de periodos de registro aceptables, por lo cual, la lluvia con una duración de una hora y un periodo de retorno de dos años, se podrá estimar con una relación a la de 24 horas con igual periodo de retorno.

Cálculo de alturas de precipitación

Para el cálculo de las alturas de precipitación en cada una de las estaciones base se utilizaron dos métodos: para alturas de precipitación correspondientes a periodos de retorno menores o iguales a 10 años se utilizó el método de Bell (1969) y para los periodos de retorno mayores de 10 años el método de Cheng-Lung Chen (1983).

*Método de Bell*

Para el cálculo de alturas de precipitación menores o iguales a diez años de periodo de retorno, Bell (1969) propone la siguiente expresión:

$$P_t^{Tr} = (0.35 \ln(Tr) + 0.76) (0.54(t)^{0.25} - 0.5) P_{60}^2$$

Donde:

$P_t^{Tr}$  = Altura de precipitación en mm. Para un periodo de retorno  $Tr$  y una duración de la tormenta  $t$ .

$Tr$  = Periodo de retorno en años.

$t$  = Duración de la tormenta en minutos

El valor de  $P_{60}^2$  se calcula despejándolo del cociente de lluvia-duración  $R$ .

$$R = \frac{P_{60}^2}{P_{1440}^2}$$

$R$  = Cociente lluvia-duración

$P_{60}^2$  = Altura de precipitación para un periodo de retorno de dos años y una duración de la tormenta de sesenta minutos.

$P_{1440}^2$  = Altura de precipitación para un periodo de retorno de dos años y una duración de la tormenta de veinticuatro horas en minutos, la cual se calcula como:

$$P_{1440}^2 = \beta - \frac{1}{\alpha} \ln \left( \ln \left( \frac{Tr}{Tr-1} \right) \right)$$

El valor de  $R$  para cada ecuación empleada en las estaciones climatológicas, se determinó con las isoyetas emitidas por el CENAPRED, los valores de  $R$  para la ciudad de México eran muy altos, así que finalmente se decidió utilizar el valor de  $R$  de 0.479, que es el valor propuesto como promedio para las estaciones en México (IMTA, 1994).

*Método de Cheng-Lung Chen*

Para el cálculo de alturas de precipitación mayores o iguales a diez años de periodo de retorno Chen-Lung Chen (1983) propone la siguiente expresión:

$$P_t^{Tr} = \frac{\alpha \cdot P_{60}^{10} \cdot \log(10^{2-F} \cdot Tr^{F-1}) \cdot t}{60 \cdot (t + b)^c}$$

Donde:

$P_t^{Tr}$  = Altura de precipitación en mm, para un periodo de retorno  $Tr$  y una duración de la tormenta  $t$ .

$Tr$  = Periodo de retorno en años.

$\alpha, b, c$  = parámetros regionales en función de  $R$ .

$P_{60}^{10}$  = Altura de precipitación en mm, para un periodo de retorno de diez años y una duración de sesenta minutos, la cual se calcula con la formula de Bell.

$F$  = Cociente de lluvia-periodo de retorno, calculado con la siguiente expresión:

$$F = \frac{P_t^{100}}{P_t^{10}} = \frac{P_{1440}^{100}}{P_{1440}^{10}} = \frac{\beta^{-\frac{1}{\alpha}} L n \left( L n \left( \frac{100}{100-1} \right) \right) \beta^{-\frac{1}{\alpha}}}{\beta^{-\frac{1}{\alpha}} L n \left( L n \left( \frac{10}{10-1} \right) \right)}$$

Donde:

$P_{1440}^{100}$  = Altura de precipitación en mm. Para un periodo de retorno de 100 años y una duración de veinticuatro horas en minutos.

$P_{1440}^{10}$  = Altura de precipitación en mm. Para un periodo de retorno de 10 años y una duración de veinticuatro horas en minutos.

### Características de las cuencas

*Pendiente Media De los Cauces.*

Taylor y Schwarz proponen calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión y proponen la siguiente expresión:

$$S = \left[ \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}} \right]^2$$

Donde

S= Pendiente Media del Cauce

L= Longitud del Cauce

ln= Son los tramos del cauce donde interceptan con una cota de altimetría.

Sn= Pendiente del tramo del cauce

Tiempo de concentración

El tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio se denomina tiempo de concentración, y equivale al tiempo que tarda el agua en pasar del punto más alejado hasta la salida de la cuenca.

Naturalmente, el tiempo de concentración  $T_c$  depende de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta la salida de la cuenca y de la velocidad que adquiere, en promedio, entro de la misma.

Kirpich propone las siguientes expresiones:

$$t_c = 0.0003245 \left[ \frac{L}{\sqrt{S}} \right]^{0.77}$$

Donde:

L=Longitud del cauce

S=Pendiente media del Cauce

#### 5.2.1.1.1 Objetivo del Análisis Hidráulico

El objetivo del análisis hidráulico es determinar los niveles de aguas máximas para crecidas de períodos de retorno 2, 10, 50, 100 y 200 años, de manera de visualizar el comportamiento de los flujos de acuerdo a las características morfológicas del cauce.

Para tales objetivos se deben puntualizar las siguientes consideraciones antes de proponer el modelo de conceptualización del flujo en las distintas corrientes.

- El flujo es estacionario. Los valores de las variables no dependen del tiempo, que no interviene en los cálculos.
- El flujo es gradualmente variado: no hay cambios bruscos de las características hidráulicas, de manera que puede suponerse una distribución hidrostática de la presión.
- El flujo se considera unidimensional con corrección para distribución horizontal de velocidad. La altura de la energía es igual para todos los puntos de esta sección.
- La pendiente del cauce ha de ser menor a un 10%, debido a que la altura de presión se supone equivalente a la cota de agua medida verticalmente.
- Régimen único en cada tramo estudiado, admitiendo lento o rápido pero sin cambio en régimen.
- La pendiente de la línea de energía es uniforme entre dos secciones transversales.
- El lecho del cauce es fijo.

#### *Modelo Matemático*

El modelo matemático resuelve de forma iterativa la ecuación de la conservación de la energía para calcular el nivel del agua en una sección a partir de un nivel conocido en otra. Para calcular las pérdidas por fricción se utiliza la fórmula de Manning.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

Donde:

Z1, Z2: cargas de las secciones.

Y1, Y2: tirantes de agua.

V1 y V2: Velocidades

he: Pérdidas de energía.

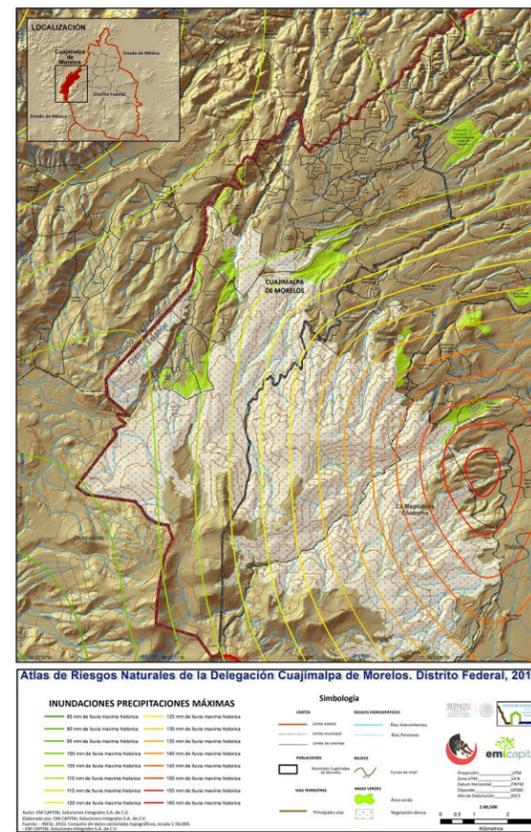
g: Aceleración de la gravedad.

#### *Parámetros Hidráulicos*

Para la aplicación del modelo descrito es necesario establecer en primer lugar las características geométricas del cauce definidas con los perfiles transversales y estructuras singulares obtenidos de la topografía, Además de esto necesitamos los caudales para los distintos escenarios asociados a distintos periodos de retorno que en nuestro caso serán de 2, 10, 50, 200 y 100 años (Estos datos son obtenidos del análisis hidrológico) así como el coeficiente de rugosidad del cauce.

**Tabla 5.2.11.2.- Coeficiente de rugosidad de Manning.**

Sección transversal uniforme, alineación regular sin guijarros ni vegetación, en suelos sedimentarios finos	0,016
Sección transversal uniforme, alineación regular, sin guijarros ni vegetación, con suelos de arcilla duros u horizontes endurecidos	0,018
Sección transversal uniforme, alineación regular, con pocos guijarros, escasa vegetación, en tierra franca arcillosa	0,020
Pequeñas variaciones en la sección transversal, alineación bastante regular, pocas piedras, hierba fina en las orillas, en suelos arenosos y arcillosos, y también en canales recién limpiados y rastrillados	0,0225
Alineación irregular, con ondulaciones en el fondo, en suelo de grava o esquistos arcillosos, con orillas irregulares o vegetación	0,025
Sección transversal y alineación irregulares, rocas dispersas y grava suelta en el fondo, o con considerable vegetación en los márgenes inclinados, o en un material de grava de hasta 150 mm de diámetro	0,030
Canales irregulares erosionados, o canales abiertos en la roca	0,030



**Figura 5.2.11.1.- Mapa de precipitaciones máximas.**

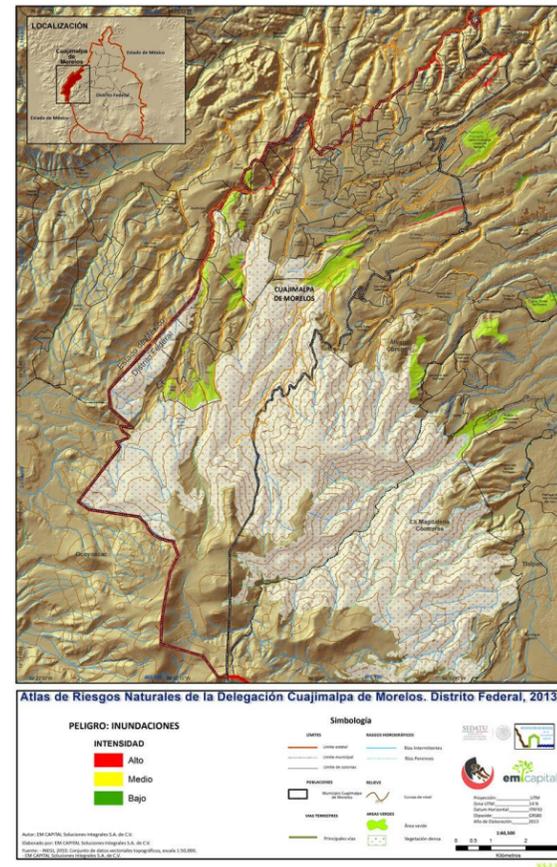


Figura 5.2.11.2.- Mapa de peligro por inundación.

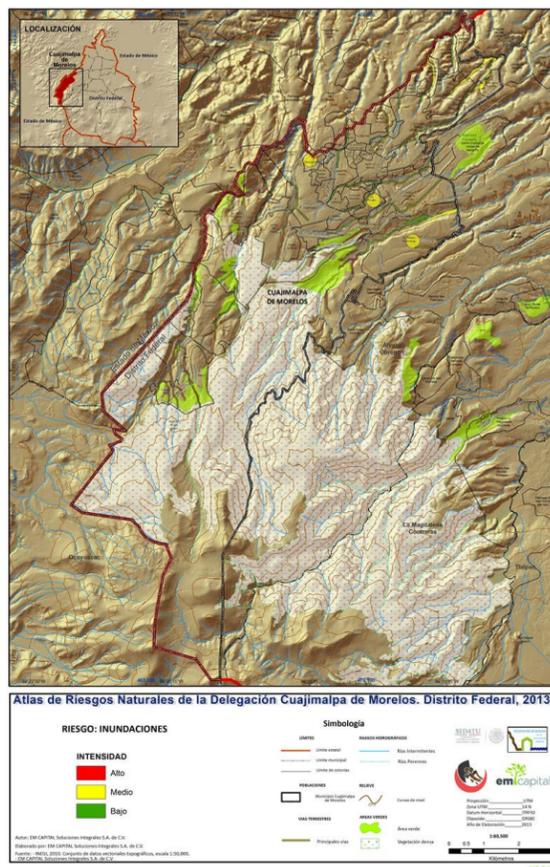


Figura 5.2.11.3.- Mapa de riesgo por inundaciones.

Tabla 5.2.11.3.- Estimación de población y viviendas afectadas por AGEB, para inundación.

Fenómeno Perturbador	Clave de AGEB	Nivel de Riesgo	Población Afectada	Viviendas Afectadas
Inundación	0900400010049	Medio	45	14
Inundación	0900400010049	Bajo	94	29
Inundación	0900400010049	Medio	52	16
Inundación	0900400010053	Medio	305	91
Inundación	0900400010053	Bajo	505	151
Inundación	0900400010072	Medio	411	121
Inundación	0900400010072	Bajo	486	143
Inundación	0900400010091	Medio	275	78
Inundación	0900400010091	Bajo	435	122
Inundación	0900400010104	Medio	265	84

Inundación	0900400010104	Bajo	393	124
Inundación	0900400010119	Medio	25	8
Inundación	0900400010119	Bajo	47	14
Inundación	0900400010123	Medio	111	31
Inundación	0900400010123	Bajo	186	52
Inundación	0900400010138	Medio	50	15
Inundación	0900400010138	Bajo	66	20
Inundación	0900400010176	Medio	117	36
Inundación	0900400010176	Bajo	280	86
Inundación	0900400010176	Medio	325	100
Inundación	0900400010180	Medio	36	11
Inundación	0900400010180	Bajo	103	31
Inundación	0900400010180	Medio	588	177
Inundación	0900400010195	Medio	127	40
Inundación	0900400010195	Bajo	376	116
Inundación	0900400010195	Medio	670	207
Inundación	0900400010208	Medio	118	31
Inundación	0900400010208	Bajo	190	50
Inundación	0900400010208	Medio	82	22
Inundación	0900400010208	Medio	624	165
Inundación	0900400010208	Bajo	4	1
Inundación	0900400010208	Medio	4	1
Inundación	0900400010212	Medio	206	58
Inundación	0900400010212	Bajo	369	103
Inundación	0900400010212	Medio	14	4
Inundación	0900400010212	Medio	14	4
Inundación	0900400010212	Bajo	2	1
Inundación	0900400010212	Medio	2	1
Inundación	0900400010227	Alto	94	25
Inundación	0900400010227	Alto	280	73
Inundación	0900400010227	Alto	264	69
Inundación	0900400010231	Alto	240	63
Inundación	0900400010231	Medio	378	99
Inundación	0900400010231	Alto	47	13
Inundación	0900400010250	Alto	103	32
Inundación	0900400010250	Medio	149	46
Inundación	090040001027A	Medio	27	9
Inundación	090040001027A	Bajo	33	11

Inundación	0900400010299	Bajo	12	4
Inundación	0900400010299	Medio	307	91
Inundación	0900400010301	Medio	36	12
Inundación	0900400010301	Bajo	88	29
Inundación	0900400010320	Alto	123	34
Inundación	0900400010320	Alto	182	50
Inundación	090040001034A	Medio	14	4
Inundación	090040001034A	Bajo	19	6
Inundación	0900400010354	Medio	7	2
Inundación	0900400010354	Bajo	26	8
Inundación	0900400010369	Medio	193	90
Inundación	0900400010369	Bajo	279	130
Inundación	0900400010369	Medio	206	96
Inundación	0900400010369	Medio	8	4
Inundación	0900400010369	Medio	8	4
Inundación	0900400010369	Bajo	10	5
Inundación	0900400010369	Medio	10	5
Inundación	0900400010373	Medio	186	50
Inundación	0900400010373	Bajo	311	83
Inundación	0900400010373	Medio	349	93
Inundación	0900400010373	Bajo	199	53
Inundación	0900400010373	Medio	425	113
Inundación	0900400010373	Medio	1	1
Inundación	0900400010373	Medio	1	1
Inundación	0900400010373	Bajo	4	1
Inundación	0900400010373	Medio	4	1
Inundación	0900400010392	Alto	2	1
Inundación	0900400010405	Medio	149	46
Inundación	0900400010405	Bajo	231	72
Inundación	090040001041A	Medio	115	32
Inundación	090040001041A	Bajo	155	44
Inundación	0900400200246	Medio	328	85
Inundación	0900400200246	Bajo	524	136
Inundación	0900400200246	Medio	59	15
Inundación	0900400200316	Alto	703	186
Inundación	0900400200316	Medio	1028	272

### Inundaciones Súbitas

Derivado de sus condiciones fisiográficas, Cuajimalpa es quizás la delegación dentro de la zona conurbada del Distrito Federal donde el peligro por Inundaciones Súbitas adquiere un grado importante. En primera instancia, se deben de mencionar las zonas escarpadas presentes en la delegación, por otro lado se encuentran los ríos mayores a orden 2 (Clasificación Strahler) que recorren la delegación, tales condiciones redundan en la necesidad de un análisis que reflejen zonas con potencial de ser vulneradas por un fenómeno de este tipo.

Las Inundaciones Súbitas, son derivadas de avenidas producidas en las corrientes fluviales a consecuencia de precipitación pluvial, es decir, "Son las áreas que a consecuencia de la elevación de caudales, son anegadas". Ahora bien, se deben caracterizar a las inundaciones súbitas, como aquellas que se presentan como máximo en 5 horas (CENAPRED) después del evento pluvial. Consecuente con la definición descrita, los análisis elaborados en las distintas corrientes dentro de la delegación, tienen como característica general, que el tiempo de concentración (Tiempo que tardan en escurrir los aportes desde el punto más lejano de la cuenca, hasta la salida de la misma) para cada corriente es menor a 5 horas. Dicho esto, se puede asumir lo siguiente: "Las inundaciones que se presentan en las corrientes fluviales de la delegación Cuajimalpa se pueden clasificar como súbitas, ya que el tiempo que transcurre entre el inicio de la tormenta pluvial hasta el inicio del evento destructivo, es menor a 5 horas". A continuación se muestra el detalle de un mapa de inundaciones súbitas en la delegación:

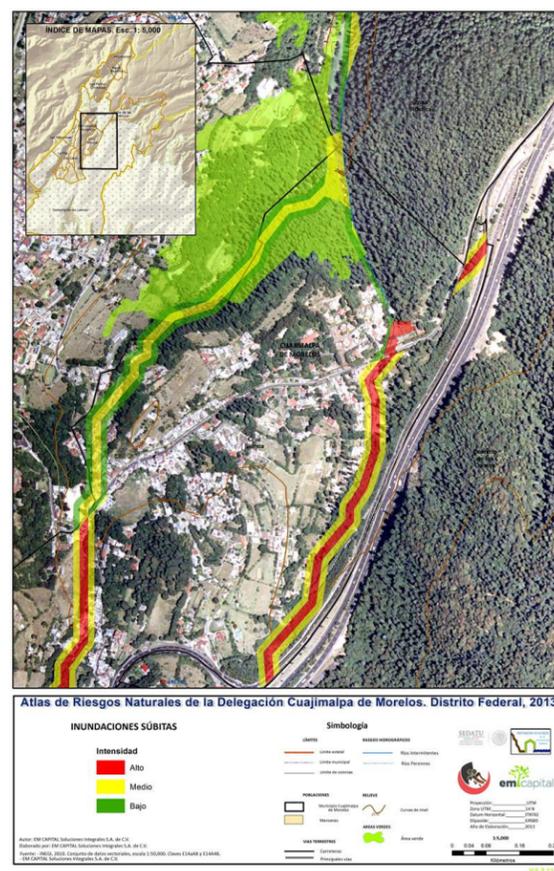


Figura 5.2.11.4.- Mapa de inundaciones súbitas (Zona-1).

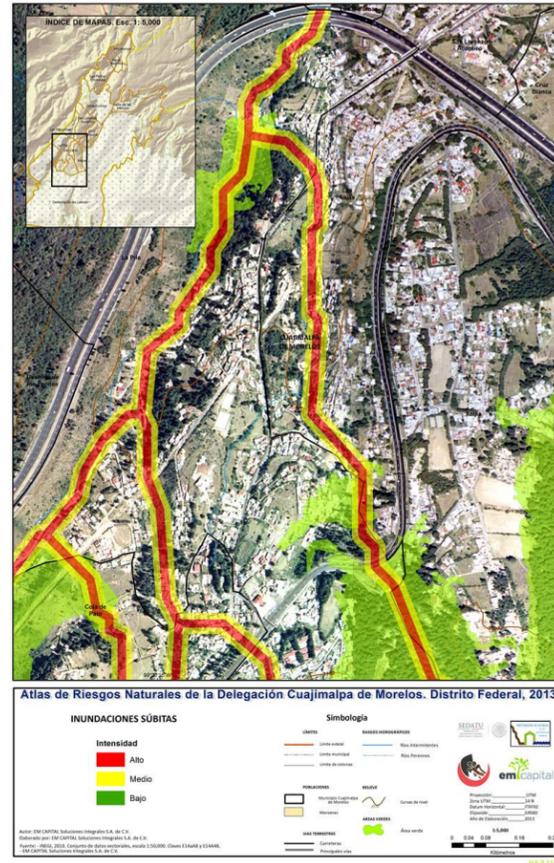


Figura 5.2.11.5.- Mapa de inundaciones súbitas (Zona-2).



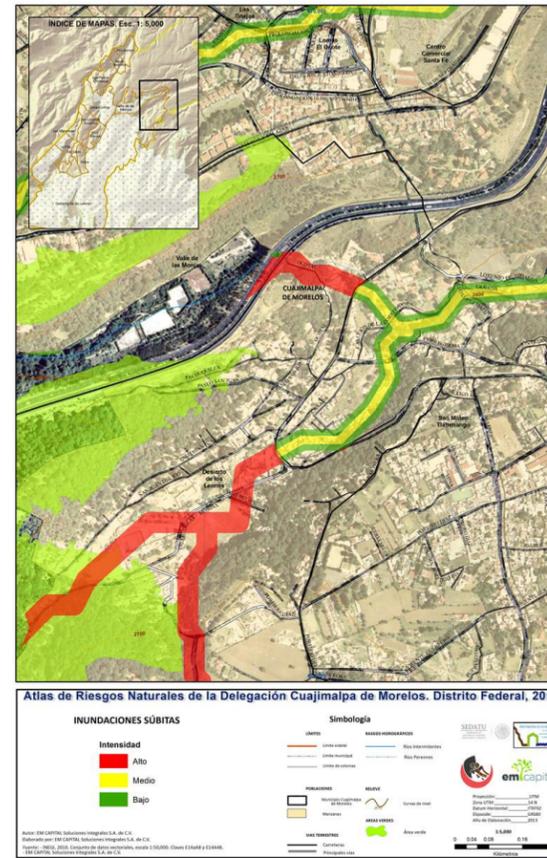


Figura 5.2.11.7.- Mapa de inundaciones súbitas (Zona-4).

### **Actividades a realizar antes, durante y después de una inundación (Protección Civil Delegacional, 2013).**

#### **ANTES:**

- ⇒ Identificación del riesgo con ayuda de los antecedentes del lugar.
- ⇒ Corte el suministro de luz, gas y agua.
- ⇒ Almacene agua potable en recipientes limpios.
- ⇒ No utilice el auto para evitar que este flote o sea arrastrado por la corriente.
- ⇒ Tenga a la mano sus documentos oficiales importantes en un sobre cerrado y protegido.
- ⇒ Si la Dirección de Protección Civil y Servicios de Emergencia lo obligan a abandonar su casa, reubique en un lugar seguro solo sus pertenencias básicas o de mayor valor.
- ⇒ Valla a un lugar seguro antes de que el agua de la inundación interrumpa el tránsito normal por calle o avenidas.

#### **DURANTE:**

- ⇒ Evitar las zonas propensas a inundación (zonas de pendientes, cauces de ríos)
- ⇒ No maneje en calles inundadas.
- ⇒ No camine en áreas que estén cubiertas por agua o donde el nivel de estas sobrepase la altura de las rodillas.

#### **DESPUES:**

- ⇒ Hierva el agua antes de beberla.
- ⇒ No coma alimentos crudos o que hayan estado en contacto con el agua de la inundación.
- ⇒ Aléjese de los sitios que fueron afectados por la inundación.
- ⇒ Informe a las autoridades competentes al respecto de los servicios públicos que hayan sido dañados durante la inundación.  
No toque ni manipule las instalaciones eléctricas.

#### **MEDIDAS DE PREVENCIÓN CONTRA LOS EFECTOS DE INUNDACIÓN EN ZONA DE CAUCES.**

- ⇒ Mapeo de las áreas bajo peligro, definición de los sitios Alto Riesgo.
- ⇒ Planificación urbana que evita construir en zonas de causas.
- ⇒ Monitoreo de los sitios más peligrosos principalmente en temporadas de lluvias.
- ⇒ Organización de sistemas de alerta temprana.
- ⇒ Información y capacitación a la población.
- ⇒ El desazolve de alcantarillados y red de drenaje.
- ⇒ Limpieza total de los cauces de ríos para evitar contrapesas que aumenten el nivel del agua.

### 5.2.12 Viento

El viento es el movimiento del aire que fluye respecto de la superficie de la tierra. Generalmente se usa para referirse a su movimiento horizontal. Genéricamente, se llama viento al movimiento de los gases que rodean un planeta o cuerpo astronómico.

El viento, igual que las inundaciones, son los dos fenómenos que muestran a los procesos que trabajan en la atmósfera de la tierra, resultado de las variaciones de presiones. Estas nacen de la diferencia de temperatura entre masas de aire que son calentadas de forma irregular por los rayos del Sol.

Hay cuatro aspectos del viento que se miden: dirección, velocidad, tipo (ráfagas y rachas) y cambios. Los cambios superficiales se miden con veletas y anemómetros, mientras que los de gran altitud se detectan con globos o sondas.

En la Tierra, las variaciones en la distribución de presión y temperatura se deben, en gran medida, a la distribución desigual del calentamiento solar, junto a las diferentes propiedades térmicas de las superficies terrestres y oceánicas. Cuando las temperaturas de regiones adyacentes difieren, el aire más caliente tiende a ascender y a soplar sobre el aire más frío y, por tanto, más pesado. Los vientos generados de esta forma suelen quedar muy perturbados por la rotación de la Tierra.

Los vientos pueden clasificarse en cuatro clases principales: dominantes, estacionales, locales y, por último, ciclónicos y anticiclónicos.

Los vientos de la zona templada del hemisferio Norte soplan generalmente de Oeste a Este, pero en vez de correr con regularidad a unos 60 km/h, las ciudades, las montañas y los bosques perturban y desvían su marcha de tal modo que solo a unos 5,000 metros de altura puede considerarse que soplan de manera uniforme (Ahrens, 2000), mientras que cerca del suelo o de una superficie rugosa su trayectoria se ve alterada y giran de manera tan aleatoria que es imposible adivinar de dónde vienen y hacia dónde van.

En meteorología se suelen denominar los vientos según su fuerza y la dirección desde la que soplan. Los aumentos repentinos de la velocidad del viento durante un tiempo corto reciben el nombre de ráfagas. Los vientos fuertes de duración intermedia (aproximadamente un minuto) se llaman turbonadas. Los vientos de larga duración tienen diversos nombres según su fuerza media como, por ejemplo, brisa, temporal, tormenta, huracán o tifón.

El viento se puede producir en diversas escalas: desde flujos tormentosos que duran decenas de minutos hasta brisas locales generadas por el distinto calentamiento de la superficie terrestre y que duran varias horas, e incluso globales, que son el fruto de la diferencia de absorción de energía solar entre las distintas zonas geoastronómicas de la Tierra.

Las dos causas principales de la circulación atmosférica a gran escala son el calentamiento diferencial de la superficie terrestre según la latitud, y la inercia y fuerza centrífuga producidas por la rotación del planeta. En los trópicos, la circulación de depresiones térmicas por encima del terreno y de las mesetas elevadas puede impulsar la circulación de monzones. En las áreas costeras, el ciclo brisa marina/brisa terrestre puede definir los vientos locales, mientras que en las zonas con relieve variado las brisas de valle y montaña pueden dominar los vientos locales.

#### *Zona de convergencia intertropical*

La zona de convergencia intertropical es un cinturón de bajas presiones (Strahler señala que este cinturón tiene una presión ligeramente por debajo de lo normal, por lo común entre 1009 y 1013 mb (milibares) y está determinada por el movimiento de rotación terrestre el cual genera lo que se conoce como abultamiento ecuatorial terrestre, mucho más notorio, por la diferente densidad, en los océanos que en los continentes y aún más notorio en la atmósfera que en los océanos. En el diagrama de la circulación global de los vientos puede verse ese mayor abultamiento de la atmósfera en la zona ecuatorial (a la derecha del mismo). Es por ello que el espesor de la atmósfera es mucho mayor en la zona intertropical (la troposfera alcanza casi los 20 km de altura), mientras que en las zonas polares es mucho más delgada.

#### *Zonas de divergencia subtropical*

Son zonas de subsidencia de aire frío procedente de grandes alturas en la zona de convergencia intertropical, es decir, de la franja ecuatorial, y que dan origen, a su vez, a los vientos alisios, que se regresan hacia el ecuador a baja altura, y a los vientos del oeste, que van incrementando su velocidad a medida que aumentan también de latitud.

#### *Zonas de convergencia polar*

Son zonas de baja presión que atraen a los vientos provenientes de las latitudes subtropicales. Estos vientos traen masas de aire más cálidas y húmedas, humedad que van perdiendo por condensación (lluvias, rocío y escarcha) a medida que van encontrando aire más frío con el aumento de la latitud. Esta humedad relativa es la que abastece de hielo por escarcha los casquetes polares de Groenlandia y la Antártida

Vientos regionales

Son determinados por la distribución de tierras y mares, así como por los grandes relieves continentales. Los monzones también podrían considerarse como vientos regionales, aunque su duración en el tiempo y su alternabilidad estacional los convierten más bien en vientos planetarios.

#### *Vientos locales*

Como los demás tipos de vientos, los vientos locales presentan un desplazamiento del aire desde zonas de alta presión a zonas de baja presión, determinando los vientos dominantes y los vientos reinantes de un área más o menos amplia. Aun así hay que tener en cuenta numerosos factores locales que influyen o determinan los caracteres de intensidad y periodicidad de los movimientos del aire. Estos factores, difíciles de simplificar por su multiplicidad, son los que permiten hablar de vientos locales, los cuales son en muchos lugares más importantes que los de carácter general. Estos tipos de vientos son los siguientes:

- Brisas marina y terrestre
- Brisa de valle
- Brisa de montaña
- Viento catabático.

#### *Descripción de la Dirección del Viento*

Se entiende por dirección del viento, la dirección de donde procede el viento. Así pues, un viento del Norte significa precisamente eso, o sea, que el viento procede del Norte y se dirige hacia el Sur. Para precisar la dirección del viento se utiliza la rosa náutica o rosa de los vientos, llamada así porque se supone que fue ideada por los marineros y, posteriormente, adoptada por los Servicios nacionales de meteorología, para construirla se trazan dos rectas perpendiculares de manera que sus extremos coincidan con los cuatro puntos cardinales del lugar: Norte, Sur, Este y Oeste; posteriormente, cada uno de los cuadrantes se divide en ocho partes iguales, procediéndose a una numeración que responde a una división sexagesimal, que va de 0° a 360° partiendo del Norte y girando en sentido de las agujas del reloj.

El instrumento más conocido y el más utilizado para determinar la dirección del viento es la veleta, que consiste en dos placas metálicas verticales, susceptibles de girar con gran facilidad alrededor de un eje también vertical; la veleta debe estar equilibrada de manera que su centro de gravedad coincida exactamente con el eje de giro, para que no tienda a colocarse por sí misma en una dirección determinada. Cuando la veleta tiene una sola placa vertical, suele experimentar oscilaciones bruscas cuando el viento es fuerte. Para evitar esto, se suele construir las veletas con dos placas verticales que estén perfectamente equilibradas y que formen un ángulo muy agudo; en este caso la dirección del viento viene dada por la bisectriz de dicho ángulo. Por último, a falta de veleta convenientemente montada, puede utilizarse una cinta ligera y flexible, atada al extremo de un mástil delgado, vertical y alto, para observar la dirección del viento.

Las veletas se instalan en la parte más elevada de los edificios o junto al suelo, pero, en este caso, en terreno completamente abierto y alejado de todo aquello que pueda influir en la dirección del viento, como construcciones, masas arbóreas, etc.

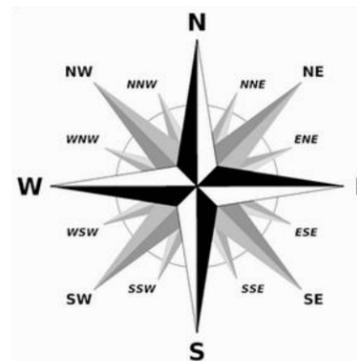


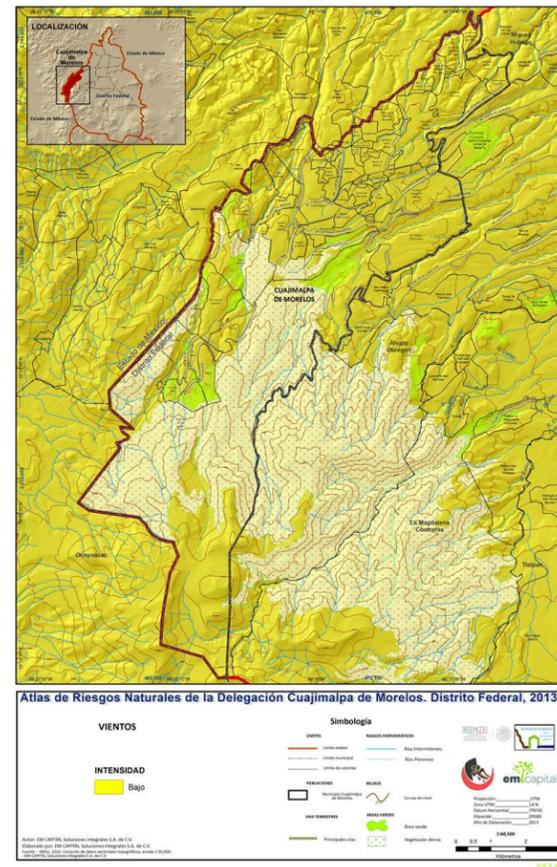
Figura 5.2.12.1.- Rosa de los vientos.

*Descripción de la Velocidad del Viento*

El instrumento más antiguo para conocer la dirección de los vientos es la veleta que, con la ayuda de la rosa de los vientos, define la procedencia de los vientos, es decir, la dirección desde donde soplan. La manga de viento utilizada en los aeropuertos suele ser bastante grande y visible para poder ser observada desde los aviones tanto en el despegue como, en especial, en el aterrizaje.

La velocidad, esto es la rapidez y dirección de los vientos se mide con el anemómetro, que suele registrar dicha dirección y rapidez a lo largo del tiempo. La intensidad del viento se ordena según su rapidez utilizando la escala de Beaufort. Esta escala se divide en varios tramos según sus efectos y/o daños causados, desde el aire en calma hasta los huracanes de categoría 5 y los tornados.

El record de mayor rapidez del viento en la superficie terrestre lo tiene el Monte Washington en New Hampshire (Estados Unidos), con 231 millas por hora, es decir, 372 km/h, registrado en la tarde del 12 de abril de 1934. La causa de esta rapidez tan grande del viento está en la configuración local del relieve, que forma una especie de ensilladura de norte a sur que fuerza al viento del oeste a concentrarse en el paso como si fuera un embudo. Es importante señalar que esta enorme rapidez sólo se alcanza en una especie de tobera poco extendida, siendo mucho menor a una corta distancia de este punto. Todas las cordilleras del planeta tienen puntos similares, donde los vientos soplan con fuerza por la existencia de abras, pasos, collados o ensilladuras donde se concentra y acelera el paso del viento. En Venezuela, la carretera trasandina pasa una ensilladura de este tipo entre la cuenca del río Mocotíes y la depresión del Táchira y que tiene el nombre muy apropiado de Páramo Zumbador por la fuerza del viento.



## CAPÍTULO VI. Anexo

### 6.1. Glosario de Términos

**AFLUENTE.-** Corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

**AGENTE AFECTABLE.-** Sistema compuesto por el hombre y su entorno físico, sobre el cual pueden obrar los efectos destructivos de un agente perturbador.

**AGENTE PERTURBADOR.-** Todo fenómeno de orden natural o humano que ponga en peligro la vida, bienes y el entorno social y ecológico.

**AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN GEOLÓGICO.-** Las calamidades que tienen como causa las acciones y movimientos violentos de la corteza terrestre. A esta categoría pertenecen los sismos o terremotos, las erupciones volcánicas, los tsunamis o maremotos, la inestabilidad de suelos y de laderas.

**AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN HIDROMETEOROLÓGICO.-** Se originan por la acción violenta de agentes atmosféricos y comprenden: huracanes, inundaciones, nevadas, granizadas, sequías, lluvias torrenciales, temperaturas extremas, tormentas eléctricas, tormentas tropicales, mareas por tempestad e inversiones térmicas.

**AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN QUÍMICO.-** Calamidad que se genera por la acción violenta de diferentes sustancias derivadas de su interacción molecular o nuclear. Comprende fenómenos destructivos tales como: incendios de todo tipo, explosiones, fugas tóxicas y radiaciones.

**AGENTE PERTURBADOR DE ORIGEN SOCIO-ORGANIZATIVO.-** Calamidad generada por motivo de errores humanos o por acciones premeditadas, que se dan en el marco de grandes concentraciones o movimientos masivos de población.

**AGUAS NEGRAS.-** Aguas residuales que provienen de las casas habitación y que no han sido utilizadas con fines industriales, comerciales, agrícolas o pecuarios.

**AGUAS RESIDUALES.-** Líquido de composición variada proveniente del uso municipal, industrial, comercial, agrícola, pecuario o de cualquier otra índole, ya sea pública o privada, y que por tal motivo haya sufrido degradación en su calidad original.

**ALBERGUE.-** Lugar físico destinado a prestar asilo, amparo, alojamiento y resguardo a personas ante la amenaza, inminencia u ocurrencia de un fenómeno destructivo. Generalmente es proporcionado en la etapa de auxilio. Los edificios y espacios públicos, son comúnmente utilizados con la finalidad de ofrecer los servicios de albergue en casos de desastre.

**ÁREA DE AFECTACIÓN.-** Es el área geográfica estimada que puede ser afectada por la liberación de una sustancia peligrosa en niveles que pueden causar daños agudos a la salud o la muerte de las poblaciones humanas por efectos de una liberación accidental.

**ÁREA HIDRÁULICA.-** Superficie ocupada por un líquido en una sección transversal normal a la dirección del flujo.

**ÁREA NATURAL PROTEGIDA.-** Zona del territorio en la que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, dentro de cuyo perímetro el ambiente original no ha sido significativamente alterado por la actividad del hombre y ha quedado sujeta al régimen de protección que establece la ley.

**ASENTAMIENTO HUMANO IRREGULAR.-** Son los núcleos poblacionales ubicados en áreas o predios fraccionados o subdivididos sin la autorización correspondiente, cualesquiera que sea su régimen de tenencia de la tierra.

**ATLAS DE PELIGROS Y RIESGOS.-** Es la colección de mapas a escala, integrados en un Sistema de Información Geográfica, que agrupa características tales como topografía, uso de suelo, hidrología, vías de comunicación, equipamiento y más información de un país, un estado, un municipio o una localidad en el que se encuentran sobrepuestas zonas, puntos, áreas o regiones que indican la presencia de un peligro o riesgo potencial y que amenaza a una población, sus bienes, servicios estratégicos y entorno, el cual es una herramienta indispensable para las actividades de Protección Civil.

**AZOLVE.-** Lodo o basura (sedimentos) que obstruyen un conducto de agua. El azolve puede provocar taponamientos.

**BLEVE.-** Accidente mayor en el que se presenta una Bola de Fuego producto del estallido súbito y total de un recipiente que contiene una sustancia a presión, cuando el material de la pared de éste pierde su resistencia mecánica. Dos ejemplos de sustancias químicas que se han visto involucradas en muchos accidentes de este tipo son: el Butano y Propano.

**BORDO.-** Obra hecha de tierra que sirve como represa para retener el agua de algún arroyo o riachuelo, o para

**CAUDAL.-** Cantidad de agua que transporta un río en un tiempo determinado. Se mide en metros cúbicos por segundo. También se le conoce con el nombre de gasto.

**CENIZA.-** Son aquellos productos piroclásticos menores a 2 mm.

**CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.-** Situación caracterizada por la presencia en el medio ambiente de uno o más elementos nocivos, en tal forma combinados que, atendiendo a sus características y duración, en mayor o menor medida causan un desequilibrio ecológico y dañan la salud y el bienestar del hombre, perjudicando también la flora, la fauna y los materiales expuestos a sus efectos.

**CORRIENTE PERENNE.-** Tipo de río que fluye durante todo el año, su corriente es sostenida por el flujo base.

**CUENCA HIDROLÓGICA.-** Superficie regada por un río y sus afluentes (ríos o arroyos más pequeños que lo alimentan), se encuentra delimitada por un parte aguas. Es una subdivisión de una región hidrológica.

**CUENCA.-** Territorio que se encuentra rodeado de montañas y por el cual corre un gran río con afluentes (ríos más pequeños o arroyos que lo alimentan), o existe un lago donde éste desemboca. En una cuenca pueden existir obras para aprovechar el agua, como las presas.

**CUERPO DE AGUA.-** Masa o extensión de agua que cubre parte del planeta, puede ser natural como un lago, mar u océano; o artificial como los estanques.

**DAMNIFICADO.-** Persona afectada por un desastre, que ha sufrido daño o perjuicio en sus bienes, en cuyo caso generalmente ha quedado ella y su familia sin alojamiento o vivienda, en forma total o parcial, permanente o temporalmente, por lo que recibe de la comunidad y de sus autoridades, refugio temporal y ayuda alimenticia temporales, hasta el momento en que se alcanza el restablecimiento de las condiciones normales del medio y la rehabilitación de la zona alterada por el desastre.

**DAÑO.-** Menoscabo o deterioro inferido a elementos físicos de la persona o del medio ambiente, como consecuencia del impacto de una calamidad o agente perturbador sobre el sistema afectable (población y entorno). Existen diferentes tipos de daños: humanos (muertos y lesionados), materiales (leves, parciales y totales), productivos (internos y externos al sistema), ecológicos (flora, fauna, agua, aire y suelo) y sociales (a la seguridad, a la subsistencia y a la confianza).

**DENSIDAD POBLACIONAL.-** Es la relación de la población con respecto a la superficie que ocupa. Se mide en habitantes por kilómetro cuadrado.

**DERRAME DE HIDROCARBUROS.-** Descarga accidental de hidrocarburos al mar, bahías y terrenos. Los métodos de control de estos derrames incluyen la dispersión química, la combustión, la contención mecánica, la absorción y otros.

**DESBORDAMIENTO.-** Evento que se presenta cuando la precipitación provoca un aumento en el flujo de agua de un río o arroyo, lo que ocasiona que éste supere la capacidad máxima de captación (área hidráulica). El desbordamiento puede provocar una inundación fluvial.

**EMERGENCIA.-** Situación o condición anormal que puede causar un daño a la sociedad y propiciar un riesgo excesivo para la salud y la seguridad del público en general. Conlleva la aplicación de medidas de prevención, protección y control sobre los efectos de una calamidad.

**ENCHARCAMIENTO.-** Acumulación de agua provocada por lluvias intensas sobre áreas planas y por deficiencias de drenaje superficial, que ocasionan que el agua se estanque.

**EPICENTRO.-** Punto en la superficie de la Tierra resultado de proyectar sobre ésta el hipocentro de un terremoto. Se encuentran usualmente en un mapa, señalando el lugar justo sobre el origen del movimiento sísmico.

**EROSIÓN.-** Fenómeno que disgrega, desgasta y modifica las estructuras superficiales, modificando el relieve de la corteza terrestre, debido a factores de tipo climático como el viento, la lluvia y oleaje marino.

**EROSIÓN ANTROPOGÉNICA.-** Es el desgaste y modificación de las estructuras superficiales o relieve de la corteza terrestre por la mala actuación del hombre. Una carga excesiva de ganado en una parcela, una mala gestión del suelo y actuación sobre el mismo, con actividades como el excesivo tránsito de maquinaria penetrante en el terreno y la eliminación de residuos vegetales de cosechas anteriores; la urbanización, explotación forestal, instalación de industrias y la construcción de carreteras, han ocasionado la pérdida de protección proporcionada por la vegetación, acelerando la erosión de los suelos.

**EROSIÓN CONCENTRADA A CAUCES Y CAÑADAS.-** Áreas cuya remoción de partículas de suelo ha permitido la formación de densas redes de drenaje de unos cuantos a varias decenas de metros de profundidad. En función del tipo de roca, agresividad de la lluvia y efectos tectónicos a través del tiempo geológico, la erosión ha dado origen a cauces con diversa profundidad, misma que en algunos lugares, se asocia a factores estructurales de rompimiento o dislocación que favorecen la erosión vertical.

**EROSIÓN EÓLICA.-** Desgaste de los suelos producido por el viento en zonas con poca o nula vegetación. Se presenta con mayor frecuencia en zonas desérticas o zonas relativamente secas con terrenos arenosos.

**ESCURRIMIENTO.-** Parte de la precipitación que se presenta en forma de corrientes de agua que pueden ser de tipo fluvial, superficial, perenne e intermitente o efímera, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interiores.

**ESTACIÓN CLIMATOLÓGICA.-** Instalación que dispone de un conjunto de instrumentos de medición para tomar registros de temperatura, humedad del viento y precipitación en las cuencas hidrológicas, con el fin de realizar estudios climáticos.

**ESTACIÓN DE CARBURACIÓN.-** Es un sistema fijo y permanente para almacenar y suministrar Gas L.P. exclusivamente a los recipientes instalados en vehículos que lo utilicen como combustible.

**ESTACIÓN DE SERVICIO.-** Es la instalación dedicada a la venta al público al por menor de combustibles líquidos tales como la gasolina y el diesel a granel por medio de surtidores. La estación de servicios es mejor conocida como gasolinera.

**FENÓMENOS HIDROMETEOROLÓGICOS.-** Fenómenos formados por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas que caen a través de la atmósfera, siguiendo los procesos de la climatología y del ciclo hidrológico. Entre los principales fenómenos hidrometeorológicos se encuentran la lluvia, llovizna, nieve, granizo, niebla, neblina, rocío, escarcha, chubasco y tromba.

**FIESTA PATRONAL.-** Festejo que se celebra en honor del santo patrono que, según la creencia, protege una colectividad como un pueblo, congregación religiosa o un gremio. En los pueblos los festejos pueden durar varios días.

**FOCO (O HIPOCENTRO).-** Punto de origen del sismo, en el interior de la Tierra. Lugar donde empieza la ruptura que se extiende formando un plano de falla.

**FOSAS SÉPTICAS.-** Son unidades de tratamiento primario de las aguas negras domésticas; en ellas se realiza la separación y transformación físico-química de la materia sólida contenida en esas aguas. Se trata de una forma sencilla y barata de tratar las aguas negras se utilizan principalmente en zonas rurales o parajes aislados.

**FREÁTICO/A.-** Se dice de la parte del subsuelo saturada de agua.

**GRANIZO.-** Tipo de precipitación de agua congelada que se presenta en granos combinados de hielo y nieve, con forma esférica; por lo general su tamaño no excede los 2 cm y en algunos casos pueden alcanzar un diámetro de hasta 13 cm. El granizo sólo se produce al comienzo de algunas tormentas y cuando la temperatura del suelo es bastante inferior a la de congelación.

**GRIETA.-** Fractura del terreno sin desplazamiento relativo de las partes separadas.

**HELADAS.-** Fenómeno climático que consiste en un descenso inesperado de la temperatura ambiente a niveles inferiores al punto de congelación del agua y hace que el agua existente en el aire se congele depositándose en forma de hielo, esto producido por una masa de aire polar con una humedad relativa mayor al 60% y con viento poco intenso. A menor temperatura, mayor intensidad de la helada.

**HIDROCARBURO.-** Cada uno de los compuestos químicos resultantes de la combinación del carbono con el hidrógeno; sustancia combustible fósil que se encuentra en yacimientos subterráneos. Este término se refiere básicamente, al petróleo en todas sus manifestaciones, incluidos los crudos de petróleo, fuel-oil, los fangos, los residuos petrolíferos y los productos de refinación.

**HUNDIMIENTO.-** Movimiento en la superficie terrestre que se caracteriza por ser de componente vertical. Se diferencian generalmente entre hundimientos (movimientos repentinos) y subsidencias (movimientos lentos). Se pueden presentar hundimientos y colapsos del terreno debido a la actividad minera subterránea, por ejemplo tras el abandono de galerías subterráneas.

**INCENDIO.-** Fuego no controlado de grandes proporciones, que puede presentarse en forma súbita, gradual o instantánea, al que le siguen daños materiales que pueden interrumpir el proceso de producción, ocasionar lesiones o pérdida de vidas humanas y deterioro ambiental. En la mayoría de los casos el factor humano participa como elemento causal de los incendios.

**INCENDIO FORESTAL.-** Siniestro de propagación libre y no programada del fuego sobre áreas cubiertas de vegetación como árboles, pastizales, malezas, matorrales, bosques, selvas y en general, cualquiera de los tipos de asociaciones vegetales, cuando se dan las condiciones propicias para que accionen los elementos que ocurren en todo incendio, tales como suficiente material combustible y una fuente de calor para iniciar el fenómeno.

**ÍNDICES SOCIALES.-** Diferentes indicadores usados para la determinación de la situación socioeconómica de una población. Ejemplos, tasas de mortalidad infantil, áreas verdes por habitante, densidad de tráfico vehicular y tasa de alfabetización.

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

**INUNDACIÓN.-** Fenómeno hidrometeorológico generado por el desbordamiento del flujo de una corriente debido a la lluvia excesiva o problemas con el sistema de drenaje, provocando que el agua sobrepase las condiciones que le son normales y alcance niveles extraordinarios que no pueden ser controlados en los vasos naturales o artificiales que la contienen o puedan retenerla, como presas, canales, ríos, lagos y estanques; lo cual deriva en daños en zonas urbanas, tierras productivas, en valles y sitios planos.

**ISOTERMAS.-** Isolíneas que representan la cantidad de calor, uniendo puntos referenciados de igual temperatura media anual.

ISOYETAS O ISOHIETAS.- Isolíneas trazadas en un mapa que une los puntos referenciados de igual cantidad de precipitación acumulada.

LAHAR.- Coladas de barro, originadas en las pendientes de los volcanes, cuando capas inestables de ceniza se saturan de agua y fluyen pendiente abajo siguiendo el curso de los ríos y arroyos.

LAPILLI.- Roca piroclástica constituida por pequeños fragmentos de lava sueltos, en general menores de 3 cm.

LAVA.- Es el magma, líquido o sólido, que ha sido arrojado a la superficie.

LITOSFERA.- Cubierta rígida de la Tierra. Está constituida por la corteza y la parte superior del manto; su espesor promedio no excede 100 km. Se encuentra dividida en grandes porciones móviles llamadas placas tectónicas.

MAGMA.- Material fundido generado en el interior de la tierra por fusión de materiales a temperatura superior a 600° C. Su enfriamiento y consolidación da origen a las rocas magmáticas.

MAGNITUD DE UN SISMO.- Valor relacionado con la cantidad de energía liberada por el sismo. Para determinar la magnitud se utilizan, necesariamente uno o varios registros de sismógrafos y una escala estrictamente cuantitativa, sin límites superior ni inferior. Una de las escalas más conocidas es la de Richter, aunque en la actualidad frecuentemente se utilizan otras como la de ondas superficiales (Ms) o de momento sísmico (Mw).

MARGINACIÓN.- Es un fenómeno estructural que se expresa por un lado en la dificultad para propagar el progreso técnico en el conjunto de la estructura productiva y de las regiones del país y por otro lado en la exclusión de grupos sociales del proceso de desarrollo y del disfrute de sus beneficios.

METEORO.- Fenómeno que ocurre dentro de la zona inferior de la atmósfera y de acuerdo a la naturaleza de las partículas que lo constituyen o a los procesos físicos que intervienen en su formación, pueden clasificarse en líquidos, sólidos, ígneos, eléctricos, magnéticos y luminosos.

MICROCUCENCA.- Espacio territorial delimitado de manera natural por las partes más altas (divisoras de agua), y en donde los escurrimientos de agua superficiales y subterráneos van a un punto en común, un río, riachuelo, quebrada, ojo de agua o arroyo. Una microcuenca tiene tres elementos comunes: un desaguadero común, la divisora de agua (parte más alta que separa una microcuenca de otra) y el área de recarga acuífera, que es la zona donde interviene la gente que habita en la microcuenca y la naturaleza del lugar, agua, suelo, aire, flora, fauna y biodiversidad.

MITIGACIÓN.- Acción orientada a disminuir la intensidad de los efectos que produce el impacto de las calamidades en la sociedad y en el medio ambiente, es decir, todo aquello que aminora la magnitud de un desastre en el sistema afectable (población y entorno).

PELIGRO.- En un sentido convencional se refiere a un fenómeno físico (proceso o situación) con el potencial de causar un daño. En un sentido más técnico, el peligro se define como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente destructivo, dentro de un lapso determinado y en una cierta área. Esta probabilidad varía de acuerdo con la magnitud del evento.

PRECIPITACIÓN.- Cualquier hidrometeoro (deposición de agua) que cae del cielo y llega a la superficie terrestre, esto incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra, granizo. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad o pluvial. Es una parte importante del ciclo de vida hidrológico y es responsable del depósito de agua fresca en el planeta.

PREVENCION.- Uno de los objetivos básicos de la Protección Civil, se traduce en un conjunto de disposiciones y medidas anticipadas cuya finalidad estriba en impedir o disminuir los efectos que se producen con motivo de la ocurrencia de calamidades. Esto, entre otras acciones, se realiza a través del monitoreo y vigilancia de los agentes perturbadores y de la identificación de las zonas vulnerables del sistema afectable (población y entorno), con la idea de prever los posibles riesgos o consecuencias para establecer mecanismos y realizar acciones que permitan evitar o mitigar los efectos destructivos.

PROTECCION CIVIL.- Acción solidaria y participativa de los diversos sectores que integran la sociedad, junto y bajo la dirección de la administración pública, en busca de la seguridad y salvaguarda de amplios núcleos de población, en donde éstos son destinatarios y actores principales de esa acción, ante la ocurrencia de un desastre.

REGIÓN HIDROLÓGICA.- Porción de territorio que agrupa varias cuencas hidrológicas con niveles de escurrimiento superficial muy similar.

RESIDUOS PELIGROSOS.- Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o para el ambiente.

RIESGO.- Se refiere al número esperado de pérdidas humanas, de personas afectadas, de propiedades dañadas, a la interrupción de actividades económicas y de servicios, debido a un fenómeno natural en particular. Esta definición involucra tres aspectos relacionados por la siguiente fórmula: Riesgo = Vulnerabilidad x Valor x Peligro. En esta relación, el valor se refiere al número de vidas humanas amenazadas o en general a cualesquiera de los elementos económicos (capital, inversión, capacidad productiva, etcétera), expuestos a un evento destructivo.

**SEQUÍA.-** Condición transitoria del medio ambiente en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de los requerimientos de un área geográfica dada, resultando insuficiente para abastecer las necesidades de plantas, animales y humanos. Esto se debe a una desestabilización extrema en el ciclo hidrológico, con un lapso prolongado de escasa o nula precipitación pluvial.

**SIMULACRO.-** Representación de las acciones previamente planeadas para enfrentar los efectos de una calamidad, mediante la simulación de un desastre. Implica el montaje de un escenario en terreno específico, diseñado a partir del procesamiento y estudio de datos confiables y de probabilidades con respecto al riesgo y a la vulnerabilidad de los sistemas afectables.

**SISMO.-** Un sismo o temblor es un movimiento vibratorio que se origina en el interior de la Tierra y se propaga por ella en todas direcciones en forma de ondas.

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL.-** Organización jurídicamente establecida mediante el Decreto Presidencial de fecha 6 de mayo de 1986, concebido como un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos que establecen las dependencias y entidades del sector público entre sí, con las organizaciones de los diversos grupos sociales y privados y con las autoridades de los estados y municipios, a fin de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la protección de los ciudadanos contra los peligros y riesgos que se presentan en la eventualidad de un desastre.

**SUBCUENCA.-** Área considerada como una subdivisión de la cuenca hidrológica que presenta características particulares de escurrimiento y extensión. La escorrentía superficial fluye en su totalidad hacia un determinado punto de un curso de agua, generalmente un lago o una confluencia de ríos.

**SUELO.-** Es la capa de la corteza terrestre formada por material meteorizado en el mismo lugar donde actualmente se halla, mezclado con materia orgánica muy superficial.

**SUSTANCIAS TÓXICAS.-** Aquéllas que al penetrar en un organismo vivo producen alteraciones físicas, químicas o biológicas, dañan la salud de manera inmediata, mediata, temporal o permanente, o incluso, llegan a ocasionar la muerte.

**TEMPERATURA MÁXIMA.-** Temperatura más alta alcanzada en un periodo de tiempo dado.

**TEMPERATURA MEDIA.-** Promedio de las medias de temperatura máximas y mínimas registradas en un mes o promedio de los promedios mensuales, registradas en un periodo determinado.

**TEMPERATURA MÍNIMA.-** Temperatura más baja alcanzada en un lapso cronológico dado.

**TIRANTE.-** Es la profundidad máxima del agua en un canal o en un cauce.

**VOLCÁN.-** Es el lugar donde la roca ígnea, fundida o fragmentada por el calor y gases calientes, emerge a través de una abertura desde las partes internas de la tierra a la superficie.

**VULNERABILIDAD.-** Significa el grado de pérdida o daño que puede sufrir un elemento o elementos en riesgo, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural con cierta magnitud destructiva. Puede ser expresado en una escala del 0 (sin daño) al 1 (pérdida total).

**ZONIFICACIÓN.-** División del territorio en unidades homogéneas de acuerdo con su rango de susceptibilidad, peligro o riesgo por algún fenómeno potencialmente destructivo.

## 6.2. Bibliografía

- Aceves-Quesada F., López-Blanco J. y Martín del Pozzo A.L., 2006. Determinación de peligros volcánicos aplicando técnicas de evaluación multicriterio y SIG en el área del Nevado de Toluca, centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, v. 23, núm. 2, 2006, p. 113-124.
- Aguirre-Díaz G.J., and Carrasco-Hernández J., 1999. Erupciones asociadas a colapsos sectoriales dirigidos en el sector septentrional de la Sierra de las Cruces norte: Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana 1999, *Geos*, v. 19, p. 319.
- Aguirre-Díaz, G., López-Martínez, M., Rendón-Marquéz, G., 2006, La Caldera de La Catedral, Sierra de Las Cruces, una caldera al norponiente de la Ciudad de México (resumen), en Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana, Puerto Vallarta, Jal.: *Geos*, 26, p.215.
- Alaniz-Álvarez S., Nieto-Samaniego A.F., Ferrari L., 1998. Effects of strain rate in the distribution of monogenetic and polygenetic volcanism in the Trans-Mexican Volcanic Belt: *Geology*, 26, 591-594.
- Alcántara-Ayala, I., 2000, Landslides: ¿deslizamientos o movimientos del terreno? Definición, clasificaciones y terminología, *Investigaciones geográficas*, Instituto de Geografía, UNAM, Boletín num. 41, p. 7-25.
- Alcántara-Ayala, I., 2002, Geomorphology, natural hazards, vulnerability and prevention of natural disasters in developing countries, *Geomorphology*, num. 47, p. 107-124.
- Alcocer S., Aguilar G., Flores L., Bitrán D., Durán R., López O., Pacheco M., Reyes C., Uribe C., Mendoza M., 1999. El sismo de Tehuacán del 15 de julio de 1999. *Informes Técnicos*. CENAPRED, 185 pp.
- Blatter, D.L., Carmichael, I.S.E., 1998, Hornblende peridotite xenoliths from Central Mexico reveal the highly oxidized nature of subarc upper mantle: *Geology*, 26, 1035-1038.
- Bloomfield K. and Valastro S., 1977. Late Quaternary tephrochronology of Nevado de Toluca, Central Mexico. *Institute of Geological Sciences, Overseas Geology and Mineral Resources*, 46, 15.
- Bloomfield K., Sánchez-Rubio G., Wilson L., 1977. Plinian eruptions of Nevado de Toluca volcano: *Geologische Rundschau*, 66, 120-146.
- Boudal C., Robin C., 1989. Volcan Popocatepetl: recent eruptive history, and potential hazards and risks in future eruptions, en Latter, J.H. (ed.), *Volcanic Hazards, IAVCEI Proceedings in Volcanology*: Berlin, Springer Verlag, 1, 110-128.
- Cantagrel J.M., Robin C.E., and Vincent P., 1981. Les grandes étapes d'un Volcan Andésitique Composite: Example du Nevado de Toluca (Mexique). *Bulletin of Volcanology*, 44, 177-186.
- Capra, L., Poblete, M.A., Alvarado, R., 2004. The 1997 and 2001 lahars of Popocatepetl volcano (Central Mexico): textural and sedimentological constrains on their origin and hazards. *J. Volc. Geother. Res.*, Vol.131, Núm 3-4, 351-369 p.
- Cárdenas-Soto M. y Reyes T., 2008. Sismicidad y efectos de sitio en la delegación Álvaro Obregón. *Memorias Técnicas del Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sísmica*.
- Centro Nacional de Prevención de desastres (CENAPRED), 2001. Diagnóstico de Peligros e Identificación de Riesgos de Desastres en México. Secretaría de Gobernación. ISBN: 970-628-593-8, 225 pp.
- Cervantes de la Cruz K.E., 2001, La Pómez Blanca Intermedia; depósito producido por una erupción pliniana-subpliniana del Volcán Nevado de Toluca hace 12,100 años: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de maestría, 86 p.
- CFE, Comisión Federal de Electricidad, 2008. Manual de Diseño de Obras Civiles. Diseño por Sismo. México. 745 pp.
- CONANP, 2013. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2013. Consultada en [www.conanp.gob.mx](http://www.conanp.gob.mx) el 25 de noviembre de 2013.
- Cruden, D. M., Varnes, D. J., 1996, Landslides types and processes, Chapter 3 in *Landslides Investigation and mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, Special report num. 247.
- Dai, F. C., Lee, C. F., 2002, Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong, *Geomorphology*, num. 42, p. 213-228.
- De la Cruz-Reyna, S., Quezada, J.L., Peña, C., Zepeda, O. y Sánchez, T., 1995. Historia de la actividad reciente del Popocatepetl (1354-1995). *Volcán Popocatepetl: Estudios realizados durante la Crisis de 1994-1995*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. 3-22 p.
- Demant, A., 1978, Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Instituto de Geología, UNAM, v. 2, num. 2, p. 172-187.

- Díaz-Rodríguez J., 2006. Los suelos lacustres de la Ciudad de México. *Revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil*, Vol. 6, Núm. 2; 111-129 p.
- Dikau, R., Brunsten, D., Schorrt, L., Ibsen, M. A., 1996, *Landslide recognition*, John Wiley and Sons, 250 p.
- Engdahl R. E., 1988. *Seismicity map of North America, Continent-Scale Map-004*: Geological Society of America, Boulder, Colorado, Scale 1:5,000,000.
- EPOCH, European Commission Environment Programme, 1996, *Landslide recognition: Identification, movement and courses*, John Wiley and Sons.
- Farreras, S., 2005. *Tsunamis. Serie Fascículos. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB*, 39 p.
- Fell, R., 1994, *Landslide risk assesment and acceptable risk*, *Canadian Geotechnical Journal*, num. 31, p. 261-272.
- Fink, J. H., Anderson, S. W., 2000, *Lava domes and coulees*, Sigurdsson, H. (eds.), *Encyclopaedia of volcanoes*, San Diego, U. S., Academia Press, p. 307-319.
- Foumelis, M., Lekkas, E., Parcharidis, I., 2004, *Landslide susceptibility mapping by GIS-based qualitative weighting procedura in Corinth area*, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, v. XXXVI, p. 904-912.
- Fries C., 1960, *Geología del Estado de Morelos y de partes adyacentes de México y Guerrero. Región central meridional de México*: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín, 60, 236.
- García-Palomo A., Macías J.L., Arce J.L., Capra L., Garduño V.H., Espíndola J.M., 2002. *Geology of Nevado de Toluca Volcano and surrounding areas, central Mexico*. Geological Society of America Map and Chart Series MCH089.
- García-Palomo, A., 2002, *Vulcanismo y Geología Estructural de la Región de Apan Estado de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y México*: México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, tesis doctoral, 181 p.
- García-Palomo A., Macías J.L., Arce J.L., Espíndola J.M., 1996. *Marco Geológico Estructural de la Región del Nevado de Toluca, Edo. de Mexico*. *Actas INAGEQ*, 2, 115-120.
- García-Palomo, A., Zamorano, J. J., López-Miguel, C., Carlos-Valerio, V., Ortega, R., Macías, J. L., 2008, *El arreglo morfoestructural de la sierra de Las Cruces, México central*, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, Instituto de Geología, UNAM, v. 25, num. 1, p. 158-178.
- García-Palomo, Macías J.L. y Garduño V.H., 2000. *Miocene to Recent structural evolution of the Nevado de Toluca volcano region, Central Mexico*. *Tectonophysics* 318, 281-302.
- Gaziev, E., 2003, *Análisis de la estabilidad de taludes rocosos*, *Series del Instituto de Ingeniería, Serie docencia, SD/43*.
- Giani, G. P., 1992, *Rock slope stability analysis*, Editorial Balkema, Rotterdam.
- González, L., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., 2002, *Ingeniería Geológica*, Prentice Hall, Pearson Education, Madrid, 715 p.
- Gómez, H., Kavzoglu, T., 2005, *Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela*, *Engineering Geology*, num. 78, p. 11-27.
- Gunn, B.M., Mooser, F., 1970, *Geochemistry of the volcanics of Central Mexico*: *Bulletin of Volcanology*, 34, 577-616.
- Gutiérrez C., Ramírez A. y Reyes A.B., 2006. *Integración de información para la estimación del peligro sísmico*, en *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 13-121.
- Herrera, S., 2002, *Regionalización de los deslizamientos en México*, *Academia Mexicana de Ingeniería*, México, 12 p.
- Hoek, E., Bray, J. W., 1996, *Rock Slope Engineering*, Institution of Mining and Metallurgy, 3er edition, 358 p.
- Hutchinson, J. N., 1988, *General Report: Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*, *Proceedings of the Fifth International Symposium on Landslides*, v. I, edited for Christophe Bonnard, p. 3-35.
- Langridge R.M., Weldon R.J., Moya J.C. and Suarez G. 2000. *Paleoseismology of the 1912 Acambay earthquake and the Acambay-Tixmadeje fault, Trans-Mexican Volcanic Belt*. *Journal of geophysical research. Solid earth*, 105(B2): 3019-3037.

- Ledezma-Guerrero, O., 1987, Hoja Calpulalpan 14Q-h (3) con Resumen de la Geología de la Hoja Calpulalpan, Edos de México, Puebla, Tlaxcala e Hidalgo: México D.F., Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Carta Geológica de México, serie 1:100,000, 1 mapa con texto.
- Lee, S., Chwae, U., Min, K., 2002, Landslide susceptibility by correlation between topography and geological structure: the Janghung area, Korea, *Geomorphology*, num. 46, p. 149-162.
- Leroueil, S., Locat, J., Seve, G., Picarrelli, L., Faure, M. R., 2001, Slopes and mass movements, *Geotechnical and geoenvironmental engineering handbook*, edited for R. Kerry Rowe, Kluwer Academic Publishers.
- Lugo Hubp, J., 1989, *Diccionario geomorfológico*, Instituto de Geografía, UNAM, 337 p.
- Macías J.L., 2005. Geología e historia eruptiva de algunos de los grandes volcanes activos de México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana Volumen Conmemorativo del Centenario Temas Selectos de la Geología Mexicana Tomo LVII*, núm. 3, 379-424.
- Macías J.L., Carrasco G., Delgado H., Martin A., Grabach C., Hoblitt R., Sheridan M., y Tilling R., 1997(b). Mapa de Peligros del Volcán Popocatepetl. Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Macías J.L., García A., Arce J.L., Siebe C., Espíndola J.M., Komorowski J. C., Scott K., 1997(a). Late Pleistocene-Holocene cataclysmic eruptions at Nevado de Toluca and Jocotitlan volcanoes, central Mexico: *Brigham Young University, Geology Studies*, 42(I), 493-528.
- Macías V. R., 2006, *Avalancha de escombros del volcán Zempoala: Taxco, Guerrero*, Universidad Autónoma de Guerrero, Unidad Académica de Ciencias de la Tierra, tesis de licenciatura, 95p.
- Márquez A., Verma S.P., Anguita F., Oyarzun R. & Brandle J.L., 1999. Tectonics and volcanism of Sierra Chichinautzin: extension at the front of the Central Trans-Mexican Volcanic belt. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 93, 125-150 p.
- Marsal, R. J. y Mazari, M., 1959. *El subsuelo de la Ciudad de México*. Instituto de Ingeniería. U.N.A.M. I y II: 505 p. México.
- Martín del Pozzo A.L. 1982. Monogenetic volcanism in Sierra Chichinautzin, Mexico. *Bulletin Volcanologique* 45, 9-24 p.
- Martínez-Bringas A. y Gómez-Vázquez A., 2006. Evaluación de Peligros por Cenizas Volcánicas, en *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 165-185.
- Martínez-Bringas A., Gómez-Vázquez A. y De la Cruz S., 2006. Elaboración de Mapas de Peligros Volcánicos, en *Guía Básica para la elaboración de Atlas Estatales y Municipales de Peligros y Riesgos. Fenómenos Geológicos*. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB, 123-164.
- Mejía V., Böhnel H., Opdyke N.D., Ortega-Rivera M.A., Lee J.K.W., Aranda-Gómez J. J., 2005. Paleosecular variation and time-averaged field recorded in late Pliocene-Holocene lava flows from Mexico: *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 6, 1-19.
- Menéndez, D. R., Marquín, J., 2002, The influence of environmental and lithologic factors on rockfall at a regional scale: an evaluation using GIS, *Geomorphology*, num. 43, p. 117-136.
- Montalvo-Arrieta J. C., Reinoso-Angulo E., Sánchez-Sesma F. J., 2003. Observations of strong ground motion at hill sites in Mexico City from recent earthquakes. *Geofísica Internacional*, Vol. 42, Num.2, 205-217.
- Montalvo-Arrieta J. C., 2002. *La respuesta sísmica del terreno firme en la Ciudad de México observaciones y modelos*. Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de doctorado.
- Mooser F., Meyer-Abich H., McBirney A. R., 1958. Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatare fields. Part VI Central America: *Napoli International Volcanology Association*, 1-36.
- Mooser F., Tamez E., Santoyo E., Holguín . y Gutiérrez, C. E., 1986. Características geológicas y geotécnicas del valle de México”, D.F., depto. Distrito federal, Comisión de vialidad y Transporte Urbano, 32 p.
- Mooser, F., Nairn, A. E. M., and Negendank, J. F. W., 1974. Palaeomagnetic investigations of the Tertiary and Quaternary igneous rocks: VIII A palaeomagnetic and petrologic study of volcanics of the Valley of Mexico. *Geologischen Rundschau* 63, pp 451-483.
- Mora-Alvarez G., Caballero C., Urrutia-Fucugauchi J., Uchiumi S., 1991. Southward migration of volcanic activity in the Sierra de las Cruces, basin of México? A preliminary K-Ar dating and paleomagnetic study. *Geofísica Internacional* 30, 61-70.
- Moreiras, S. M., 2005, Landslide susceptibility zonation in the Rio Mendoza Valley, Argentina, *Geomorphology*, num.66, p. 345-357.

- Muller, L., 1959, The European approach to slope stability problems in open pit mines, Proc. 3rd, Symposium on rock Mechanics, v. 54, num. 3, p. 116-133.
- Newton A.J., Metcalfe S. E., 1999. Tephrochronology of the Toluca Basin, Central Mexico: Quaternary Sciences Reviews, 18,1039-1059.
- Nixon G.T., 1987. Contributions to the geology and petrology of the Trans-Mexican Volcanic Belt. Vancouver, British Columbia, Canada, University of British Columbia, Ph. D. Thesis.
- Osete-López M. L., Ruiz-Martínez V., Caballero C., Galindo M. C., Urrutia-Fucugauchi J. y Tarling, D. H., 2000. Southward migration of continental volcanic activity in the Sierra de Las Cruces, Mexico: palaeomagnetic and radiometric evidence. Tectonophysics, 318, 201-215.
- Pusch, R., 1995, Rock Mechanics on a Geological Base, Editorial Elsevier Science B.V.
- Reinoso E., 2007. Riesgo Sísmico en la Ciudad de México. Academia de Ingeniería, A.C., México. 50 p.
- Reiter L., 1990. Earthquake Hazard Analysis. Columbia University Press, 253 p.
- Rodríguez M., Lermo J., Chávez F. y Castro R., 1984. El Temblor del 7 de febrero de 1984 en Juchitepec, México, Informe Interno del Instituto de Ingeniería, UNAM; Proyecto 4707.
- Romero-Terán E, 2001. Geología del Complejo Volcánico San Miguel al sur-poniente de la Cuenca de México: México D.F. Universidad Nacional Autónoma de México Posgrado en Ciencias de la Tierra, tesis de maestría, 63 p.
- Romero-Teran E., 1998, Geología del Volcán Ajusco [Bachelor's thesis]: México, D.F., Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, 63 p.
- Rosenblueth E., Sánchez-Sesma F.J., Ordaz M. y Singh S.K., 1987. Espectros de diseño en el reglamento para las construcciones del Distrito Federal", VII Congreso Nal. de Ingeniería Sísmica, Querétaro, México, A1-A17.
- Schaaf P., Stimac J., Siebe C., Macías J.L., 2005. Geochemical evidence for mantle origin and crustal processes from products of Popocatepetl and surrounding monogenetic volcanoes: Journal of Petrology, 46, 1243-1282.
- Settle M., 1979. Th estructure and emplacement of ciner cone fields. American Journal of Science, Vol. 279, 1089-1107 p.
- Shapiro N.M., Singh S.K., Almora D., Ayala M. y 2001. Evidence of the dominance of higher-mode surface waves in the lake-bed zone of the Valley of Mexico. Geophys. J. Int., 147, 517-527.
- Siebe C., Macías J.L., 2004. Volcanic hazards in the Mexico City metropolitan area from eruptions at Popocatepetl, Nevado de Toluca, and Jocotitlán stratovolcanoes and monogenetic scoria cones in the Sierra de Chichinautzin Volcanic Field: Geological Society of America, Fieldtrip Books 1, 77p.
- Siebe C., Macías J.L., Abrams M., Rodríguez S., Castro R., 1997. Catastrophic Prehistoric eruptions at Popocatepetl and Quaternary explosive volcanism in the Serdán-Oriental Basin, East-Central México, IAVCEI, General Assembly, 88 p.
- Singh S.K. y Ordaz M., 1990. Sismicidad y movimientos fuertes en México: Una visión actual. Centro Nacional de Prevención de Desastres. SEGOB,34 p.
- Singh S.K., Ordaz M., Pacheco J.F., Quaas R., Alcántara L., Alcocer S., Gutiérrez C., Meli R., Ovando E., et al., 1999. A preliminary report on the Tehuacan, Mexico Earthquake of June 15, 1999 (Mw=7.0). Seismological Research Letters.
- Smyth, C. G., Royle, S. A., 2000, Urban Landslide hazards: incidence and cusative factors in Niteroi, Rio de Janeiro State, Brazil, Applied Geoghaphy, num. 20, p. 95-117.
- Suárez G. y Singh K., 1986. Tectonic interpretation of the TransMexican Volcanic Belt Discussion: Tectonophys, 127, 155-160.
- Suárez-Díaz, J., 1998, Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales, Instituto de Investigaciones sobre Erosión y Deslizamientos, Colombia, 548 p.
- Suter M., O. Quintero, and C. A. Johnson,1992. Active faults and state of stress in the central part of the trans-Mexican volcanic belt. 1. The Venta de Bravo fault, J. Geophys. Res. 97, 11983-11993.
- Suter M., Carrillo-Martfnez M., and Quintero-Legorreta O., 1996. Macro seismic Study of Shallow Earthquakes in the Central and Eastern Parts of the Trans-Mexican Volcanic Belt, Mexico. Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 86, No. 6, 1952-1963.
- Terzaghi, K., 1950, Mechanisms of landslides, The Geological Society of America, Berkey Volume, p. 83-123.

Uitto, J., 1998, The geography of disaster vulnerability in megacities, *Applied Geography*, v. 18, num. 1. p. 7-16.

Van der Pluijm, B. A., Stephen, M., 2004, *Earth structure: and introduction to structural geology and tectonics*, edited for Norton and Company, 2a edition, 656 p.

Velasco-Tapia F., Rodríguez-Saavedra P., Márquez A., Navarro de León I., De Ignacio C., Marroquín Guerra S. G., Quintanilla-Garza J., Rangel-Álvarez O.M., 2013. Mineralogical and geochemical evidence of magma mingling/mixing in the Sierra de las Cruces volcanic range, Mexican Volcanic Belt. *Journal of Iberian Geology* 39 (1), 147-166.

Wieczorek, G. F., 1996, Landslides types and processes, Chapter 4 in *Landslides Investigation and mitigation*, Transportation Research Board, National Research Council, Special report 247.

### 6.3. Reporte de Campo y Obras de Mitigación

ANEXO I: "REPORTE CAMPO MUNICIPIO 09\_004.DOC "

### 6.4. Metadatas.

ANEXO II: "METADATAS MUNICIPIO 09\_004.XLS"

### 6.5. Relación de Colonias-AGEBS.

A fin de facilitar el análisis de los resultados y para tener una referencia clara de la relación de las colonias y las AGEBS (mediante las cuales se analizó la información de vulnerabilidad y riesgo) se presenta la siguiente tabla y el mapa a fin de contar con mayores elementos de interpretación de la información generada.

**Tabla 6.5.1.- Relación de colonias y AGEBS.**

CODIGO POSTAL	CLAVE_AGEB	COLONIA	TIPO	POB_AGEB	VIV_AGEB
05100	090040001002A	Fracc Club De Golf Bosques	Colonia	4727	1256
05100	090040001002A	La Navidad	Colonia	4727	1256
05230	090040001002A	El Ebano	Colonia	4727	1256
05100	0900400010049	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	4089	1244
05100	0900400010049	Res Parque Escondido	Colonia	4089	1244
05100	0900400010049	Vista Hermosa	Colonia	4089	1244
05100	0900400010049	La Navidad	Colonia	4089	1244
05128	0900400010049	Cumbres Reforma	Fraccionamiento	4089	1244
05249	0900400010049	Jardines De La Palma(Huizachito)	Fraccionamiento	4089	1244
05310	0900400010049	La Rosita	Colonia	4089	1244
05310	0900400010049	Roble Viejo	Colonia	4089	1244
05100	0900400010053	Fracc Club De Golf Bosques	Colonia	6692	1996
05100	0900400010053	La Navidad	Colonia	6692	1996
05200	0900400010053	San Jose De Los Cedros 2da Secc	Colonia	6692	1996
05220	0900400010053	Tepetongo	Colonia	6692	1996
05230	0900400010053	El Ebano	Colonia	6692	1996
05260	0900400010053	Jesus Del Monte	Colonia	6692	1996
05200	0900400010072	San Jose De Los Cedros 2da Secc	Colonia	3412	999
05200	0900400010072	San Jose De Los Cedros	Colonia	3412	999
05220	0900400010072	Tepetongo	Colonia	3412	999
05260	0900400010072	Jesus Del Monte	Colonia	3412	999
05000	0900400010091	La Manzanita	Colonia	11430	3205
05000	0900400010091	Cuajimalpa	Colonia	11430	3205

05010	0900400010091	Zentlapatl	Colonia	11430	3205
05020	0900400010091	Lomas Del Padre	Colonia	11430	3205
05780	0900400010091	Agua Bendita	Colonia	11430	3205
05000	0900400010104	Cuajimalpa	Colonia	6314	1985
05000	0900400010104	La Candelaria	Colonia	6314	1985
05100	0900400010104	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	6314	1985
05260	0900400010104	Jesus Del Monte	Colonia	6314	1985
05310	0900400010104	La Campia	Colonia	6314	1985
05310	0900400010104	La Rosita	Colonia	6314	1985
05310	0900400010104	Roble Viejo	Colonia	6314	1985
05310	0900400010104	El Molinito	Colonia	6314	1985
05310	0900400010104	El Yaqui	Colonia	6314	1985
05330	0900400010104	Lomas De Memetla	Colonia	6314	1985
05330	0900400010104	Memetla	Colonia	6314	1985
05360	0900400010104	Locaxco	Colonia	6314	1985
05370	0900400010104	Las Tinajas	Colonia	6314	1985
05530	0900400010104	Abdias Garcia Soto	Colonia	6314	1985
05000	0900400010119	Cuajimalpa	Colonia	3341	977
05020	0900400010119	Lomas Del Padre	Colonia	3341	977
05500	0900400010119	El Contadero	Colonia	3341	977
05520	0900400010119	Pueblo La Venta	Colonia	3341	977
05530	0900400010119	Abdias Garcia Soto	Colonia	3341	977
05730	0900400010119	Valle De Las Monjas	Colonia	3341	977
05000	0900400010123	Cuajimalpa	Colonia	5350	1494
05348	0900400010123	Centro Comercial Santa Fe	Colonia	5350	1494
05360	0900400010123	Locaxco	Colonia	5350	1494
05370	0900400010123	Las Tinajas	Colonia	5350	1494
05370	0900400010123	Lomas El Ocote	Colonia	5350	1494
05500	0900400010123	El Contadero	Colonia	5350	1494
05530	0900400010123	Abdias Garcia Soto	Colonia	5350	1494
05730	0900400010123	Valle De Las Monjas	Colonia	5350	1494
05600	0900400010138	San Mateo Tlaltenango	Pueblo	6765	1969
05730	0900400010138	Desierto De Los Leones	Colonia	6765	1969
05100	0900400010176	La Puntada	Colonia	8025	2471
05100	0900400010176	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	8025	2471
05100	0900400010176	Res Vistahermosa	Colonia	8025	2471
05120	0900400010176	Bosques De Las Lomas	Colonia	8025	2471
05128	0900400010176	Cumbres Reforma	Fraccionamiento	8025	2471

05129	0900400010176	Lomas Del Chamizal 2da Secc	Colonia	8025	2471
05129	0900400010176	Lomas Del Chamizal 4ta Secc	Colonia	8025	2471
05129	0900400010176	Bosques De Reforma	Colonia	8025	2471
05129	0900400010176	Lomas Del Chamizal 1ra Secc	Colonia	8025	2471
05120	0900400010180	Bosques De Las Lomas	Colonia	5609	1690
05128	0900400010180	Cumbres Reforma	Fraccionamiento	5609	1690
05129	0900400010180	Bosques De Reforma	Colonia	5609	1690
05129	0900400010180	Lomas Del Chamizal 1ra Secc	Colonia	5609	1690
05100	0900400010195	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	10358	3192
05110	0900400010195	Cooperativa Palo Alto	Colonia	10358	3192
05120	0900400010195	Bosques De Las Lomas	Colonia	10358	3192
05128	0900400010195	Cumbres Reforma	Fraccionamiento	10358	3192
05000	0900400010208	Cuajimalpa	Colonia	6461	1701
05010	0900400010208	Zentlapatl	Colonia	6461	1701
05030	0900400010208	San Pedro	Colonia	6461	1701
05039	0900400010208	Ahuatenco	Campamento	6461	1701
05050	0900400010208	San Pablo Chimalpa	Pueblo	6461	1701
05269	0900400010208	Amado Nervo	Colonia	6461	1701
05270	0900400010208	Manzanastitla	Colonia	6461	1701
05280	0900400010208	Adolfo Lopez Mateos	Colonia	6461	1701
05780	0900400010208	Agua Bendita	Colonia	6461	1701
05310	0900400010212	El Yaqui	Colonia	4704	1313
05330	0900400010212	Lomas De Memetla	Colonia	4704	1313
05348	0900400010212	Centro Comercial Santa Fe	Colonia	4704	1313
05360	0900400010212	Locaxco	Colonia	4704	1313
05370	0900400010212	Las Tinajas	Colonia	4704	1313
05370	0900400010212	Lomas El Ocote	Colonia	4704	1313
05379	0900400010212	Lomas De San Pedro	Colonia	4704	1313
05500	0900400010212	El Contadero	Colonia	4704	1313
05530	0900400010212	Abdias Garcia Soto	Colonia	4704	1313
05010	0900400010227	Zentlapatl	Colonia	8879	2300
05050	0900400010227	San Pablo Chimalpa	Pueblo	8879	2300
05410	0900400010227	Zona Rustica	Pueblo	8879	2300
05780	0900400010227	Agua Bendita	Colonia	8879	2300
05000	0900400010231	Cuajimalpa	Colonia	8958	2347
05010	0900400010231	Zentlapatl	Colonia	8958	2347
05020	0900400010231	Lomas Del Padre	Colonia	8958	2347
05410	0900400010231	Zona Rustica	Pueblo	8958	2347

05500	0900400010231	El Contadero	Colonia	8958	2347
05730	0900400010231	Valle De Las Monjas	Colonia	8958	2347
05600	0900400010250	San Mateo Tlaltenango	Pueblo	3756	1164
05730	0900400010250	Desierto De Los Leones	Colonia	3756	1164
05060	090040001027A	Jose Maria Castorena	Unidad Habitacional	4915	1543
05100	090040001027A	La Navidad	Colonia	4915	1543
05200	090040001027A	San Jose De Los Cedros 2da Secc	Colonia	4915	1543
05200	090040001027A	Colorines	Colonia	4915	1543
05200	090040001027A	San Jose De Los Cedros	Colonia	4915	1543
05240	090040001027A	Barrio El Molino	Colonia	4915	1543
05249	090040001027A	Jardines De La Palma(Huizachito)	Fraccionamiento	4915	1543
05000	0900400010299	La Manzanita	Colonia	8015	2362
05000	0900400010299	Cuajimalpa	Colonia	8015	2362
05030	0900400010299	San Pedro	Colonia	8015	2362
05260	0900400010299	Jesus Del Monte	Colonia	8015	2362
05269	0900400010299	Amado Nervo	Colonia	8015	2362
05270	0900400010299	Manzanastitla	Colonia	8015	2362
05280	0900400010299	Adolfo Lopez Mateos	Colonia	8015	2362
05000	0900400010301	La Manzanita	Colonia	4216	1346
05220	0900400010301	Tepetongo	Colonia	4216	1346
05260	0900400010301	Jesus Del Monte	Colonia	4216	1346
05269	0900400010301	Amado Nervo	Colonia	4216	1346
05270	0900400010301	Manzanastitla	Colonia	4216	1346
05280	0900400010301	Adolfo Lopez Mateos	Colonia	4216	1346
05600	0900400010320	San Mateo Tlaltenango	Pueblo	2792	761
05730	0900400010320	Desierto De Los Leones	Colonia	2792	761
05730	0900400010320	Valle De Las Monjas	Colonia	2792	761
05060	090040001034A	Jose Maria Castorena	Unidad Habitacional	3172	886
05200	090040001034A	San Jose De Los Cedros 2da Secc	Colonia	3172	886
05200	090040001034A	Colorines	Colonia	3172	886
05200	090040001034A	San Jose De Los Cedros	Colonia	3172	886
05260	090040001034A	Jesus Del Monte	Colonia	3172	886
05000	0900400010354	Cuajimalpa	Colonia	7010	2085
05060	0900400010354	Jose Maria Castorena	Unidad Habitacional	7010	2085
05100	0900400010354	Vista Hermosa	Colonia	7010	2085
05200	0900400010354	Colorines	Colonia	7010	2085
05200	0900400010354	San Jose De Los Cedros	Colonia	7010	2085
05240	0900400010354	Barrio El Molino	Colonia	7010	2085

05249	0900400010354	Jardines De La Palma(Huizachito)	Fraccionamiento	7010	2085
05260	0900400010354	Jesus Del Monte	Colonia	7010	2085
05310	0900400010354	La Campia	Colonia	7010	2085
05310	0900400010354	Roble Viejo	Colonia	7010	2085
05310	0900400010354	El Molinito	Colonia	7010	2085
05330	0900400010354	Memetla	Colonia	7010	2085
05100	0900400010369	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	5681	2640
05130	0900400010369	Giralta	Fraccionamiento	5681	2640
05310	0900400010369	La Campia	Colonia	5681	2640
05310	0900400010369	La Gavia	Colonia	5681	2640
05310	0900400010369	La Rosita	Colonia	5681	2640
05310	0900400010369	Roble Viejo	Colonia	5681	2640
05330	0900400010369	Lomas De Memetla	Colonia	5681	2640
05348	0900400010369	Centro Comercial Santa Fe	Colonia	5681	2640
05348	0900400010369	Tlaxala	Colonia	5681	2640
05370	0900400010369	Las Tinajas	Colonia	5681	2640
05370	0900400010369	Lomas El Ocote	Colonia	5681	2640
05379	0900400010369	Lomas De San Pedro	Colonia	5681	2640
05500	0900400010369	El Contadero	Colonia	5681	2640
05600	0900400010369	San Mateo Tlaltenango	Pueblo	5681	2640
05730	0900400010369	Desierto De Los Leones	Colonia	5681	2640
05730	0900400010369	Valle De Las Monjas	Colonia	5681	2640
05348	0900400010373	Centro Comercial Santa Fe	Colonia	8672	2308
05500	0900400010373	El Contadero	Colonia	8672	2308
05600	0900400010373	San Mateo Tlaltenango	Pueblo	8672	2308
05730	0900400010373	Desierto De Los Leones	Colonia	8672	2308
05010	0900400010392	Zentlapatl	Colonia	554	137
05050	0900400010392	San Pablo Chimalpa	Pueblo	554	137
05410	0900400010392	Zona Rustica	Pueblo	554	137
05100	0900400010405	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	4411	1363
05100	0900400010405	Res Parque Escondido	Colonia	4411	1363
05100	0900400010405	Res Vistahermosa	Colonia	4411	1363
05100	0900400010405	Fracc Club De Golf Bosques	Colonia	4411	1363
05100	0900400010405	La Navidad	Colonia	4411	1363
05249	0900400010405	Jardines De La Palma(Huizachito)	Fraccionamiento	4411	1363
05100	090040001041A	Lomas De Vista Hermosa	Colonia	2183	612
05100	090040001041A	Vista Hermosa	Colonia	2183	612
05100	090040001041A	La Navidad	Colonia	2183	612

05200	090040001041A	San Jose De Los Cedros 2da Secc	Colonia	2183	612
05200	090040001041A	Colorines	Colonia	2183	612
05240	090040001041A	Barrio El Molino	Colonia	2183	612
05249	090040001041A	Jardines De La Palma(Huizachito)	Fraccionamiento	2183	612
05410	0900400200246	San Lorenzo Acopilco	Pueblo	9076	2341
05410	0900400200246	Zona Rustica	Pueblo	9076	2341
05700	0900400200246	Cruz Blanca	Colonia	9076	2341
05710	0900400200246	Las Maromas	Colonia	9076	2341
05750	0900400200246	La Pila	Colonia	9076	2341
05410	0900400200316	San Lorenzo Acopilco	Pueblo	12818	3393
05410	0900400200316	Zona Rustica	Pueblo	12818	3393
05700	0900400200316	Cruz Blanca	Colonia	12818	3393
05710	0900400200316	Las Maromas	Colonia	12818	3393
05730	0900400200316	Xalpa	Colonia	12818	3393
05730	0900400200316	Desierto De Los Leones	Colonia	12818	3393
05750	0900400200316	Cola De Pato	Colonia	12818	3393
05750	0900400200316	La Pila	Colonia	12818	3393
05760	0900400200316	Las Lajas	Colonia	12818	3393
05410	0900400200388	San Lorenzo Acopilco	Pueblo	1143	290
05410	0900400200388	Zona Rustica	Pueblo	1143	290

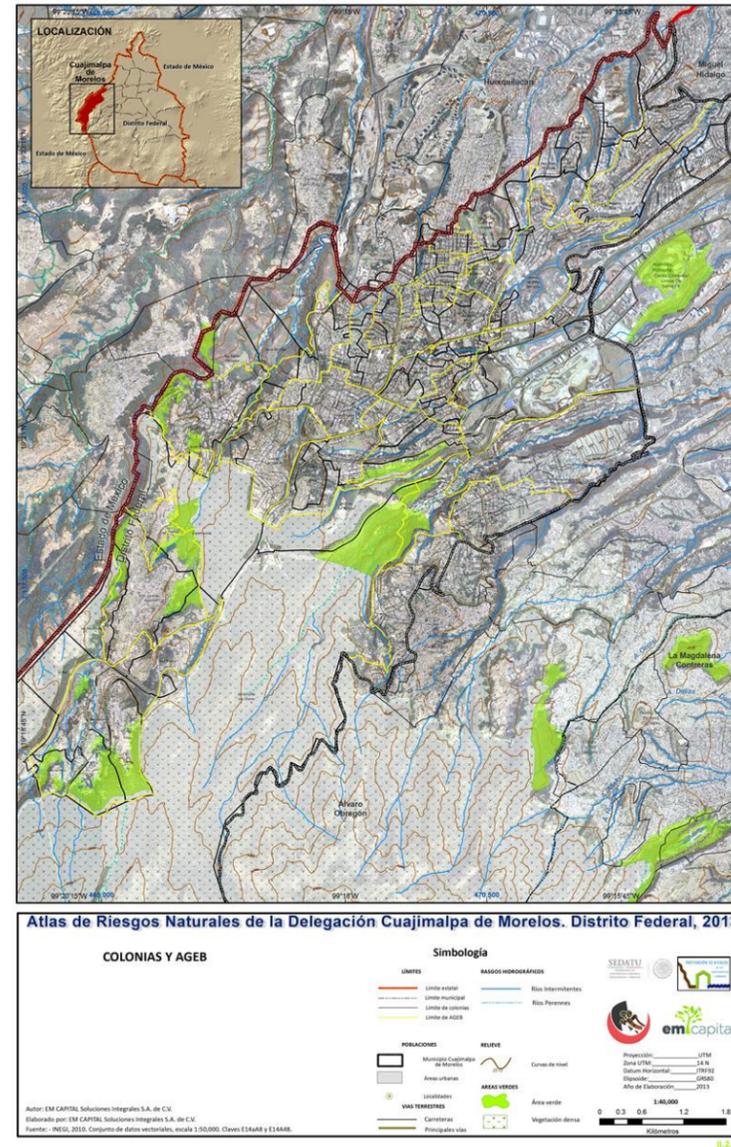


Figura 6.5.1.- Mapa de colonias y AGEBS.

## 6.6. Nombre de la consultoría y personas que elaboran el Atlas

EM CAPITAL SOLUCIONES INTEGRALES S.A. DE C.V.  
Av. de las Fuentes 509, Colonia Jardines del Pedregal de San Ángel,  
Del. Álvaro Obregón, C.P. 01900, México D.F.  
Tel: (55) 55 32 04 81, www.emcapital.mx

CARGO
<b>DIRECTOR DE PROYECTO</b> <i>Dr. Victor Carlos Valerio.</i>
<b>COORDINADOR DE RIESGOS GEOLOGICOS</b> <i>M.C. Fausto Castañeda Leonides.</i>
<b>COORDINADOR DE RIESGOS HIDROMETEOROLÓGICOS</b> <i>Ing. Leo Mijail Castañeda Robles.</i>
<b>ANALISTA DE LA VULNERABILIDAD</b> <i>Dra. Alicia Martínez Bringas.</i>
<b>COORDINADOR DE SIG</b> <i>Lic. Celia López Miguel.</i>
<b>ENCARGADOS DE TRABAJO DE CAMPO</b> <i>M.C. Alberto Galaviz Alonso</i> <i>M.C. Ariadna Hernández Oscoy</i> <i>M. C. Carlos Guillermo García Vargas</i>

## 6.7. Agradecimientos

Se agradece a la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), que a través de su Programa de Prevención de Riesgos en Asentamientos Humanos, hizo posible la realización del presente estudio. Al personal de la Dirección General de Ordenamiento Territorial y de Atención a Zonas de Riesgo, por su profesionalismo y por sus valiosos comentarios durante las revisiones técnicas, que sin duda enriquecieron el Atlas de Riesgos.

A la Delegación Cuajimalpa de Morelos, especialmente al Jefe Delegacional Adrián Rubalcava Suárez, al Director de Protección Civil y Emergencias, Lic. Federico Villanueva Rosales, al brigadista Ricardo Bernal por su apoyo en los recorridos de campo. A todo el personal de Protección Civil por su apoyo en la compilación de información y por su participación en las revisiones. A las personas que conformaron la Contraloría Social, por su interés y disposición para apoyar a lo largo de todos los trabajos.

A la Lic. Edith Contla Sandoval y al Lic. Miguel Ángel Ortiz Jimenez, directivos de EM CAPITAL, y en general a todo el personal, por su gran labor y entrega en la realización del presente Atlas.

A todas aquellas personas que hicieron posible que este arduo e importante trabajo llegara a buen fin. A todos Gracias!